Firmato digitalmente da
Paolo COSTA MEDICH

ITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ALTA SORVEGLIANZA:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

GENERAL CONTRACTOR:

Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

LEGGE N. 55 DEL 14/06/2019
TRATTA A.V./A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE VOLTRI - BRIGNOLE
PROGETTO DEFINITIVO
PRG DI GENOVA VOLTRI

PRG DI GENOVA VOLTRI
IDROLOGIA E IDRAULICA
Relazione di compatibilità e smaltimento idraulico - Macrofase 1

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio **Cociv** Ing. G. Irace		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NG2Y	04	D	CV	RO	ID0000	002	A

PROGETTAZIONE:

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	PRIMA EMISSIONE	SYSTRA SWS	10/05/2023	COCIV	11/05/2023	P. Costa Medich	12/05/2023	Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Paolo Costa Medich Ordine Ingegneri Prov. TO n. 10306 X
B00	Verifica a seguito di RdV NG2Y04D37ISID0000002A	SYSTRA SWS	30/08/2023	COCIV	31/08/2023	P. Costa Medich	01/09/2023	
C00	Verifica a seguito di RdV NG2Y04D37ISID0000004A	SYSTRA SWS	24/06/2024	COCIV	25/06/2024	P. Costa Medich	26/06/2024	

	n. Elab.:	File: *NG2Y-04-D-CV-RO-ID00-00-002-C00*

CUP: F81H92000000008

INDICE

INDICE 3
1 INTRODUZIONE 5
2 RIFERIMENTI NORMATIVI 6
3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 8
4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO 10
4.1 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) 10
4.2 Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (P.R.G.A.) 14
4.3 Applicazioni normative 17
4.4 Verifica di compatibilità 19
5 ANALISI IDROLOGICA 21
5.1 Analisi pluviometrica 21
5.2 Tempo di ritorno di progetto 23
5.3 Portate di progetto 23
5.3.1 Il metodo razionale (o cinematico) 23
5.3.2 Metodo dell'invaso lineare 25
6 SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE 28
6.1 Aspetti normativi 28
6.2 Caratteristiche idrogeologiche 28
6.3 Descrizione generale delle opere idrauliche 30
6.4 Criteri di dimensionamento 30
6.4.1 Canalette rettangolari 30
6.4.2 Caditoie a griglia ed a bocca di lupo 31
6.4.3 Pluviali 32
6.4.4 Collettori di smaltimento 32
6.4.5 Vasche di laminazione 33
6.4.6 Fossi, vasche disperdenti e filtrazione nel terreno 34
6.4.7 Stazioni di sollevamento 35
6.4.8 Tubi in pressione 38
7 MODELLAZIONE IDRAULICA 39
7.1 Fondamenti matematico-numerici del codice Hec-RAS 39
8 PIATTAFORMA FERROVIARIA 41
8.1 Fascio merci (Binari I – VI) 41
8.1.1 Descrizione dell'opera 41
8.1.2 Supercompattato drenante 41

8.1.3 Permeabilità del terreno 42
8.1.4 Verifica capacità disperdente dello strato di supercompattato 43
8.2 Binario merci pericolose (Binario VII) 45
8.2.1 Descrizione dell'opera 45
8.2.2 Modellazione idraulica canaletta in cls 46
8.2.3 Verifiche idrauliche 54
9 PIATTAFORMA STRADALE 57
9.1 Viabilità portuale NV51 57
9.1.1 Descrizione dell'opera 57
9.1.2 Verifiche idrauliche 58
9.2 Viabilità di servizio NV52 e Centrale idrica antincendio FA54 60
9.2.1 Descrizione dell'opera 60
9.2.2 Verifiche idrauliche 60
10 INVARIANZA IDRAULICA 64
10.1 VL3 - Vasca a servizio del binario merci pericolose, viabilità NV52 e fabbricato FA54 64
10.1.1 Descrizione dell'opera 64
10.1.2 Verifiche idrauliche 65
10.2 VL5 e VL6 - Vasche a servizio della viabilità NV51 67
10.2.1 Descrizione dell'opera 67
10.2.2 Verifiche idrauliche 67

1 INTRODUZIONE

Il Progetto del PRG di Genova Voltri rientra nel perimetro del progetto “Potenziamento Infrastrutturale Genova Voltri-Genova Brignole”, a sua volta ricompreso nel più esteso “Progetto Unico del Terzo Valico dei Giovi e Nodo di Genova”.

Obiettivo del progetto è il potenziamento del fascio merci con la realizzazione di 7 binari a 750m e la realizzazione della nuova stazione di Genova Voltri e della nuova fermata di Genova Prà-Palmaro.

Il progetto si svilupperà in 2 macrofasi principali.

Nella presente relazione idraulica viene illustrata la rete di raccolta e smaltimento delle acque superficiali della sede ferroviaria e viaria in progetto, con particolare riferimento agli interventi da eseguire nella Macrofase 1.

Nello specifico si riportano le caratteristiche tecniche e dimensionali della rete idrica, nonché le relative verifiche idrauliche delle condotte fognarie, dei sistemi disperdenti, delle vasche di laminazione e di recupero delle acque meteoriche e, più in generale, dei dispositivi idraulici utilizzati. La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme in vigore a livello nazionale e/o europeo:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D. Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- Decreto 10 agosto 2004, Modifiche alle “Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”. (GO Serie Generale n. 199 del 25-08-2004).
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato;
- DM Ambiente 16 Giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici
- 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;
- Autorità di Bacino della Regione Liguria, PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO (approvato con Delibera del Consiglio Provinciale di Genova n.14 del 02/04/2003 ed entrato in vigore con BURL n.18 del 03/05/2017 – parte II).
- Piani di bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico (ai sensi dell’art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998) AMBITI REGIONALI DI BACINO 12 e 13 Piano degli interventi di mitigazione del rischio;
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4 - “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”;
- Regolamento Regionale 14 luglio 2011, n. 3. Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua;
- Piano di gestione del rischio di alluvione (PGRA) Regione Liguria.
- DM n. 2445, 23 FEBBRAIO 1971, Norme tecniche per gli attraversamenti e i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto
- Decreto 10 agosto 2004, Modifiche alle “Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”. (GO Serie Generale n. 199 del 25-08-2004)

- UNI ENV 1046:2003, 01/05/2003, Sistemi di tubazioni e condotte di materia plastica - Sistemi di adduzione d'acqua e scarichi fognari all'esterno dei fabbricati - Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra (norma sperimentale)
- UNI CEN/TS 15223:2017, Sistemi di tubazioni di materia plastica - Parametri di progetto convalidati di sistemi di tubazioni interrati di materiale termoplastico
- UNI EN 13476-1:2018, Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali
- UNI EN 13476-2:2018, Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, Tipo A
- UNI EN 13476-3:2009, Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B
- UNI EN 1295-1:2019, Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico - Parte 1: Requisiti generali
- UNI EN 1610:2015, Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura
- UNI EN ISO 9969:2008, Tubi di materiale termoplastico - Determinazione della rigidezza anulare
- Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto – Circ. M.LL.PP. n. 11633 del 7/01/74
- Decreto Ministero Dei Lavori Pubblici 12 dicembre 1985, Norme tecniche relative alle tubazioni (G.U. 14-3-1986, n.61)
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 27291, Presidenza Consiglio Superiore - Servizio Tecnico Centrale, 20.03.1986. Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni, Decreto Min. Lav. Pubblici 12/12/85
- Decreto Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018, “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». Gazzetta Ufficiale 20/02/2017, n. 42 - Suppl. Ord. n. 8
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7. Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Progetto del PRG di Genova Voltri rientra nel perimetro del progetto "Potenziamento Infrastrutturale Genova Voltri-Genova Brignole", a sua volta ricompreso nel più esteso "Progetto Unico del Terzo Valico dei Giovi e Nodo di Genova".

Obiettivo del progetto è il potenziamento del fascio merci con la realizzazione di 7 binari a 750m e la realizzazione della nuova stazione di Genova Voltri e della nuova fermata di Genova Prà-Palmaro.

Il progetto si svilupperà in 2 macrofasi principali, così composte:

MACROFASE 1

Nella macrofase 1 sono previsti:

- interventi sulla viabilità lato mare, su strada di Autorità di Sistema Portuale lato mare;
- realizzazione/potenziamento del fascio merci di Genova Voltri a 7 binari a 750m (fascio merci pericolose di tipo raccordato);
- realizzazione apprestamenti per la gestione del fascio merci pericolose di tipo raccordato (locale pompe e vasca antincendio; vasca raccolta acque e sistema di raccolta liquidi pericolosi, fabbricato MT e Trafo);
- interventi su Rio S. Giuliano funzionali alla realizzazione del parco merci;
- interventi su stazione Genova Voltri (esistente) per allestimento nuovo locale DM e ampliamento degli attuali due gestori d'area del PPACC di Genova Voltri per poter gestire gli enti del segnalamento a servizio dei nuovi binari dello scalo merci. Conseguenti riconfigurazioni dell'ACC-M Sud del Nodo di Genova sito al PCM di Genova Teglia;
- realizzazione delle fondazioni lato sud Stazione di Voltri;

MACROFASE 2

Nella macrofase 2 sono previsti:

- completamento opere su Rio S. Giuliano;
- intervento su Rio delle Madonnette;
- realizzazione parcheggio interscambio;
- realizzazione opere stazione di Genova Voltri (passerella, marciapiedi, ecc);
- realizzazione opere fermata di Genova Prà Palmaro;
- spostamento Genova-Ventimiglia e completamento PRG.

Per quanto riguarda la specialistica IS le principali attività saranno:

- Costruzione nuovo fabbricato tecnologico in sostituzione dell'attuale GA1
- Attivazione di un nuovo PPACC per l'impianto di Genova Voltri;

- Attivazione di un nuovo PPACC anche per l'impianto di Bivio Castelluccio;
- Riconfigurazione dell'ACC-M Sud del Nodo di Genova sito al PCM di Genova Teglia;

Il progetto prevede lo spostamento a mare di un tratto della linea, che consentirà di trasferire al Comune di Genova le aree oggetto del Protocollo dell'8 marzo 2021.

L'avvio delle attività è subordinato al rifacimento del viadotto autostradale di accesso al terminal portuale, le cui pile attuali interferiscono con il sedime di progetto.

Come anticipato nell'introduzione il presente documento farà riferimento al sistema di smaltimento acque delle opere previste nella Macrofase 1:

- nuova viabilità area portuale WBS: NV51 (rete di raccolta e smaltimento, vasche di laminazione);
- nuova viabilità a servizio del binario merci pericolose WBS: NV52 (rete di raccolta e smaltimento, vasche di laminazione);
- binario merci pericolose (rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e di eventuali fuoriuscite di liquidi pericolosi, vasca di raccolta liquidi pericolosi);
- interventi di sistemazione idraulica del Rio S. Giuliano -1° parte WBS: IN56;
- attivazione 7 binari a 750m e binari FM lato ponente;
- centrale idrica antincendio FA54 (rete di raccolta e smaltimento, vasche di laminazione afferente alla rete fognaria di NV52);



Figura 3.1 Inquadramento area d'interesse

4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO

Gli interventi previsti, come qualunque infrastruttura di carattere estensivo, devono inserirsi in un quadro di strumenti legislativi e di pianificazione territoriale sia esistenti che in via d'adozione.

La verifica della compatibilità idraulica delle opere in progetto è svolta con riferimento agli strumenti normativi vigenti in ambito di pianificazione idraulica del territorio e ha l'obiettivo di evidenziare l'assenza di preesistenti aree a pericolosità e rischio idraulico nell'area oggetto di intervento.

Gli strumenti normativi presi a riferimento nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto e le aree di allagamento considerate sono:

- Piano di Bacino Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico (P.A.I.) ambito 12 e 13 emanato dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) emanata dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

L'Autorità di Bacino ha adottato nel corso del 2002/2003 il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), strumento d'individuazione delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico ai fini della salvaguardia delle aree sensibili per una corretta pianificazione del territorio.

La direttiva europea CE/2007/60, cosiddetta "Direttiva alluvioni", emanata dal Parlamento europeo 23 ottobre 2007, stravolge interamente il quadro normativo, inserendo la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni in Europa. È stata recepita nell'ordinamento italiano con il d.lgs. 49/2010, ad oggetto Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni". La direttiva prevede la definizione del quadro conoscitivo relativo alla pericolosità e rischio da alluvione ed introduce il concetto della "gestione" del rischio nel senso più ampio, sotto il profilo sia delle misure strutturali di mitigazione del rischio per la riduzione delle condizioni di pericolosità sia delle misure non strutturali per la riduzione del danno atteso e del relativo livello di rischio (comprese le necessarie azioni e misure di Protezione Civile).

I Piani di bacino stralcio vigenti, ed analoghi strumenti di pianificazione, a norma di legge (cfr art. 170, c.11, d.lgs. 152/2006), continuano ad essere pienamente applicabili nel territorio di riferimento e le sue disposizioni devono pertanto essere osservate, senza soluzione di continuità.

4.1 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I)

Per tutti i bacini idrografici di rilievo regionale opera un'unica Autorità di bacino di rilievo regionale, già istituita con la legge regionale n.9/1993, e riorganizzata, a seguito delle disposizioni in materia di riordino delle funzioni delle Province, emanate con la legge regionale n.15/2015, in attuazione della legge n.56/2014.

La Regione, con decreto del Consiglio regionale n.94/1990, ha delimitato i bacini di competenza regionale, raggruppati in venti ambiti, che rappresentano le unità territoriali sulle quali attivare i

processi conoscitivi e le successive fasi di programmazione e di intervento della pianificazione di bacino di propria competenza.

I Piani sviluppano un quadro conoscitivo organizzato e aggiornato del sistema fisico di bacino idrografico individuando le situazioni di criticità presenti. Contengono l'analisi delle principali criticità idrauliche e di suscettività al dissesto dei versanti, stabiliscono in ragione delle pericolosità esistenti le norme per non accrescere le situazioni di rischio rilevate e individuano un complesso d'indicazioni d'intervento per la mitigazione del rischio esistente.

Lungo i corsi d'acqua studiati nei piani di bacino sono definite delle aree di pericolosità idrogeologica (fasce di inondabilità) corrispondenti ad aree perifluviali inondabili al verificarsi di eventi di piena con portate al colmo di piena corrispondente a diversi tempi di ritorno (50, 200 e 500 anni) o storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito dei Piani le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità. All'interno delle diverse fasce di inondabilità sono specificati gli interventi consentiti. Gli interventi in progetto ricadono nell'ambito regionale 12 e 13, la cui ultima variante è stata approvata dal BURL n.47 entrata in vigore il 24/11/2021.

Nella zona di intervento il P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) di riferimento è quello *dell'Ambito n.12 e 13, area 6, Bacini minori e Aree Scolanti nel Ponente Genovese*.

Secondo tale cartografia, la zona di intervento è classificabile come di seguito illustrato.

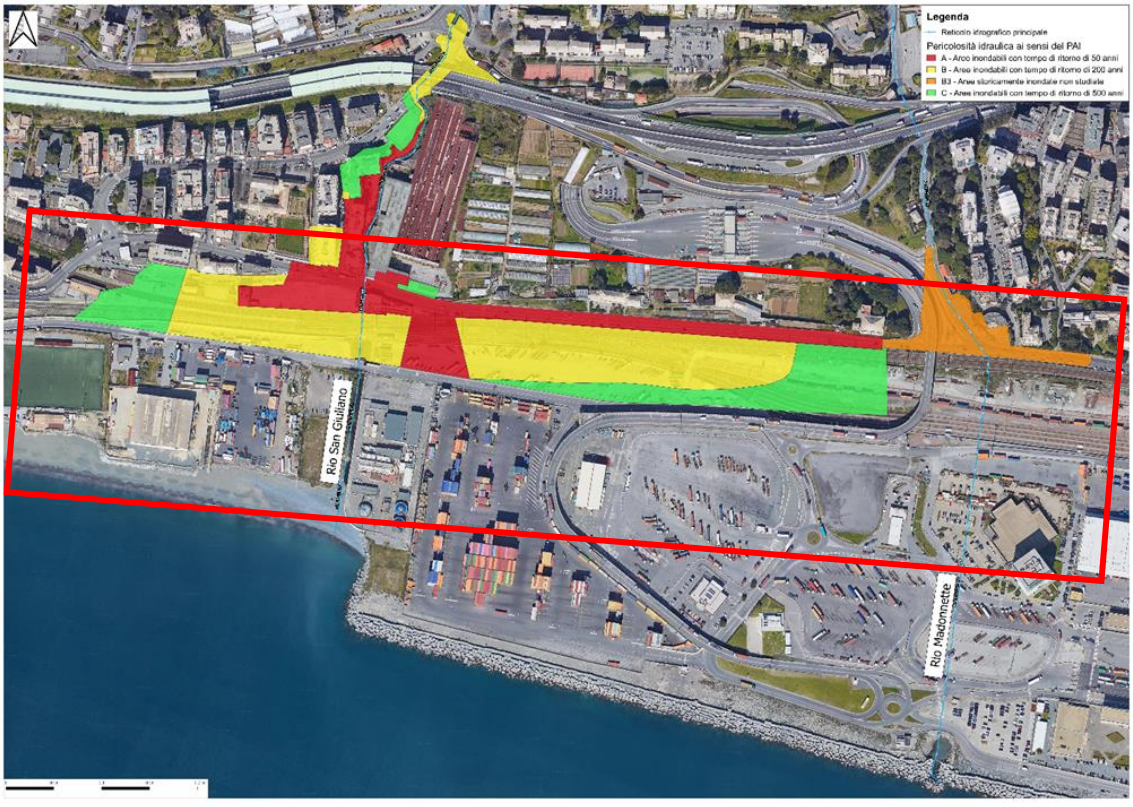


Figura 4.1 - Stralcio della carta delle fasce di inondabilità per la zona in esame

Dalla sovrapposizione tra gli interventi in progetto e le aree a pericolosità idraulica individuate dalla "Carta delle fasce di inondabilità" del Piano di Bacino Stralcio risulta che l**e opere in progetto ricadono all'interno della fascia A e B.**

Si riportano di seguito gli articoli della normativa di attuazione del Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico relativamente alle condizioni di interesse nel progetto in essere:

Art.15 Fasce di inondabilità

1. Nelle fasce di inondabilità di cui alla lett. a), comma 2, dell'art. 12, vigono le seguenti norme.

Resta fermo che qualsiasi intervento realizzato nelle aree inondabili non deve pregiudicare la sistemazione idraulica definitiva del corso d'acqua, aumentare la pericolosità di inondazione ed il rischio connesso, sia localmente, sia a monte e a valle, costituire significativo ostacolo al deflusso delle acque di piena, ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree stesse.

2. Nella fascia A, fermo restando che gli interventi ammessi sul patrimonio edilizio esistente non devono comunque aumentarne la vulnerabilità rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e non devono comportare cambi di destinazione d'uso, che aumentino il carico insediativo anche temporaneo, non sono consentiti:

a) interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti, e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78 ricadenti negli ambiti di tessuto urbano consolidato o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile previste nei Piani stessi e nei piani comunali di protezione civile; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione deve essere assicurata la riduzione della vulnerabilità dell'edificio, anche attraverso la messa in opera di tutti gli accorgimenti e le misure finalizzate a tutelare la pubblica incolumità, fermo restando il rispetto delle condizioni previste per procedere ad interventi di ristrutturazione edilizia di cui sopra;

b) l'installazione di manufatti anche non qualificabili come volumi edilizi e la sistemazione di aree che comportino la permanenza o la sosta di persone, salvi gli interventi inseriti nell'ambito di parchi urbani o di aree di verde attrezzato, come individuati dagli strumenti urbanistici comunali vigenti, i cui progetti prevedano l'assunzione delle azioni e delle misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile, purché corredati da parere positivo dell'ufficio regionale competente;

c) la realizzazione di nuove infrastrutture non inquadrabili tra le opere di attraversamento, fatti salvi gli interventi necessari ai fini della tutela della pubblica incolumità e quelli relativi a nuove infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità, previo parere favorevole dell'ufficio regionale competente, purché progettate sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, non aumentino le condizioni di rischio, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

d) interventi di manutenzione, ampliamento o ristrutturazione di infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità esistenti, fatti salvi quelli che non aumentano le condizioni di rischio, ed in relazione ai quali risultano assunte le azioni e misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

3. Nella fascia B non sono consentiti:

a) gli interventi di nuova edificazione nonché di ristrutturazione urbanistica, come definita dalla lett. e), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, salvi i casi in cui gli stessi siano corredati da parere favorevole dell'ufficio regionale competente, ricadano in contesti di tessuto urbano consolidato, o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati, e interessino aree individuate a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità di scorrimento, e purché prevedano le opportune misure od accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile;

b) interventi di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia, come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, purché non aumentino la vulnerabilità degli edifici stessi rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e di accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile;

c) gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture connesse alla mobilità non inquadrabili tra le opere di attraversamento, salvi quelli progettati sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica 16, che non aumentino le condizioni di rischio, e in relazione ai quali risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

Si riporta inoltre che il testo dell'art. 15 della normativa dei piani di bacino relativo alla "Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche" riporta:

Art. 15-bis Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche

1. In deroga alla disciplina relativa alle fasce A e B, ivi inclusi gli eventuali ambiti normativi, di cui ai commi 2,3 e 3bis dell'art.15 possono essere assentite opere pubbliche strategiche indifferibili ed urgenti, riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, previa acquisizione di parere obbligatorio e vincolante dell'ufficio regionale competente, a condizione che:

a) non pregiudichino la possibilità di sistemazione idraulica definitiva;

b) non si producano effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico;

c) non costituiscano significativo ostacolo al deflusso, non riducano in modo significativo la capacità di invaso, e non concorrano ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe;

d) siano realizzate con tipologie progettuali e costruttive compatibili con la loro collocazione, prevedendo in particolare accorgimenti tecnico-costruttivi o altre misure, anche con riferimento all'allegato 5 ai presenti Piani, che consentano l'adeguata protezione dell'opera dagli allagamenti

rispetto alla portata duecentennale senza aggravio di condizioni di pericolosità e rischio in altre aree. In particolare:

- *la quota del piano di calpestio e tutte le aperture, soglie di accesso e prese d'aria delle edificazioni devono essere poste ad un livello adeguatamente superiore a quello del tirante idrico associato alla portata duecentennale;*
- *non sono ammesse in ogni caso strutture interrate, a meno di locali tecnici di servizio adeguatamente protetti;*

e) sia garantito il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;

f) sia prevista nel progetto la messa in opera di tutte le adeguate misure ed azioni di protezione civile, comprese quelle di autoprotezione locale.

2. Ai fini della dichiarazione di indifferibilità ed urgenza di cui al comma 1, deve essere motivato il

carattere di impellenza, improrogabilità e non diversa ubicabilità delle opere e deve essere accertata la copertura finanziaria dell'intera opera.

3. La verifica della sussistenza dei presupposti di applicabilità della deroga di cui al comma 1 viene effettuata in sede di Comitato Tecnico di Bacino.

4. L'ufficio regionale competente esprime il parere previsto sulla base di adeguata documentazione tecnica a corredo della progettazione delle opere in questione e valuta, in particolare, caso per caso, l'effettiva possibilità di messa in opera di misure ed accorgimenti tali da proteggere adeguatamente l'elemento dalle inondazioni e dai connessi possibili danni, nonché l'efficacia e l'affidabilità delle misure di protezione progettate in funzione delle grandezze idrauliche di riferimento. Valuta, inoltre, la possibile influenza sulla dinamica dell'inondazione sia dell'intervento edilizio richiesto sia degli accorgimenti costruttivi proposti, garantendo che non vengano aumentate le condizioni di pericolosità e di rischio nelle aree limitrofe.

5. Il suddetto parere, che ha efficacia per un periodo massimo di 3 anni, viene espresso sulla base del quadro conoscitivo del piano nonché, laddove necessario, di un adeguato studio di compatibilità idraulica che consenta di valutare il rispetto delle condizioni di cui sopra, con particolare riferimento alla compatibilità dell'intervento con le condizioni di inondabilità dell'area, in termini di pericolosità e di rischio, e all'assenza di effetti di incremento dell'esposizione al rischio della popolazione.

4.2 Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (P.R.G.A.)

A seguito della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE e del Dlgs 49/2010 sono state predisposte nel giugno 2013 ai sensi dell'art. 6 del d.lgs. 49/2010, ed oggetto della deliberazione regionale n.1012/2013, le mappature di pericolosità e rischio da alluvioni per gli ambiti fluviali liguri del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale.

In una fase successiva, sulla base delle suddette mappature sono state avviate le attività per la redazione del Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA) - di competenza delle Autorità distrettuali, ma a cui le Regioni concorrono per il territorio di competenza. Il 22 dicembre 2014 sono

stati depositati per la pubblicazione e l'avvio delle fasi di osservazioni i PGRA per i due distretti di interesse per il territorio ligure.

Per la redazione delle mappature di pericolosità da alluvione da corso d'acqua, sono state rappresentate le aree di possibile inondazione per un dato tempo di ritorno secondo il seguente schema derivante dall'art. 6 del d.lgs. 49/2010, e in accordo con quanto già effettuato nei piani di bacino regionali vigenti:

classe P3 / scenario H: aree allagabili frequentemente, TR 30-50 anni;

classe P2 / scenario M: aree allagabili poco frequenti, TR = 200 anni;

classe P1 / scenario L: aree allagabili rare; TR= 500 anni.

Considerando invece, le aree allagabili di dominio fluviale come classificate dalla mappa del P.R.G.A. (Piano di Gestione del Rischio di Alluvione) la zona di intervento è descritta come mostrato nella seguente figura.

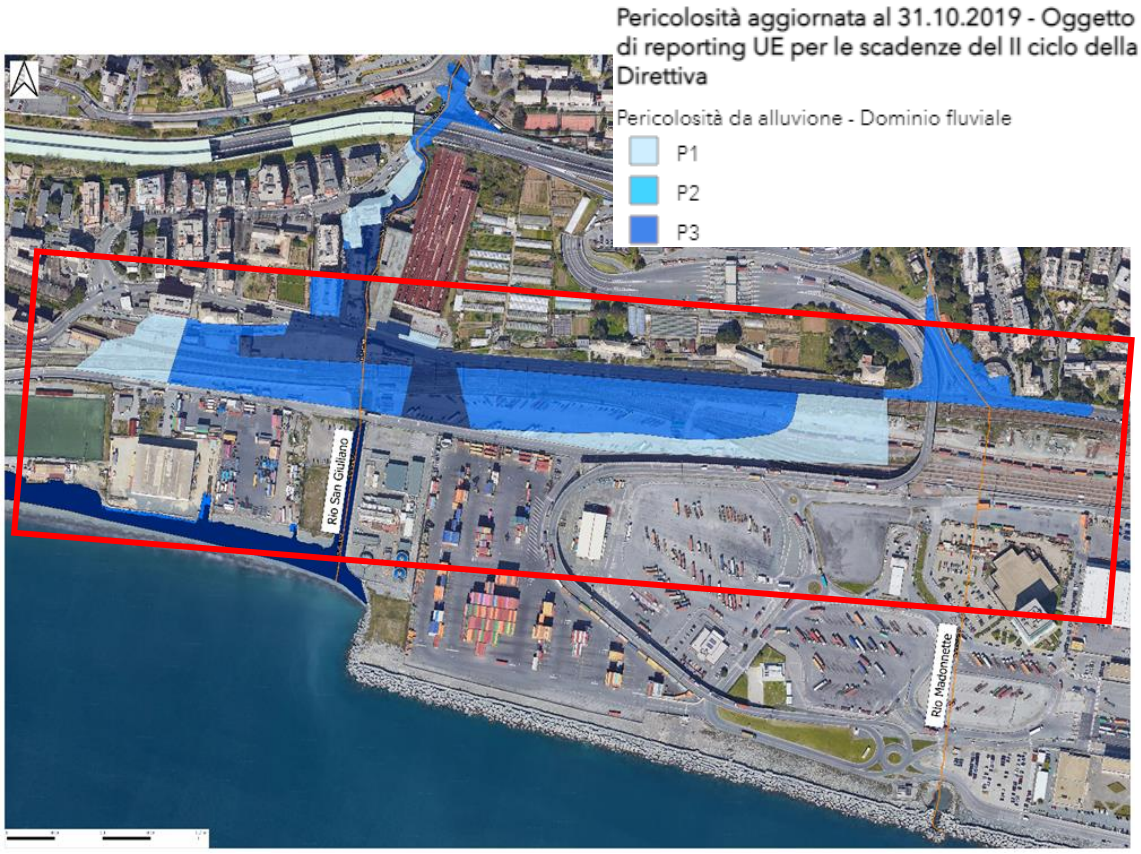


Figura 4.2 - Stralcio della carta PGRA per l'area di intervento

Dalla sovrapposizione tra gli interventi in progetto e le aree rappresentate nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni risulta che **le opere in progetto ricadono in aree P2 e P3**.

Si riportano gli articoli del PRGA 7 e 9 recanti le norme e gli articoli 8 e 10 contenenti gli indirizzi per gli strumenti di governo del territorio per le aree a pericolosità rispettivamente elevata (P3) e media (P2).

"Art. 7. Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) – Norme

1. Nelle aree P3, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, fatto salvo quanto previsto al seguente comma 2 e al successivo art. 8.

2. Nelle aree P3 da alluvioni fluviali l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.

3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P3.

Art. 8 – Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio

1. Fermo quanto previsto all'art. 7 e all'art. 14 comma 9, nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province, le Città Metropolitane e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio, si attengono ai seguenti indirizzi:

a) sono da evitare le previsioni di:

- *nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;*
- *nuovi impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;*
- *sottopassi e volumi interrati*

b) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di

- *nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico;*
- *interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;*
- *nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione;*
- *nuove edificazioni*

c) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni di interventi di ristrutturazione urbanistica;

d) sono da privilegiare le previsioni di trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica, alla riqualificazione e allo sviluppo degli ecosistemi fluviali esistenti, nonché le destinazioni ad uso agricolo, a parco e ricreativo – sportive.

Art. 9 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Norme

1. Nelle aree P2, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, fatto salvo quanto previsto al seguente comma 2 e al successivo art. 10.

2. Nelle aree P2 da alluvioni fluviali l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all'aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.

3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.

Art. 10 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Indirizzi per gli strumenti governo del territorio

1.Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 9, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province, le Città Metropolitane e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

a) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di:

- *nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;*
- *nuovi impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;*
- *sottopassi e volumi interrati*

b) sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni di:

- *nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico;*
- *interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;*
- *nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione;*
- *nuove edificazioni*

c) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica alla riqualificazione e allo sviluppo degli ecosistemi fluviali esistenti, nonché le destinazioni ad uso agricolo, a parco e ricreativo – sportive."

4.3 Applicazioni normative

Dalla diamina della cartografia sopra riportata emerge che le mappature dei piani P.A.I. e P.G.R.A. coincidono nell'area in esame, a meno dell'influenza da alluvione di dominio costiero riportata esclusivamente nel P.G.R.A.; trovandosi gli interventi in progetto in area classificate a pericolosità idraulica, si rende necessaria una relazione di compatibilità idraulica per andar a definire la variazione di allagamenti tra lo stato di fatto e quello di progetto.

In tal senso, nella zona di intervento è il P.A.I. che:

- costituisce piano stralcio di bacino ai sensi del comma 6 ter, dell'art.17 della l. n. 18 Giugno 1989 n.183 relativo ai settori funzionali individuati dal comma 3 dello stesso art.17;
- ha valore di piano territoriale di settore;
- è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso relative alle aree suscettibili di dissesto idrogeologico finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio.

Le nuove infrastrutture che interferiscono con il reticolo idraulico devono soddisfare le prescrizioni previste dalle diverse normative vigenti; in particolare gli strumenti normativi a cui si fa riferimento sono:

- Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 (NTC).
- Circolare Applicativa delle NTC 2018.
- Manuale di Progettazione Ferroviaria 2021 (MdP).

In accordo al Manuale di Progettazione RFI ed alle NTC 2018, ogni manufatto idraulico di attraversamento (ponti e tombini) viene verificato utilizzando un tempo di ritorno pari a Tr = 200 anni. Pertanto, le verifiche idrauliche sono state svolte con riferimento alla portata calcolata con tempo di ritorno duecentennale e ai seguenti criteri:

- il tombino può funzionare sia in pressione che a superficie libera, evitando in ogni caso il funzionamento intermittente fra i due regimi: nel caso in una o più sezioni il funzionamento sia in pressione, la massima velocità che si realizza all'interno dello stesso tombino non dovrà superare 1,5 m/s;
- 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;
- il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua a valle del tombino.

Per il Manuale di Progettazione RFI, essendo in presenza di un attraversamento secondario, le prescrizioni sono le seguenti:

"*Le tipologie ammesse sono:*

- *tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5 m;*
- *tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2 m.*

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

In nessun caso saranno ammessi attraversamenti con opere a sifone.

La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore a 0,002 e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata di massima piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Dovranno essere previsti gli opportuni accorgimenti per evitare, in corrispondenza delle fondazioni del manufatto, fenomeni di scalzamento o erosione."

4.4 Verifica di compatibilità

Dalla sovrapposizione tra gli interventi in progetto e le aree a pericolosità idraulica individuate dalla "Carta delle fasce di inondabilità" del Piano di Bacino Stralcio risulta che ampie porzioni del Progetto del PRG di Genova Voltri ricadono all'interno della fascia A e B del rio Madonnette e del rio San Giuliano.

Visto che l'intervento in oggetto non prevede una modifica sostanziale dello stato dei luoghi permane una interferenza diretta tra l'opera e le possibili esondazioni dei due rii; al fine di rendere ammissibile la realizzazione dell'intervento risulta necessario mettere in atto una serie di interventi di mitigazione idraulica.

Nello specifico sono previsti i seguenti opere sul rio San Giuliano:

- il rifacimento del tratto di rio compreso tra via Aurelia (SS1) e la foce, per una lunghezza complessiva di circa 220 m:
    - Tratto a cielo aperto di lunghezza circa 5.40 m, immediatamente a monte della via Aurelia mediante sezione rettangolare ad U 8.5x2.5 m;
    - Tratto tombinato di lunghezza circa 20 m, mediante scatolare a doppia U 4x2.5m;
    - Tratto a cielo aperto di lunghezza 18.10 m tra via Aurelia e il parco ferroviario, mediante sezione a doppia U 4x2.5m;
    - Tratto tombinato di lunghezza circa 90 m, mediante scatolare a doppia U 4x2.5m
    - Rifacimento fondo e sponde del tratto terminale del rio

La pendenza media del tratto d'alveo a valle della via Aurelia è stata posta pari allo 0.9% dovendo rispettare i vincoli costruttivi imposti dalla quota dei binari ferroviari al di sopra del manufatto.

Per maggiori dettagli sull'efficacia degli interventi nel garantire lo smaltimento della portata di piena con tempo di ritorno 200 anni si rimanda alle analisi contenute nello studio idrologico-idraulico del rio San Giuliano (NG2Y-04-D-CV-RH-ID00-00-001-A00).

Gli interventi sul rio Madonnette riguardano:

- l'allargamento della sezione di deflusso ed il rifacimento del fondo per un tratto di lunghezza 24.2 m compreso tra la linea ferroviaria e la vasca 10x15m. L'allargamento è previsto mediante la realizzazione di una sezione ad U di larghezza 14.90 m e altezza delle sponde variabile tra 3.85 e 4.50m, mentre è previsto un addolcimento della pendenza del fondo che si assesta intorno al 0.3% mediante la realizzazione di 3 salti di fondo.

Per maggiori dettagli sull'efficacia degli interventi nel garantire lo smaltimento della portata di piena con tempo di ritorno 200 anni si rimanda alle analisi contenute nello studio idrologico-idraulico del rio Madonnette (NG2Y-04-D-CV-RH-ID00-00-002-A00).

5 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili per la verifica degli elementi idraulici costituenti il drenaggio di piattaforma.

In generale, lo studio idrologico deve fornire l'inquadramento dell'area d'interesse sulla base dei dati idro-climatici ufficiali (Servizio Idrografico), delle caratteristiche morfologiche e di copertura del suolo e di eventuali altri studi disponibili.

Si riporta di seguito la procedura di analisi idrologica statistica effettuata per la determinazione delle altezze di pioggia utilizzate nei capitoli successivi per il calcolo delle portate dei bacini scolanti individuati. Per un inquadramento idrologico generale, si veda il documento "Relazione idrologica" (NG2Y-04-D-CV-RO-ID00-00-001-A00).

5.1 Analisi pluviometrica

Le precipitazioni estreme vengono espresse in funzione della loro durata attraverso la curva di possibilità pluviometrica, ottenuta dall'elaborazione statistica delle misure dell'altezza di pioggia rilevate a terra; i parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica sono rappresentati da a (mm/h) e n, attraverso la seguente relazione:

$$h = at^n$$

con h=altezza di pioggia in mm e t=tempo di pioggia in ore.

Al fine di definire i suddetti parametri è stato necessario procedere all'elaborazione statistica dei massimi annuali di pioggia per definire la legge probabilistica che, per una prefissata durata di pioggia, correla l'altezza di precipitazione alla "probabilità di non superamento P" (o al tempo di ritorno TR in anni, tale che P = 1 - 1/TR).

La funzione di distribuzione normalmente impiegata nello studio dei valori estremi delle variabili idrologiche è quella di Gumbel, detta anche "legge asintotica del massimo valore". In essa, detto h il generico valore di massimo annuale dell'altezza di pioggia, la funzione di probabilità (cioè la probabilità che h non venga superato) è rappresentata dalla seguente relazione:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha \cdot (h-u)}}$$

nella quale a e u sono i due parametri che "adattano" la funzione alla particolare popolazione studiata.

I parametri a e u della distribuzione di Gumbel sono stati stimati attraverso il metodo dei momenti, dei minimi quadrati e della massima verosimiglianza, utilizzando quindi il test di Pearson per la scelta della coppia di parametri che meglio approssima il campione di dati.

Una volta determinata la funzione di distribuzione questa può essere invertita, ovvero si possono assegnare arbitrari tempi di ritorno TR ad arbitrarie probabilità di non superamento, P = (TR – 1)/ TR, e ricavare i corrispondenti valori di h(P). Fissata infatti P, si ha:

$$h = u - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln(-\ln P)$$

Ottenuti quindi i valori delle massime altezze di precipitazione in funzione di un determinato tempo di ritorno per la stazione pluviografica esaminata, si è proceduto alla stima dei parametri a ed n che definiscono le curve di possibilità pluviometrica necessarie al successivo calcolo delle portate di progetto.

I valori di tali parametri, calcolati sia per tempi di pioggia inferiori all'ora, sia per tempi di pioggia da 1 a 24 ore, sono riportati nelle tabelle seguenti:

Parametri curve LSPP t<1h		
Tr (Anni)	**a (mm/h)**	**n**
25	104.49	0.484
50	119.01	0.484
100	133.44	0.484
200	147.81	0.484
500	166.74	0.484

Tabella 1: Parametri a ed n per durata precipitazione <1h.

Parametri curve LSPP t>1h		
Tr (Anni)	**a (mm/h)**	**n**
25	104.59	0.341
50	119.34	0.341
100	134.01	0.341
200	148.56	0.341
500	167.80	0.342

Tabella 2: Parametri a ed n per durata precipitazione >1h.

Preme precisare che tali valori sono comprensivi degli incrementi di precipitazione futuri dovuti agli effetti dei cambiamenti climatici, che sono stati quantificati sulla base di studi e pubblicazioni

scientifiche, e di cui un approfondimento è consultabile nella Relazione Idrologica citata in precedenza.

5.2 Tempo di ritorno di progetto

Nel dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche, la scelta del tempo di ritorno di progetto è stata effettuata considerando le possibili conseguenze generate da un'insufficienza della rete sulla nuova viabilità ferroviaria e su quella stradale, tenuto conto delle indicazioni contenuti nei manuali RFI e della normativa vigente.

Data l'importanza strategica delle opere in progetto, si è scelto di adottare il tempo di ritorno di 100 anni sia per la piattaforma ferroviaria, sia per la viabilità, i fabbricati e i piazzali delle stazioni.

Il medesimo tempo di ritorno è stato utilizzato anche nel dimensionamento delle opere che non verranno gestite da RFI (parcheggio stazione Voltri e viabilità portuale).

5.3 Portate di progetto

Per il dimensionamento della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, è innanzitutto necessario scegliere un appropriato metodo di trasformazione degli afflussi (precipitazioni) in deflussi (portate).

Il calcolo delle portate di progetto viene di norma effettuato ricorrendo al metodo razionale (o cinematico) per superfici con estensioni ridotte ed al metodo dell'invaso lineare per quelle con dimensioni maggiori.

Per maggiore chiarezza, si riassumono di seguito i principali fondamenti teorici dei due metodi adottati.

5.3.1 Il metodo razionale (o cinematico)

La schematizzazione alla base del metodo razionale (o cinematico) si basa su tre ipotesi fondamentali:

- la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
- la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata affluente nel generico collettore, in funzione del tempo di ritorno, è p data dall'espressione:

$$Q = \frac{\varphi \cdot h \cdot S}{\tau_C \cdot 3600 \cdot 1000} = \frac{\varphi \cdot i(\tau_C) \cdot S}{3600 \cdot 1000}$$

con il seguente significato dei simboli:

Q portata (m^3/s);

S superficie delle aree scolanti (m^2);

h altezza di pioggia [m] per una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione;

τc tempo di corrivazione [ore]

i intensità di pioggia (mm/h), data dal rapporto tra l'altezza di pioggia h ed il tempo di corrivazione τc del bacino scolante;

φ coefficiente di afflusso nella rete o di deflusso.

Per massimizzare la portata, si assume che il valore di h rappresenti l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_c solo una parte del bacino S contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa, se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella Figura 5.1 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quello di corrivazione l'idrogramma di piena assuma la forma triangolare e massimizzi la portata di picco.

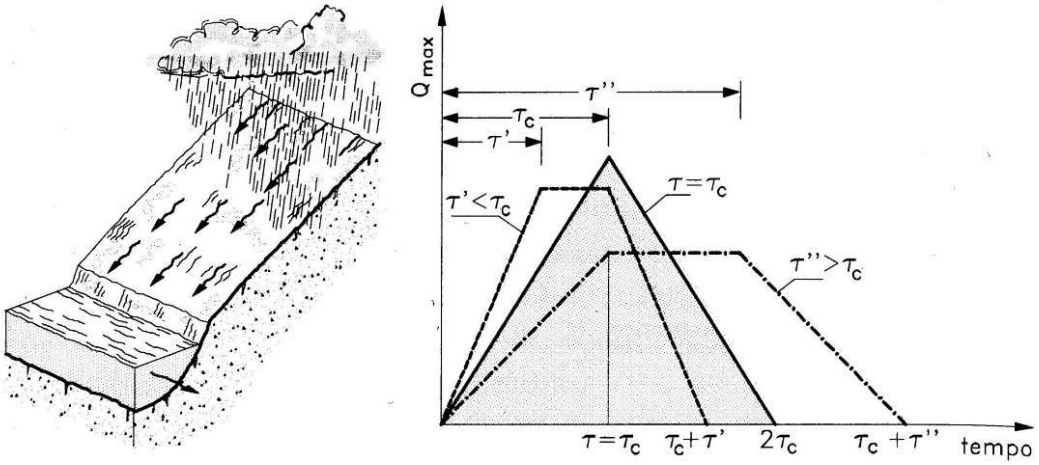


Figura 5.1 Metodo razionale (o cinematico): idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione τ_c può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura considerata. In particolare, dopo aver individuato la rete di drenaggio sottesa dalla sezione di chiusura ed aver delimitato i sottobacini contribuenti in ogni ramo della rete, per determinare il tempo di concentrazione τ_c si fa riferimento alla somma:

$$\tau_c = \tau_a + \tau_r$$

ove τ_a è il tempo d'accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dalla condotta posta all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo, e τ_r è il tempo di rete.

Il tempo di residenza in rete τ_r è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete. Pertanto, il tempo di rete sarà dato dall'espressione:

$$\tau_r = \sum_i \frac{L_i}{V_i}$$

Nel caso in esame il tempo di corrivazione è stato determinato attraverso la seguente espressione:

$$\tau_c = 1.40 \cdot L^{0.24} \cdot \varphi^{-0.26} \cdot i^{-0.16}$$

dove:

L lunghezza dell'asta principale [m];

φ coefficiente di afflusso in fogna o di deflusso [m2/ m2];

i pendenza dell'asta principale [m/m];

Per i tratti iniziali della rete, al fine evitare un'eccessiva sovrastima delle portate di progetto, si è comunque assunto un valore minimo del tempo di corrivazione pari a 5 minuti.

La frazione di precipitazione che viene raccolta dal sistema di drenaggio è individuata da un coefficiente di deflusso φ, che esprime il rapporto tra il volume d'acqua afferente ad una sezione di verifica, in un definito intervallo di tempo, ed il volume meteorico precipitato nell'intervallo medesimo.

I tipi di superficie ed i relativi coefficienti di deflusso adottati nei calcoli sono riportati in Tabella 3.

Descrizione	Coefficiente di deflusso φ
pavimentazione stradale	1.00
piattaforma ferroviaria	0.95
Copertura erbacea in rilevato	0.50
Copertura erbacea su superficie orizzontale	0.30

Tabella 3: Coefficiente di deflusso per varie tipologie di superficie

I valori assunti sono cautelativamente quelli relativi alle superfici già imbibite e considerati costanti durante tutto l'evento meteorologico.

5.3.2 Metodo dell'invaso lineare

La progettazione delle reti di smaltimento è stata condotta mediante un modello geomorfologico che utilizza il metodo dell'invaso lineare per definire la risposta idrologica delle aree scolanti, che ben si adatta alla riproduzione degli afflussi-deflussi in ambito prevalentemente urbano, ed il metodo

cinematico per la propagazione del moto nelle condotte. Il modello così strutturato rappresenta una generalizzazione dei metodi cinematico e dell'invaso, usati alternativamente nella letteratura per il dimensionamento delle fognature, integrando gli elementi di descrizione concettuale e quelli fisicamente basati.

L'idrogramma istantaneo unitario IUH, caratteristico del metodo dell'invaso, ha origine dalla combinazione dell'equazione di continuità e del serbatoio lineare; quest'ultima stabilisce che la portata uscente dal bacino dipenda linearmente dal volume liquido accumulato sulla superficie e nella rete a monte secondo la costante d'invaso lineare k. La costante k rappresenta il tempo medio di residenza al di fuori della rete.

L'IUH del modello è rappresentato dalla seguente equazione:

$$u(t)=\frac{1}{k}e^{-\frac{t}{k}}$$

la quale convoluta con la pioggia efficace I(t): $I(t)=i(t_p)\Phi S$

dà luogo a:

$$Q(t)=\int_0^{\tau^*}\frac{1}{k}e^{-\frac{t-\tau}{\tau}}I(\tau)\partial\tau \qquad \text{dove} \quad \begin{cases}\tau^*=t, & t<t_p\\ \tau^*=t_p, & t\geq t_p\end{cases}$$

dove S è la superficie del bacino, Φ è l'indice di afflusso e $i(t_p)$ è l'intensità della precipitazione per l'assegnato tempo di pioggia di progetto. Il risultato dell'integrale è, nel caso di una pioggia di progetto espressa attraverso le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, l'idrogramma tipico del serbatoio lineare:

$$Q(t)=\begin{cases}I(t_p)(1-e^{-\frac{t}{k}}), & t<t_p\\ I(t_p)(1-e^{-\frac{t}{k}})e^{-\frac{t-t_p}{k}}, & t\geq t_p\end{cases}$$

Questa equazione viene applicata a ciascun sottobacino, associato a ciascun tratto di fognatura analizzato.

L'idrogramma di piena generato dall'i-esimo sottobacino si propaga all'interno della rete urbana, secondo un meccanismo che ben può essere rappresentato da una funzione di trasferimento cinematica piuttosto che parabolica. Infatti, in considerazione della modesta estensione dell'area oggetto dell'analisi non si possono verificare significative attenuazioni del picco di piena (modello parabolico), ma è più verosimile che la piena si trasferisca immutata all'interno della rete idrica (modello cinematico).

Per valutare la traslazione cinematica della piena lungo la rete risulta necessario valutare l'integrale di convoluzione della precedente soluzione con la funzione di propagazione nella rete:

$$g(t)=\delta(u_c t-L)$$

dove $\delta(\ )$ è il funzionale delta di Dirac, u_c è la celerità di propagazione dell'onda e L è la lunghezza della condotta.

La velocità di propagazione viene espressa in funzione della velocità di moto uniforme:

$$u_c = \alpha u_u \qquad u_u = k_s \cdot if^{0.5} \cdot R_h^{0.667}$$

con k_s coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler. Il coefficiente α è pari normalmente a 1.5. Il raggio idraulico R_h viene definito a partire dalla forma della sezione di deflusso e dal tirante idrico; la sua assegnazione viene pertanto fatta per approssimazioni successive.

5.3.2.1 Stima afflussi netti

Per l'applicazione dei modelli afflussi-deflussi è necessario calcolare preliminarmente la pioggia efficace. Nella letteratura scientifica esistono diversi metodi di stima come il metodo di Horton, SCS, Grenn-Ampt e altri; tuttavia, nella progettazione e verifica delle reti urbane, si possono utilizzare approcci più semplici che descrivono le perdite di infiltrazione tramite un coefficiente di afflusso Φ, costante nel corso della precipitazione.

La pioggia netta è calcolata come prodotto tra il coefficiente di afflusso e l'altezza totale di pioggia caduta nello stesso tempo. Il coefficiente di afflusso dipende strettamente dalla tipologia di uso del suolo. Per una superficie pavimentata la quota di pioggia che può infiltrarsi nel terreno è largamente inferiore rispetto a quella che è possibile immagazzinare da un terreno agricolo.

I valori dell'indice Φ impiegati sono gli stessi adottati nel metodo razionale e riportati in Tabella 3.

La suddivisione in aree omogenee e i rispettivi valori di superficie sono stati definiti come corrispondenti ai singoli tratti compresi tra due pozzetti successivi: i valori di superficie sono stati valutati o misurati in base alle caratteristiche di ogni tratto, come descritto nei capitoli che seguono.

Nel modello idrologico sono state implementate le piogge definite attraverso i parametri riportati al paragrafo 5.1.

5.3.2.2 Costante d'invaso lineare

La costante di invaso lineare k viene messa in relazione con le caratteristiche idrogeologiche dell'area attraverso la relazione: (1)

$$k = c\frac{S^{\beta}}{\Phi^{b} if^{\gamma}}$$

[1] Rigon, Riccardo; D., Tamanini; Bertola, Paolo, "Trento_p: un modello geomorfologico per lo studio del drenaggio urbano" in Controllo degli scarichi nei sistemi di drenaggio urbano, Roma: Università di Roma "Tor Vergata", 2009, p. 1-47. Proceedings of: VI Giornata di Studio sul Drenaggio Urbano Sostenibile, Roma, 5 Dicembre 2008

dove $\beta(0,30)$ $\gamma(0,30)$ $b(0,31)$ $C(0.60)$ sono dei coefficienti di taratura, S è la superficie del bacino in ettari [ha], Φ è il coefficiente di deflusso e infine if è la pendenza media del collettore principale.

6 SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Si illustrano di seguito le soluzioni proposte per lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma ferroviaria e stradale nell'ambito del progetto in esame.

6.1 Aspetti normativi

Nell'intero territorio del comune di Genova, al fine di mitigare gli effetti degli interventi che producono impermeabilizzazione dei suoli, nonché migliorare il sistema di smaltimento delle acque superficiali e favorire un eventuale riuso in sito delle stesse, le Norme Generali del PUC (Piano Urbanistico Comunale) definiscono i seguenti indirizzi vincolanti, dei quali si dovrà tener conto in fase di progettazione degli interventi edilizi.

La realizzazione di interventi che comportino una modifica alla permeabilità del suolo deve tendere a minimizzare l'impermeabilizzazione attraverso l'uso più esteso possibile di materiali che permettano l'infiltrazione, la ritenzione e la detenzione temporanea delle acque nel terreno.

Per tutti gli Ambiti Urbanistici e per i Distretti, fatte salve specifiche prescrizioni di cui alle Norme di Conformità e Congruenza, gli interventi di sostituzione edilizia, di nuova costruzione o di sistemazione superficiale degli spazi liberi di cui all'art. 13), comma 4, lett. e) delle Norme Generali del PUC, devono garantire il mantenimento e/o il miglioramento dell'efficienza idraulica attraverso la messa in atto di misure di mitigazione tali da non aumentare, nell'areale di influenza considerato, l'entità delle acque di deflusso superficiale e sotterraneo rispetto alle condizioni precedenti all'intervento.

6.2 Caratteristiche idrogeologiche

Tali aspetti sono fondamentali per definire la fattibilità di un sistema ad infiltrazione negli strati superficiali del suolo e per poterne effettuare il dimensionamento.

I parametri più importanti a tale scopo sono indubbiamente la permeabilità del terreno "k" negli strati interessati dal fenomeno di infiltrazione e la quota della falda. Entrambe le caratteristiche possono essere misurate mediante indagini specifiche in situ. È evidente che maggiore sarà il dettaglio della prova, maggiore sarà l'affidabilità del dato e quindi del dimensionamento.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono state considerate due campagne di indagini geognostiche eseguite nell'area di esame in epoche diverse.

La prima campagna di indagine geognostica, effettuata in occasione del PFTE è articolata come segue:

- N. 15 sondaggi a carotaggio continuo con l'esecuzione di prove SPT. La profondità massima di perforazione varia tra -12 e -25 m dal p.c.;
- N. 3 prove geofisiche MASW.

Nella seguente tabella vengono riassunte le indagini geognostiche prese in considerazione per la caratterizzazione geotecnica nella prima campagna investigativa:

Sondaggio	*Profondità [m]*	*Coordinate*		*K [m/s]*	*Profondità falda [m da p.c.]*
XNL1LOG01	25	8°45'23.94"E	44°25'40.62"N	2,81E-08	4,8
XNL1LOG02	25	8°45'28.86"E	44°25'41.28"N	1,48E-04	4,3
XNL1LFG03	25	8°45'31.92"E	44°25'42.72"N	3,31E-05	4,22
XNL1LUG06	25	8°45'43.62"E	44°25'40.50"N	2,10E-05	
XNL1LOG07	25	8°45'47.40"E	44°25'39.18"N	1,56E-04	
XNL1LOG08	25	8°45'53.22"E	44°25'37.86"N	1,14E-07	
2448	18	8°45'51.23"E	44°25'38.61"N		
S3 (2018)	12	8°46'12.60"E	44°25'38.82"N		
S4 (2018)	12	8°46'12.82"E	44°25'38.81"N		
XNL1LUG09	25	8°46'8.82"E	44°25'37.20"N	3,81E-08	
XNL1LFG10	25	8°46'21.48"E	44°25'37.92"N	2,35E-04	
S1 (2016)	30	8°46'30.23"E	44°25'35.60"N		
XNL1LFG04	25	8°46'34.26"E	44°25'41.16"N		3,62
XNL1LFG11	25	8°46'30.84"E	44°25'37.26"N	2,38E-04	3,9
2446	18	8°46'2.11"E	44°25'37.81"N		

Tabella 4: Valori di permeabilità del terreno lungo il tracciato nel sondaggio più superficiale e posizione della falda



Figura 6.1 Ubicazione dei sondaggi

La seconda campagna integrativa è composta da 2 sondaggi a carotaggio continuo con l'esecuzione di prove STP. La profondità massima di perforazione varia tra -1.5 e -2.5 m dal p.c. Nella seguente tabella vengono riassunte le indagini geognostiche prese in considerazione per la caratterizzazione geotecnica:

Sondaggio	***Profondità [m]***	***Coordinate***		***K [m/s]***
SI2	2.5	8°45'39.69"E	44°25'40.23"N	1,67E-04
SI6	1.5	8°46'21.85"E	44°25'37.36"N	2,16E-05

Tabella 5: Valori di permeabilità del terreno lungo il tracciato nel sondaggio più recente.



Figura 6.2 Ubicazione dei sondaggi

6.3 Descrizione generale delle opere idrauliche

La rete di raccolta e smaltimento delle acque superficiali in progetto è costituita dai seguenti elementi:

- Canalette in cls per la raccolta ed il convogliamento delle acque della sede ferroviaria;
- Caditoie laterali a griglia ed a bocca di lupo per la raccolta ed il convogliamento delle acque della sede stradale;
- Tubazioni interrate in PVC e PEAD CORRUGATO A DOPPIA PARETE per il convogliamento delle acque meteoriche provenienti dalla sede stradale;
- Vasche di laminazione in c.a. per le nuove viabilità e la piattaforma ferroviaria;

6.4 Criteri di dimensionamento

6.4.1 Canalette rettangolari

La verifica delle sezioni è stata effettuata con la formula di *Gauckler –Strickler*, ipotizzando che ciascun tratto sia percorso dalla stessa portata ed in condizioni di moto uniforme:

$$Q = A_B \cdot K_s \cdot {R_H}^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- Q è la portata [m^3/s];
- A_B è l'area bagnata o sezione liquida [m^2];
- K_S è il coefficiente di scabrezza di Strickler [$m^{1/3}/s$];
- R_H è il raggio idraulico [m];
- i è la pendenza longitudinale dell'elemento [m/m].

Fissati il coefficiente di scabrezza Ks e la pendenza longitudinale i, si è in grado di determinare la combinazione di sezione idraulica e grado di riempimento che consentono il deflusso di una portata Q pari a quella massima di progetto. Per le sezioni aperte in cls si sono assunti un coefficiente di scabrezza Ks=65 $m^{1/3}/s$ ed un grado di riempimento massimo del 70%.

In particolari situazioni, dove si è reso necessario eseguire analisi idrauliche di maggior dettaglio, si è fatto ricordo alla modellazione idraulica monodimensionale mediante software Hec-Ras. Si rimanda al capitolo 7 per maggiori dettagli.

6.4.2 Caditoie a griglia ed a bocca di lupo

Per la definizione degli interassi tra le due tipologie di caditoie laterali (a griglia ed a bocca di lupo) si sono utilizzati gli abachi di letteratura riportati di seguito.

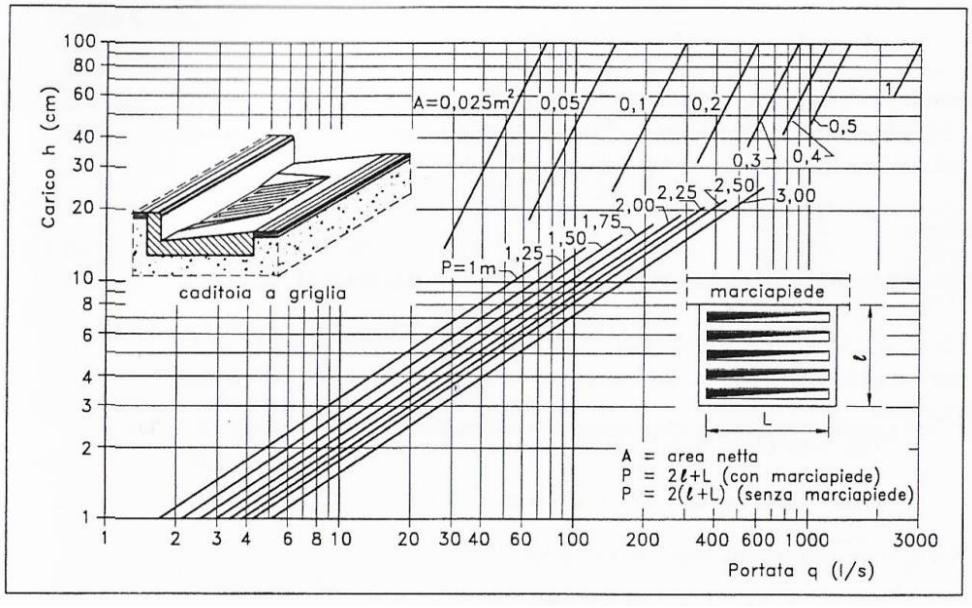


Figura 6.3 Abaco per il dimensionamento di una caditoia a griglia

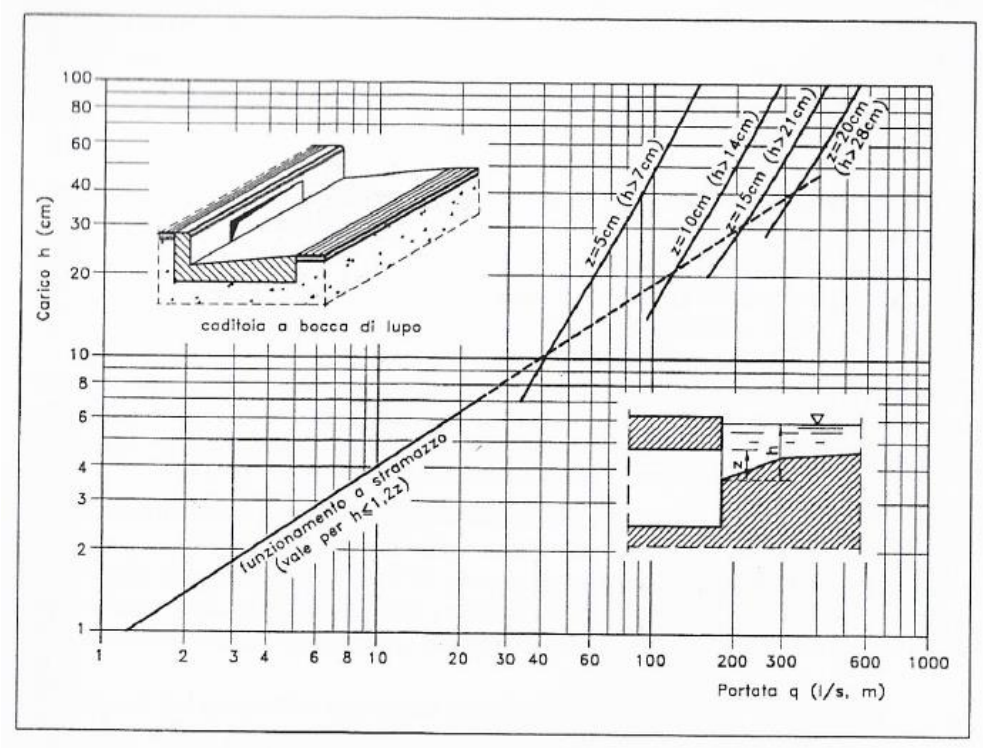


Figura 6.4 Abaco per il dimensionamento di una caditoia a bocca di lupo

6.4.3 Pluviali

La verifica del funzionamento dei pluviali di raccolta delle acque scolanti su una tettoia o una copertura in generale viene effettuata tramite la formula di Wyly Eaton, ovvero:

$$Q_{RWP} = 2{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot {k_b}^{-0{,}167} \cdot {d_i}^{2{,}667} \cdot f^{1{,}667}$$

dove:

- Q_{RWP} è la portata del pluviale (l/s);
- k_b è la scabrezza del pluviale (mm), posta uguale a 0.25;
- d_i è il diametro interno del pluviale (mm)
- f è il grado di riempimento, definito come proporzione della sezione trasversale riempita d'acqua (adimensionale), posto pari a 0,33.

Confrontando il valore risultante dall'espressione con quello risultante dalla superficie afferente i singoli pluviali, è possibile verificare o meno l'esatto dimensionamento degli stessi.

6.4.4 Collettori di smaltimento

Analogamente a quanto fatto per gli elementi idraulici e sezione aperta, la verifica delle tubazioni con funzionamento a canaletta (non in pressione) è stata effettuata con la formula di *Gauckler – Strickler*, ipotizzando che ciascun tratto sia percorso dalla stessa portata ed in condizioni di moto uniforme:

$$Q = A_B \cdot K_s \cdot {R_H}^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- Q è la portata [m^3/s];
- A_B è l'area bagnata o sezione liquida [m^2];
- K_S è il coefficiente di scabrezza di Strickler[$m^{1/3}/s$];
- R_H è il raggio idraulico [m];
- i è la pendenza longitudinale dell'elemento [m/m].

Per il calcolo del tirante idrico nella sezione di deflusso, sono state utilizzate le formule riportate di seguito, che esprimono l'area bagnata (A_B) ed il raggio idraulico (R_H) per i tubi circolari a canaletta, in funzione del tirante y (e quindi del grado di riempimento della tubazione, ossia dell'angolo θ):

$$A_B = \frac{d^2}{4} \cdot \left(\frac{\theta - \sin\theta}{2}\right)$$

$$R_H = \frac{d}{4} \cdot \left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)$$

La definizione del tirante è stata effettuata con metodo iterativo, risolvendo il sistema in forma implicita. Per le tubazioni e i tombini in calcestruzzo si sono assunti un coefficiente di scabrezza Ks rispettivamente di 85 e 65 $m^{1/3}/s$ ed i seguenti gradi di riempimento massimo (y/d):

- 50% per tubazioni di diametro minore di 500 mm;
- 70% per tubazioni di diametro maggiore o uguale di 500 mm;

6.4.5 Vasche di laminazione

La determinazione del volume da assegnare a ciascuna vasca è stata effettuata facendo ricorso all'applicativo allegato al documento "*Manuale per la verifica della permeabilità dei suoli e il dimensionamento dei sistemi di laminazione delle acque meteoriche*" messo a disposizione dal comune di Genova, già citato al capitolo 6.1.

In particolare, tale applicativo richiede la definizione delle "attuali" (*ante operam*) e "future" *(post operam*) superfici permeabili e impermeabili, per il calcolo del cosiddetto "*rapporto di permeabilità*" (Rp) ossia il rapporto, espresso in percentuale, tra la Superficie permeabile equivalente (Spe), calcolata sommando i contributi di ciascuna tipologia di superficie permeabile considerata, e la Superficie di riferimento (Sr) del lotto di intervento.
Il valore minimo di Rp da rispettare a progetto varia secondo il valore di Rp nella situazione attuale delle aree (situazione ex ante), in particolare: Rp = Rp ex ante qualora Rp ex ante maggiore o uguale al 70%; Rp = 70% qualora Rp ex ante minore del 70%.
Il mantenimento o il miglioramento dell'efficienza idraulica viene valutato dal confronto del Rp nella situazione di progetto (situazione ex post) che deve sempre risultare maggiore o uguale al valore minimo del Rp prima definito (Rp ex post >= Rp).

Il manuale prevede che "*Qualora necessaria, la vasca di laminazione deve essere dimensionata per contenere per 30 minuti una pioggia avente intensità pari a 60 mm in 30 minuti a cui corrisponde un*

deflusso istantaneo pari a 333,33 l/sec per ettaro e deve essere dotata di scarico di fondo e scarico di troppo pieno". Lo scarico di fondo può essere sia a gravità che in pressione (a pompaggio), con l'accortezza che in quest'ultimo caso venga installata un'apposita tubazione tarata di controllo delle portate in uscita, che, sempre secondo il Manuale, non possono eccedere i 20 l/s per ettaro di superficie addotta alla vasca, valore che corrisponde al deflusso che si avrebbe se l'intera superficie recapitata alla vasca risultasse coperta a bosco naturale.

6.4.6 Fossi, vasche disperdenti e filtrazione nel terreno

Nel caso in esame la maggior parte dei recapiti avviene in un corpo idrico superficiale; in alcune situazioni specifiche (parcheggio e fascio merci) si ricorre alla dispersione totale o parziale delle acque meteoriche.
In linea di massima risulta preferibile ricorrere a sistemi disperdenti di tipo distribuito (bauletti o fossi drenanti), da realizzarsi in affiancamento alla linea ferroviaria/stradale e impiegare sistemi di tipo concentrato (vasche disperdenti a cielo aperto o in materiale drenante) solo nell'impossibilità tecnica e logistica di realizzare le prime.
La determinazione del volume da assegnare a ciascuna vasca/fosso è stata effettuata facendo ricorso all'equazione dei serbatoi e ricercando il tempo di pioggia che massimizzasse il suddetto volume:

$$Q_i - Q_o = \frac{\partial V}{\partial t}$$

$$Q_o = k \cdot A \cdot i$$

Q_i rappresenta la portata in ingresso calcolata come riportato nel par. 5.3, Q_o la portata dispersa, A superficie orizzontale della vasca/fosso, k conducibilità idraulica e i cadente piezometrica pari a uno.
Il dimensionamento dei fossi drenanti o delle vasche viene effettuato, risolvendo numericamente l'equazione differenziale dei serbatoi sopra riportata; l'idrogramma in ingresso è definito attraverso l'applicazione del metodo razionale alla superficie scolante afferente, con una forma dello stesso di tipo triangolare se il tempo di pioggia coincide con il tempo di corrivazione, oppure trapezoidale negli altri casi. La portata dispersa nel terreno dipende dalla permeabilità del mezzo poroso. Pertanto una volta scelta la sezione tipo del fosso viene definita, per ogni istante temporale, la portata in ingresso e in uscita dal fosso e conseguentemente si valuta il livello idrico raggiunto al suo interno. Tale procedura viene ripetuta per ciascun tempo di pioggia considerato allo scopo di valutare lo scenario che minimizza il franco idraulico del fosso.
Per quanto attiene la porosità media del fosso è bene precisare che la stessa varia con il livello idrico, assumendo un valore pari a quello del mezzo poroso se il livello idrico si trova al di sotto della sezione trapezia del fosso, mentre per livelli idrici superiori la porosità cresce con il tirante idrico.
Nei calcoli viene trascurata, a favore di sicurezza, la dispersione attraverso la superficie laterale dei sistemi disperdenti. Il valore di conducibilità idraulica k utilizzato nei dimensionamenti viene assunto pari alla metà di quello misurato in campo con le prove Lefranc (par.6.2); a seconda della vicinanza o meno del sistema disperdente al punto del sondaggio viene assunto il valore di conducibilità del sondaggio più vicino oppure la media dei due sondaggi più vicini. Nel dimensionamento degli elementi disperdenti si è tenuto conto, ai fini cautelativi, di un franco idraulico minimo di 30 cm.

La posizione della falda, oltre i 20 m di profondità, non pregiudica la funzionalità di sistemi a dispersione profondi, purché disti almeno un metro al di sotto del sistema disperdente.

6.4.7 Stazioni di sollevamento

La progettazione di una stazione di sollevamento rende necessaria la definizione di varie scelte progettuali:

- stima delle portate di progetto (entrante Q_e , uscente Q_u)
- calcolo della prevalenza richiesta H_p
- potenza idraulica della pompa P_i
- rendimento della pompa η
- potenza assorbita dalla pompa P_{ass}
- stima del volume da attribuire alla vasca di accumulo V
- definizione della geometria della vasca.

Il calcolo del volume minimo della vasca e la scelta delle pompe sono stati effettuati facendo ricorso all'applicativo allegato al documento "*Manuale per la verifica della permeabilità dei suoli e il dimensionamento dei sistemi di laminazione delle acque meteoriche*" messo a disposizione dal comune di Genova, già citato al capitolo 6.1.

Per il corretto dimensionamento della stazione di sollevamento è inoltre necessario definire:

- il volume morto, cioè quello al di sotto del livello di arresto delle pompe
- il volume utile, compreso tra il livello di attacco e quello di arresto
- il volume di riserva, compreso tra il livello di attacco e quello massimo.

Nella definizione del livello massimo ammissibile all'interno della stazione di sollevamento, è necessario tenere presente che esso non deve creare fenomeni di rigurgito in fognatura tali da comprometterne la funzionalità; per questo va rispettato il grado di riempimento per il quale la rete di smaltimento è stata progettata.

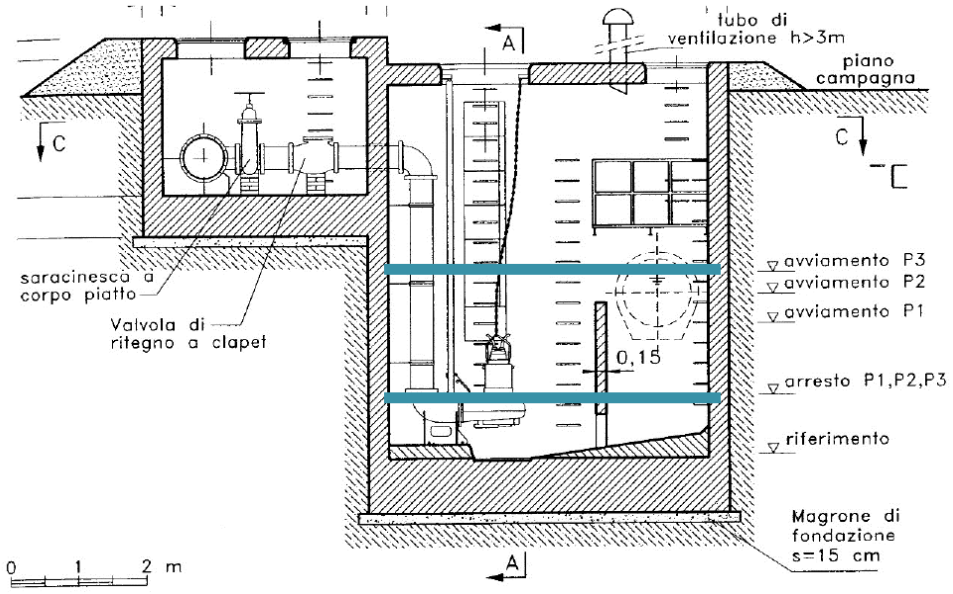


Figura 6.5 Rappresentazione grafica del volume morto, utile e di riserva.

Nella stima del volume utile nel caso di utilizzo di pompe funzionanti in parallelo, è possibile seguire due sequenze di funzionamento differenti:

Sequenza 1

- Le pompe si avviano quando il livello nella vasca supera quello di arresto di quella che opera al livello superiore.
- Le pompe staccano quando il livello nella vasca scende al di sotto del livello di avviamento della pompa a cui compete la porzione di volume utile inferiore.
- Questa sequenza consente di ottenere un andamento della portata sollevata il più vicino possibile a quello della portata in ingresso, ma richiede volumi utili complessivamente maggiori.

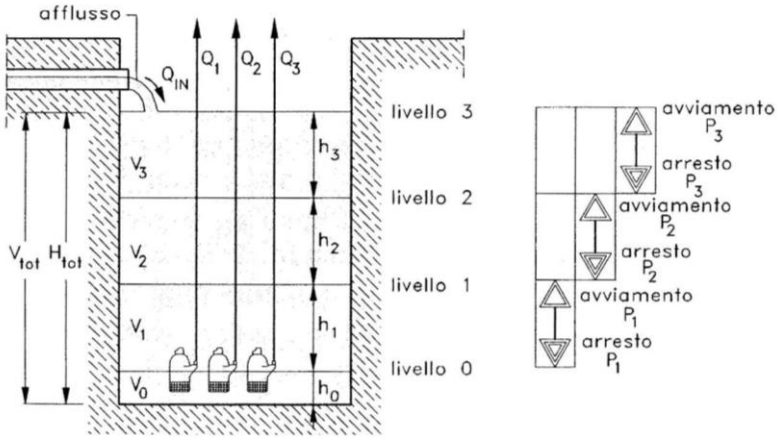


Figura 6.6 Schematizzazione per attacchi e stacchi delle pompe - Sequenza 1.

Sequenza 2

- I livelli di avviamento sono progressivamente crescenti.

- Esiste un unico livello di arresto in corrispondenza del livello minimo che delimita il volume morto: le pompe staccano tutte contemporaneamente quando il livello nella vasca raggiunge il livello di arresto.
- L'utilizzo di questa sequenza richiede volumi utili complessivamente minori, ma l'andamento della portata sollevata risulta più discontinuo rispetto a quello della portata in ingresso.

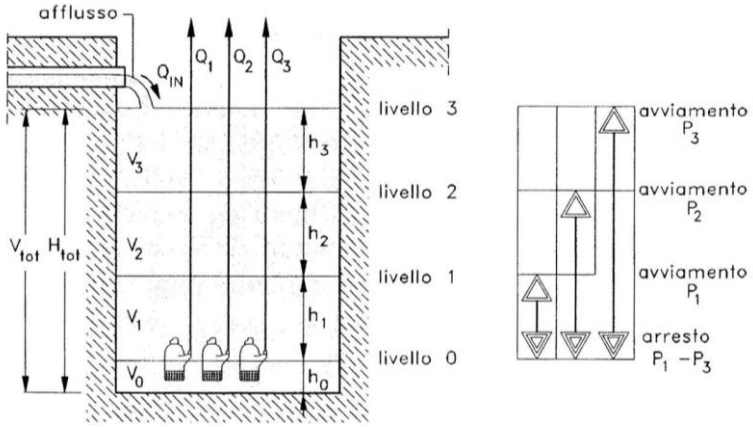
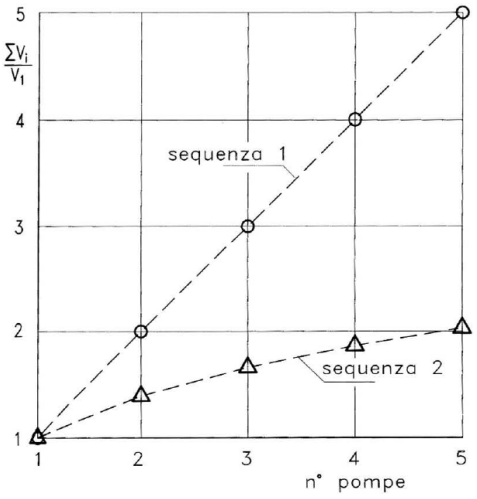


Figura 6.7 Schematizzazione per attacchi e stacchi delle pompe - Sequenza 2.

Si riporta di seguito in Figura 6.8 il confronto tra i volumi richiesti dalla sequenza 1 e dalla sequenza 2; dall'immagine risulta evidente come – a parità di portata complessivamente sollevata - all'aumentare del numero di pompe l'adozione della sequenza 2 riduca notevolmente il volume utile richiesto.



n° pompe uguali	$\sum V_i / V_1$	
	sequenza 1	sequenza 2
1	1	1,000
2	2	1,392
3	3	1,660
4	4	1,865
5	5	2,030

Figura 6.8 Volumi della vasca di sollevamento a seconda della sequenza di attacco-stacco adottata.

6.4.8 Tubi in pressione

Le tubazioni di mandata delle stazioni di sollevamento presentano un funzionamento a pressione; per il loro dimensionamento è stata utilizzata l'equazione dell'energia di moti in pressione in condizioni di moto permanente:

$$H_M = H_V + H_P + \sum_i \lambda_i \frac{U_i^2}{2g}\frac{f_i L_i}{D_i} + \sum_i \frac{U_i^2}{2g}\frac{f_i L_i}{D_i}$$

dove:

- HM, Hv sono rispettivamente il carico totale del campo di moto a monte ed a valle del tratto di tubazione in esame;
- Hp rappresenta la prevalenza della pompa;
- $\sum_i \frac{U_i^2}{2g}\frac{f_i L_i}{D_i}$ è la sommatoria delle perdite di carico distribuite nella condotta, con Li, Di e fi lunghezza, diametro e numero di resistenza dell'i-esima tubazione;
- $\sum_i \lambda_i \frac{U_i^2}{2g}$ è la sommatoria delle perdite di carico localizzate nella condotta.

Il numero di resistenza viene espresso attraverso la formula di Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\,log_{10}\left(\frac{e}{3.71D} + \frac{2.52}{R_e\sqrt{f}}\right)$$

con e scabrezza equivalente della tubazione e Re numero di Reynolds.

Per i vari tratti di tubazione si è assunto una scabrezza assoluta di 0.1 mm: tale valore risulta maggiorato rispetto a quello che si trova in letteratura per le tubazioni nuove in materiale plastico o acciaio, ma tiene conto dell'usura della tubazione nel tempo e dell'eventualità di piccoli depositi al suo interno.

Applicando i valori appena citati e calcolando le perdite localizzate (imbocco, Borda, curve, gomiti, organi di regolazione,…), è possibile quindi definire la portata convogliata all'interno di ciascuna condotta.

7 MODELLAZIONE IDRAULICA

In talune situazioni si è proceduto ad un'analisi di dettaglio del comportamento idraulico di canali a pelo libero in particolari condizioni di deflusso; in particolare si è esaminato il profilo di rigurgito della canaletta presente al piede del binario merci pericolose al fine di verificarne il grado di riempimento in condizioni di moto permanente, in luogo dele normali verifiche eseguite a moto uniforme.

7.1 Fondamenti matematico-numerici del codice Hec-RAS

La modellazione viene eseguita a moto permanente e fondo fisso mediante il codice di calcolo Hec-Ras dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Questo modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena in corsi d'acqua a fondo fisso o mobile. L'implementazione del modello richiede la conoscenza della geometria dell'alveo, nonché delle necessarie condizioni iniziali e al contorno. Tra le altre cose, il modello offre la possibilità di tener conto di strutture idrauliche (sfioratori laterali, briglie, casse di espansione…) e di elementi-strutture che possono interferire con la propagazione della piena (ponti, sottopassi, tombinature…).

Per l'analisi in condizioni di moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione di bilancio dell'energia,

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e$$

dove Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo; Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento; V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato; α1 e α2 sono coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche; h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la relazione:

$$h_e = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove L è la lunghezza del tronco considerato, $\overline{S_f}$ è la pendenza dell'energia tra le due sezioni; C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la pendenza della linea dell'energia. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno dei quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine dell'equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una

situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

Qualora si verifichino transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico, poiché viene meno l'ipotesi di moto gradualmente vario.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali o tombinature, ad esempio nel caso che il deflusso attraverso le opere avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dalle opere è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente, sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte o una tombinatura HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte dell'opera, sezione di ingresso, sezione in uscita e sezione a valle dell'opera. Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte.

8 PIATTAFORMA FERROVIARIA

Nel presente capitolo si espongono i criteri generali attuati nella progettazione in merito alle scelte relative al drenaggio delle acque meteoriche del corpo ferroviario.

Il sistema di drenaggio è costituito dall'insieme di opere volte alla raccolta e allo smaltimento dell'acqua. È importante individuare, una volta definito il sistema di raccolta, i recapiti in cui scaricare le acque precedentemente convogliate.

8.1 Fascio merci (Binari I – VI)

8.1.1 Descrizione dell'opera

L'attuale piattaforma ferroviaria nel tratto oggetto di intervento disperde le acque meteoriche per infiltrazione nel terreno; l'intervento si inserisce in una area dove è già presente un fascio di binari con un pacchetto ferroviario privo di sub-ballast e, tenendo presente che le estremità dell'intervento in progetto si raccordano a dei binari con il medesimo sottofondo, anche la sezione tipo di progetto non prevederà la predisposizione di tale elemento all'interno della sottostruttura.

Lo strato di supercompattato sarà perfettamente orizzontale, per evitare la creazione di zone di accumulo o di vie preferenziali di deflusso delle acque; per poter garantire lo smaltimento delle acque meteoriche, senza ricorrere alla progettazione di una rete di smaltimento delle acque, lo strato di supercompattato deve necessariamente avere idonee caratteristiche idrauliche.

Tale configurazione si applica a tutto il fascio ferroviario, a meno del binario merci pericolose (binario VII) dove è prevista la realizzazione del sub-ballast e, quindi, di un'apposita rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e degli eventuali sversamenti di liquidi pericolosi.

8.1.2 Supercompattato drenante

Per quanto detto in precedenza la sezione ferroviaria prevede la seguente stratigrafia:

- ballast;
- strato di supercompattato drenante con H=30cm;
- strato di bonifica con H=60cm.

In particolare, per lo strato supercompattato si dovranno conseguire i seguenti requisiti:

- Spessore complessivo del terreno compattato: 30 cm;
- Materiale: granulare frantumato;
- Modulo di deformazione sulla piattaforma: Md = 80 MPa;
- Densità: 98% AASTHO mod.;
- Granulometria:

Diametro	mm	40	20	10	5	2	0.4	0.075
Passante	%	100	72-100	50-82	35-64	20-42	7-20	3-5

Tabella 8.I - Fuso granulometrico del supercompattato

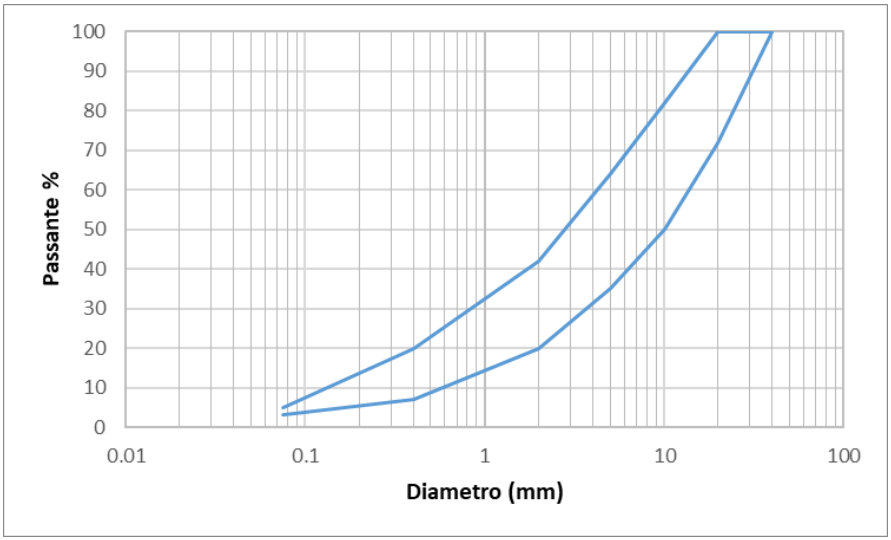


Figura 7.1: Fuso granulometrico del supercompattato

Il funzionamento della sottostruttura ferroviaria al verificarsi di un evento meteorico può essere schematizzato come un moto di filtrazione verticale in un mezzo poroso posto all'interfaccia di uno strato di materiale a minore permeabilità.

Visto che il meccanismo di infiltrazione delle acque nel terreno è un processo sicuramente più lento dell'andamento della portata liquida meteorica generata dall'evento meteorico, il volume idrico della precipitazione si accumula temporaneamente al di sopra del terreno stesso riempiendo i pori del supercompattato drenante che funge da volume di invaso e laminazione, mentre al disotto dello strato si attivano i processi di filtrazione nel terreno sottostante. Nella letteratura scientifica (Aleksandr K. Strelkov, Svetlana Yu. Teplykh, Nikolai S. Bukhman), la porosità del tipo di supercompattato adottato è considerata pari al 33%; pertanto, il volume utile d'invaso risulta un terzo rispetto alla situazione teorica di canale disperdente a cielo aperto e di conseguenza, a parità di volume, si genera un tirante idrico triplo.

Lo strato di supercompattato drenante appositamente studiato per avere una permeabilità superiore a quella del terreno esistente, pertanto il vincolo al funzionamento del sistema è dato dalla permeabilità del terreno. Nel caso in esame la permeabilità considerata per il dimensionamento del sistema è quella del terreno esistente, costituito da terreno di riporto impiegato per la realizzazione del rilevato ferroviario esistente.

8.1.3 Permeabilità del terreno

Dall'analisi del profilo geologico dell'area in esame emerge la presenza di uno strato di terreno di riporto, di spessore variabile da 1,5 a 10,0 m circa, granulometricamente assimilabili a ghiaie

eterometriche in matrice fine localmente limoso-sabbiosa con frammenti di laterizi a permeabilità medio-bassa.

In tale strato avviene l'infiltrazione delle acque meteoriche scolanti sulla piattaforma ferroviaria.

Nel paragrafo 6.2 sono riportati i valori della permeabilità idraulica misurata attraverso prove Lefranc o Lugeon in corrispondenza dei diversi sondaggi eseguiti nell'area di intervento; tuttavia, le prove si riferiscono agli strati di terreno a maggiore profondità, oltre i 5.5. m, e non sono da considerarsi rappresentative del comportamento idraulico dello strato di riporto superficiale.

Alla luce delle ulteriori e recenti indagini di campo è stato possibile valutare la conducibilità idraulica rappresentativa dello strato superficiale di terreno, pari a 2.16×10^{-5} m/s (sondaggio SI6).

Per quanto riguarda lo strato di terreno di bonifica, posto al di sotto del supercompattato, dovrà rispettare un valore di permeabilità non inferiore a quello del terreno esistente.

8.1.4 Verifica capacità disperdente dello strato di supercompattato

In ragione di quanto sopra esposto occorre procedere alla verifica della capacità di accumulo e smaltimento delle acque meteoriche dello strato di supercompattato per infiltrazione nello strato di terreno di riporto sottostante. La verifica viene condotta secondo la metodologia esposta nel par. 6.4.6, prendendo a riferimento una superficie unitaria di terreno con un valore di conducibilità idraulica dimezzato rispetto a quello caratteristico del terreno.

Lo strato di supercompattato verrà realizzato su tutta la superficie della piattaforma ferroviaria, quindi sia al di sotto dei binari e sia all'interno delle aree intercluse.

Nella seguente tabella vengono riportate le principali caratteristiche tecniche del sistema supercompattato-terreno:

Parametro	Valore
k infiltrazione terreno	2.16E-05 m/s
Spessore supercompattato	0.30 m
Porosità supercompattato	0.33

Tabella 2: Caratteristiche tecniche del supercompattato e del terreno

In Tabella 10 vengono mostrati i risultati delle verifiche della capacità di drenaggio e di accumulo idrico del sistema supercompattato-terreno per un tempo di ritorno di 100 anni al variare del tempo di pioggia; in particolare lo scenario critico è rappresentato da una pioggia di durata 2 ore che porta alla quasi completa saturazione dello strato di supercompattato pari a circa 30 cm. Di conseguenza il sistema è idraulicamente verificato visto che non si realizzano accumuli idrici all'interno del ballast così come deflussi idrici superficiali.

Tempo	Qmax pioggia	Qmax disp.	H vasca	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulo vasca
[h]	[m3/s]	[m3/s]	[m]	[m3]	[m3]	[m3]
0.117	1.12E-04	1.08E-05	0.130	0.047	0.047	0.04
0.167	9.34E-05	1.08E-05	0.153	0.056	0.056	0.05
0.25	7.58E-05	1.08E-05	0.181	0.068	0.068	0.06
0.5	5.30E-05	1.08E-05	0.238	0.095	0.095	0.08
0.75	4.30E-05	1.08E-05	0.274	0.116	0.116	0.09
1	3.72E-05	1.08E-05	0.297	0.134	0.134	0.10
2	2.36E-05	1.08E-05	0.299	0.170	0.170	0.10
3	1.80E-05	1.08E-05	0.275	0.195	0.195	0.09
4	1.49E-05	1.08E-05	0.230	0.215	0.215	0.08
5	1.29E-05	1.08E-05	0.178	0.232	0.232	0.06
6	1.14E-05	1.08E-05	0.124	0.247	0.247	0.04

Tabella 3: Valori massimi di alcune grandezze idrauliche inerenti il drenaggio della piattaforma ferroviaria al variare del tempo di pioggia e per una superficie unitaria.

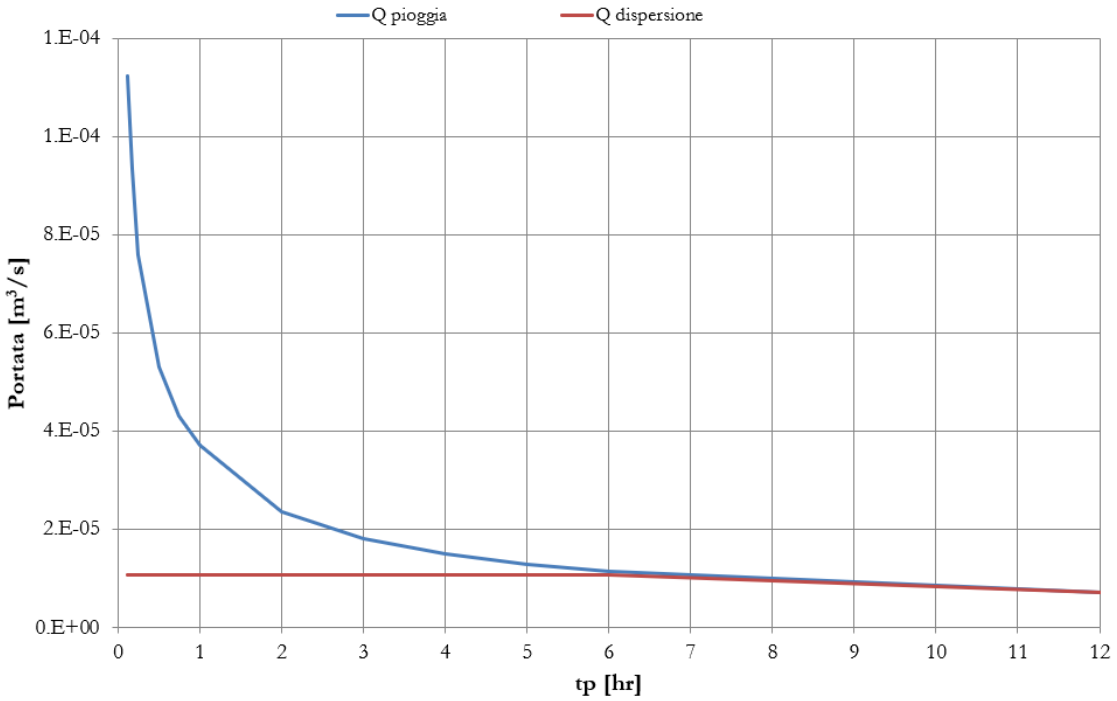


Figura 8.2 Portata massima in ingresso e dispersa su una superficie unitaria di terreno al variare del tempo di pioggia.

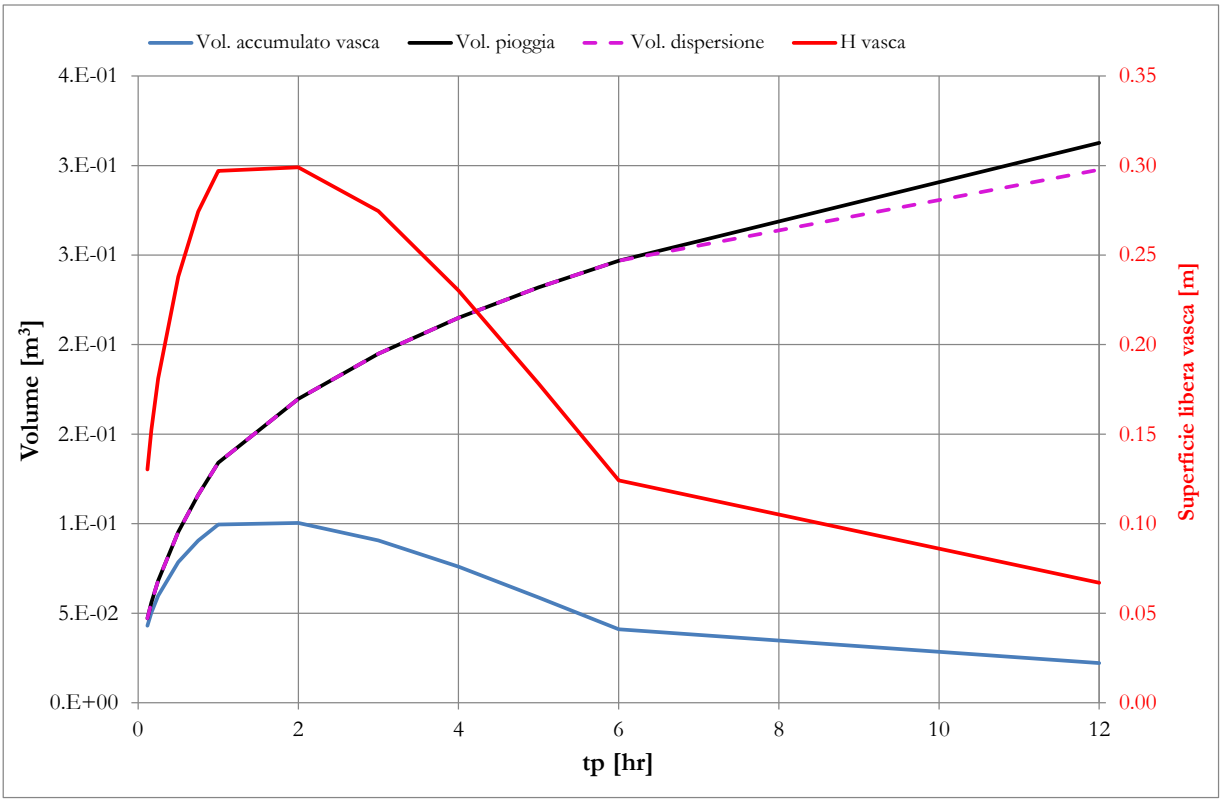


Figura 8.3 Volume massimo in ingresso e disperso, livello idrico nel supercompattato su una superficie unitaria di terreno al variare del tempo di pioggia.

8.2 Binario merci pericolose (Binario VII)

8.2.1 Descrizione dell'opera

Come accennato in precedenza, questo binario, differentemente da tutti gli altri che sono drenanti, prevede la realizzazione di una stratigrafia realizzata con sub-ballast impermeabile che consenta la raccolta delle acque ai fini di preservare il terreno e l'acquifero dal potenziale inquinamento in caso di sversamento di sostanze pericolose.

Per garantire l'immediato smaltimento delle stesse dalla pavimentazione ferroviaria, è stata assegnata allo strato impermeabile (sub-ballast) pavimentazione di tale binario una pendenza trasversale del 3.0 %. Le acque scolanti confluiscono in una canaletta di c.a. di larghezza 50 cm e profondità minima 50 cm.

Le acque meteoriche o le sostanze pericolose che ricadono sul sub-ballast vengono convogliate in una canaletta in cls che scorre longitudinalmente al tracciato della sede ferroviaria.

La canaletta, data la ridotta distanza tra binario e viabilità NV51 ed NV52 in alcuni punti, dovrà avere larghezza interna pari a 0,50 m e profondità variabile, in base all'area sottesa, tra 0,50 e 1,00 m.

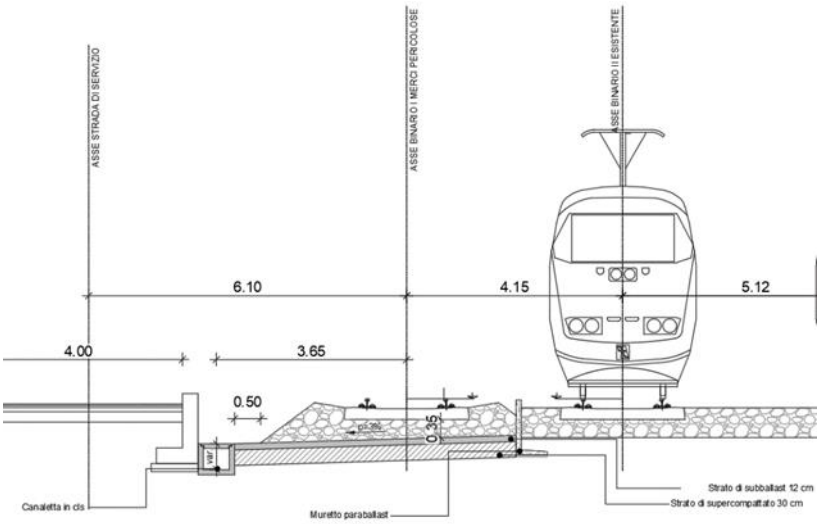


Figura 8.4 Sezione tipo di esempio binario merci pericolose con impermeabilizzazione e recupero acque pericolose tramite canaletta in cls

Le acque così raccolte vengono inviate al recapito finale, rappresentato, nel caso di acque pericolose, dalla vasca di raccolta dei liquidi pericolosi, mentre nel caso di acque meteoriche nel rio Madonnette previa laminazione nell'apposita vasca.

A monte delle suddette vasche è presente un pozzetto partitore dotato di sonda di controllo della qualità delle acque; se infatti vengono rilevate sostante pericolose l'acqua viene deviata e invasata in una vasca di cattura. I liquidi accumulati verranno smaltiti come rifiuti liquidi pericolosi tramite autospurgo. Un maggior dettaglio del sistema antisversamento è riportato nel par. 8.2.3.1.

La sonda multiparametrica della vasca liquidi pericolosi dovrà monitorare i seguenti parametri: PH, presenza idrocarburi, livello idrico della vasca.

Di seguito si espongono le modalità di smaltimento delle acque meteoriche.

8.2.2 Modellazione idraulica canaletta in cls

Le grandezze fisiche necessarie all'implementazione del modello numerico sono:

- la geometria dell'alveo;
- parametri idraulici (resistenza al moto);
- le condizioni al contorno di monte, di valle e nelle eventuali sezioni intermedie di controllo.

8.2.2.1 Geometria

Lungo il binario merci pericolose è previstala raccolta dei fluidi mediante una canaletta di froma rettangolare su due tratti di forma rettangolare, uno lungo circa 513 metri proveniente da ponente e

l'altro lungo circa 317 metri proveniente da levante. Entrambi presentano una pendenza del fondo dello 0.1%, larghezza di 50 cm e profondità variabile.

I due tratti convogliano i fluidi all'interno dapprima in un pozzetto di raccolta e poi nel pozzetto di by-pass per poi defluire verso la vasca di laminazione VL3; in caso di liquidi pericolosi il fluido viene sversato nella vasca liquidi pericolosi.

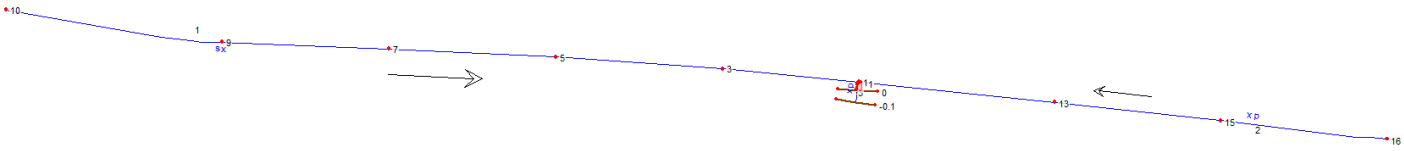


Figura 8.5 Schema planimetrico del sistema di raccolta del binario merci pericolose.

Di seguito si riportano i dati geometrici delle sezioni delle canalette di levante, di ponente, dei pozzetti e del tubo sopra citato, dove:

River Sta = N° sezione del corso d'acqua; Cum Ch Len=distanza progressiva delle sezioni; Length Chnl= distanza relativa tra le sezioni; Min Ch El= quota minima della sezione; LOB Elev= quota della sponda in sinistra idrografica; ROB Elev= quota della sponda in destra idrografica.

River Sta [num]	Cum Ch Len [m]	Length Chnl [m]	Min Ch El [m s.l.m.]	LOB Elev [m s.l.m.]	ROB Elev [m s.l.m.]
10	513.22	131	3.96	4.46	4.46
9	382.22	0.01	3.83	4.59	4.59
8	382.21	100	3.83	4.59	4.59
7	282.21	0.01	3.73	4.49	4.49
6	282.2	99.95	3.73	4.49	4.49
5	182.25	0.01	3.63	4.37	4.37
4	182.24	99.96	3.63	4.37	4.37
3	82.28	0.01	3.53	4.25	4.25
2	82.27	82.27	3.53	4.25	4.25
1		0	3.45	4.15	4.15

Tabella 8.4: Caratteristiche geometriche del tratto di ponente in esame.

River Sta [num]	Cum Ch Len [m]	Length Chnl [m]	Min Ch El [m s.l.m.]	LOB Elev [m s.l.m.]	ROB Elev [m s.l.m.]
16	317.61	100.16	3.77	4.27	4.27
15	217.45	0.01	3.67	4.27	4.27
14	217.44	100	3.67	4.27	4.27
13	117.44	0.01	3.57	4.15	4.15
12	117.43	117.43	3.57	4.15	4.15
11		0	3.45	4.15	4.15

Tabella 8.5: Caratteristiche geometriche del tratto di levante in esame.

River Sta [num]	Cum Ch Len [m]	Length Chnl [m]	Min Ch El [m s.l.m.]	LOB Elev [m s.l.m.]	ROB Elev [m s.l.m.]
0.9	10.69	0.57	3.33	4.75	4.75
0.85000*	10.11	0.57	3.33	4.75	4.75
0.8	9.54	0.01	3.33	4.75	4.75
0.7	9.53	0.01	3.33	4.75	4.75
0.65	Bridge				
0.6	9.33	0.01	3.33	4.75	4.75
0.5	9.32	1.5	2.93	4.75	4.75
0.4	7.82	0.01	2.93	4.75	4.75
0.3	7.81	1.5	2.93	4.75	4.75
0.2	Culvert				
0.1	6.31	0.01	2.93	4.75	4.75
0	6.3	6.3	0.35	3.95	3.95
-0.1			0.35	3.95	3.95

Tabella 8.6: Caratteristiche geometriche del pozzetto e del tubo in esame.

8.2.2.2 Condizioni al contorno

Nel caso in esame viene posta la condizione di moto localmente uniforme sia nella sezione iniziale del tratto di ponente e di levante (pendenza del fondo pari a 0.1%) sia in quella terminale del tratto da simulare.

La simulazione a moto permanente viene eseguita imponendo nelle varie sezioni una portata differente corrispondenti ad un evento con tempo di ritorno 100 anni. Nella seguente tabella sono riportati i volumi di acqua (in m3/s) che fluiscono in ogni tratto per i differenti tempi di pioggia.

tratto	RS	Tp			
		5	10	15	20
levante	16	0.05	0.038	0.031	0.026
	15	0.082	0.074	0.061	0.053
	13	0.089	0.103	0.091	0.079
	0.9	0.169	0.224	0.244	0.224
pozzetto-vasca	0.85000*	0.2114	0.2881	0.3193	0.3108
ponente	10	0.073	0.056	0.046	0.04
	9	0.095	0.092	0.076	0.066
	7	0.104	0.119	0.106	0.093
	5	0.1057	0.1266	0.1334	0.1186
	3	0.1061	0.1283	0.1526	0.1441

Tabella 8.7: portata liquida nelle diverse sezioni della canaletta al variare del tempo di pioggia Tp.

8.2.2.3 Parametri idraulici

La resistenza al moto della sezione viene espressa attraverso il coefficiente di scabrezza di Manning n. La scelta dei valori del parametro è stata fatta sulla base delle indicazioni riportate nella letteratura scientifica e nel manuale di Hec-Ras.

In particolare, si è assegnato un valore di 0.015 $m^{-1/3}\cdot s$ (ks=65 $m^{1/3}\cdot s^{-1}$), per le canaline di Levante e Ponente e per i pozzetti, mentre per il tratto di tubazione ECOPAL un valore di 0.0125 $m^{-1/3}\cdot s$ (ks=80 $m^{1/3}\cdot s^{-1}$).

8.2.2.4 Risultati della modellazione

Il tratto oggetto dell'analisi è stato implementato in un unico modello matematico, inserendo la geometria delle sezioni di progetto.

Nella Figura 8.6, Figura 8.7 e Figura 8.8 viene mostrato il profilo del campo di moto ottenuto dalla simulazione con il codice Hec-Ras, mentre nella Tabella 8.8, Tabella 8.9 e Tabella 8.10 sono riportati i risultati della simulazione sviluppata.

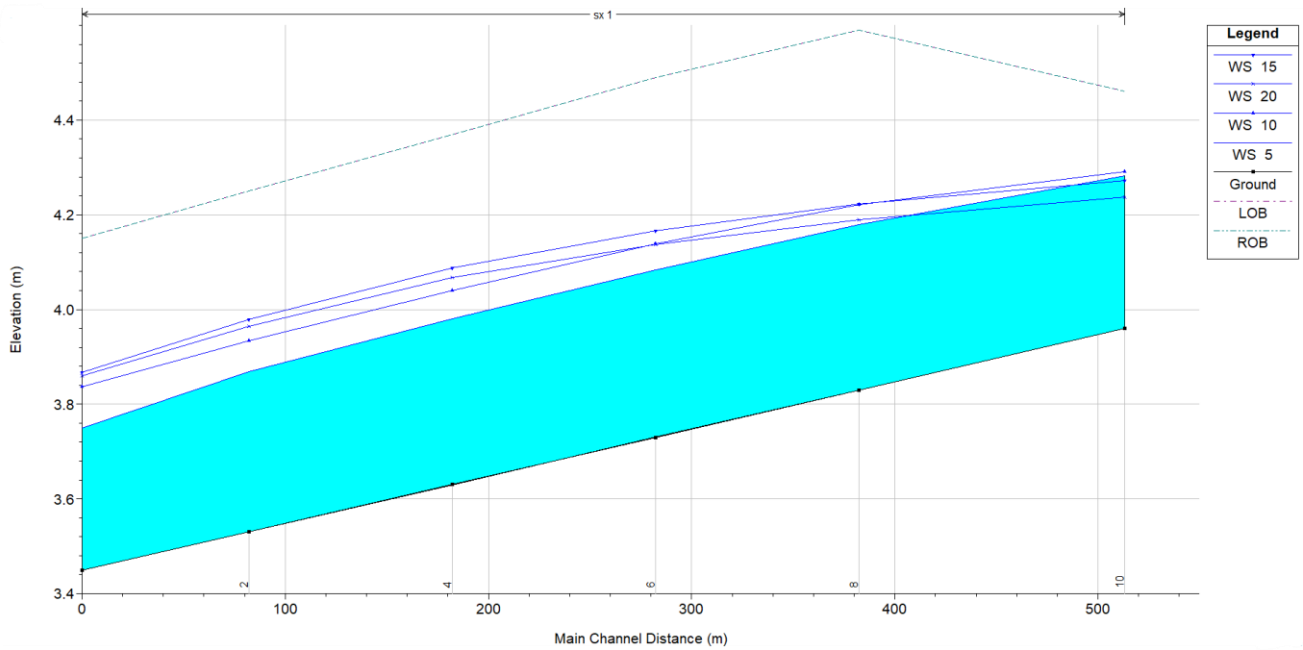


Figura 8.6: Andamento del pelo libero e profilo arginale nel tratto in esame di ponente.

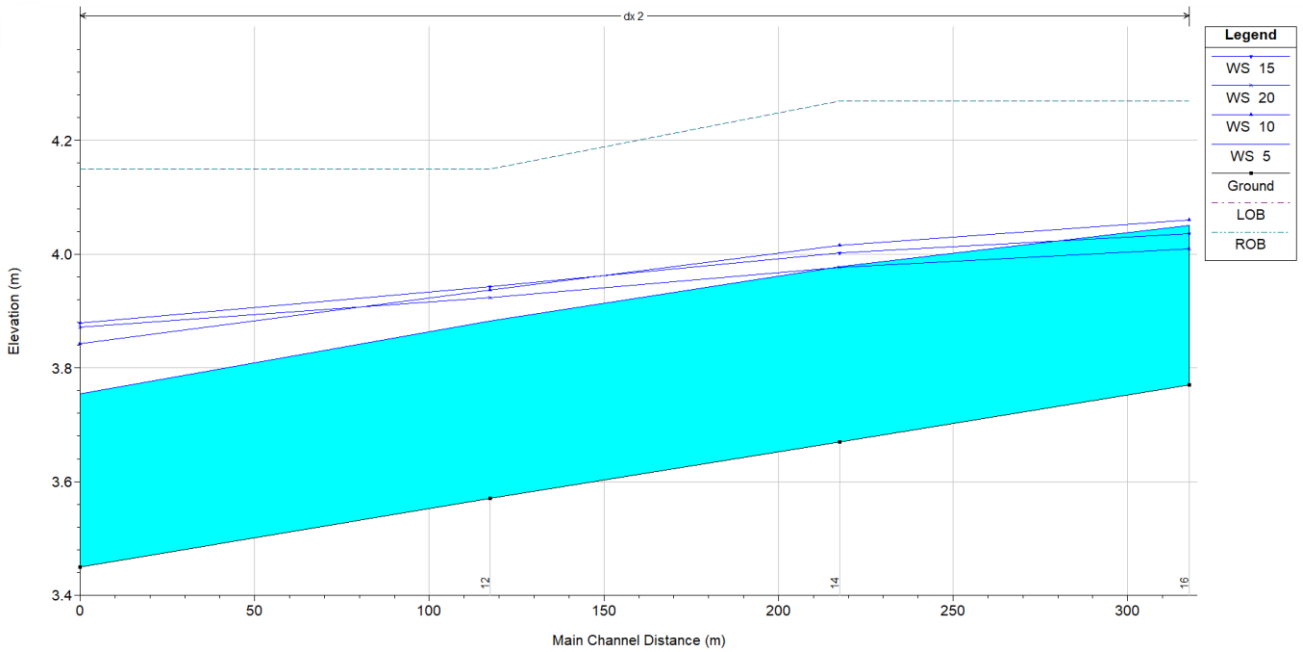


Figura 8.7: Andamento del pelo libero e profilo arginale nel tratto in esame di levante.

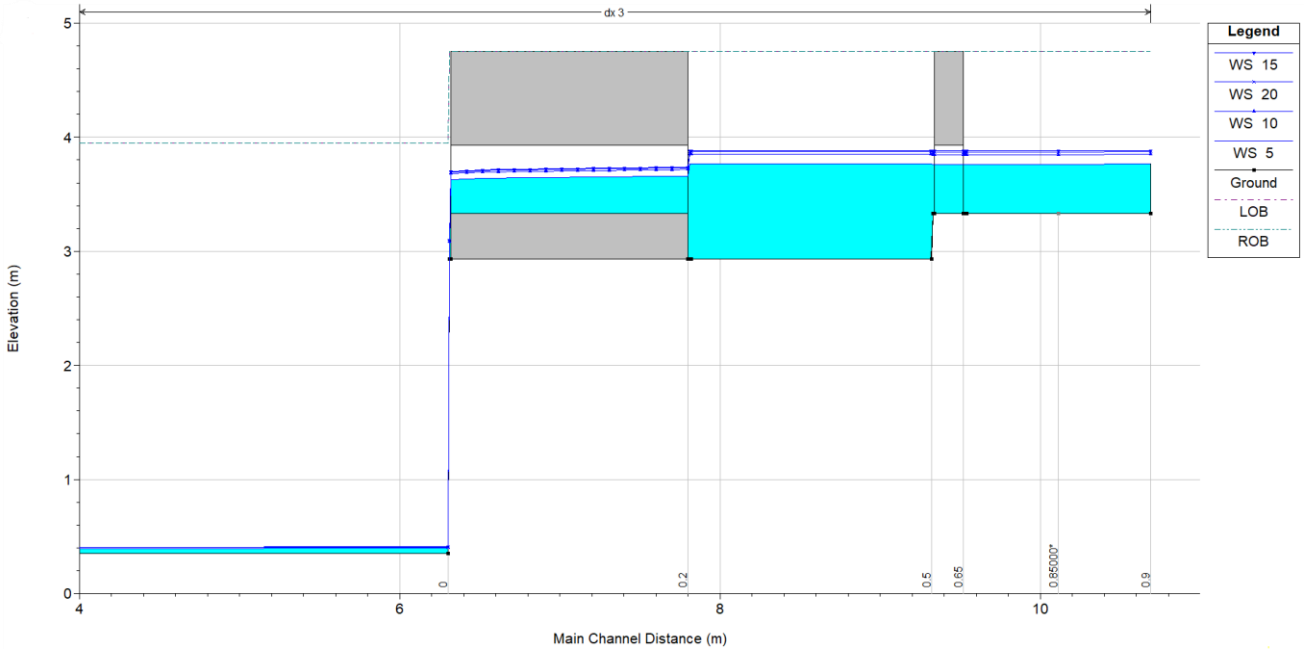


Figura 8.8: Andamento del pelo libero e profilo arginale nel tratto in esame dei pozzetti e del tubo ECOPAL.

LEGENDA:

WS X = quota della superficie libera per la portata in alveo ai diverti tempi di pioggia

Ground = quota del fondo

LOB = quota della sponda sinistra

ROB = quota della sponda destra

River Sta	Tp	Q total	Cum Ch Len	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude	GDR
		[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]		[%]
10	5	0.07	513.22	3.96	4.28	0.000633	0.45	0.26	64.00
10	10	0.06	513.22	3.96	4.29	0.000348	0.34	0.19	66.00
10	15	0.05	513.22	3.96	4.27	0.000271	0.29	0.17	62.00
10	20	0.04	513.22	3.96	4.24	0.00028	0.29	0.17	56.00
9	5	0.09	382.22	3.83	4.18	0.000869	0.54	0.29	46.05
9	10	0.09	382.22	3.83	4.22	0.000612	0.47	0.24	51.32
9	15	0.08	382.22	3.83	4.22	0.000412	0.39	0.2	51.32
9	20	0.07	382.22	3.83	4.19	0.000389	0.37	0.2	47.37
8	5	0.09	382.21	3.83	4.18	0.000869	0.54	0.29	46.05
8	10	0.09	382.21	3.83	4.22	0.000612	0.47	0.24	51.32
8	15	0.08	382.21	3.83	4.22	0.000412	0.39	0.2	51.32
8	20	0.07	382.21	3.83	4.19	0.000389	0.37	0.2	47.37
7	5	0.1	282.21	3.73	4.08	0.001006	0.59	0.32	46.05
7	10	0.12	282.21	3.73	4.14	0.000914	0.58	0.29	53.95
7	15	0.11	282.21	3.73	4.17	0.000616	0.49	0.23	57.89
7	20	0.09	282.21	3.73	4.14	0.000563	0.46	0.23	53.95
6	5	0.1	282.2	3.73	4.08	0.001006	0.59	0.32	46.05
6	10	0.12	282.2	3.73	4.14	0.000915	0.58	0.29	53.95

6	15	0.11	282.2	3.73	4.17	0.000616	0.49	0.23	57.89
6	20	0.09	282.2	3.73	4.14	0.000563	0.46	0.23	53.95
5	5	0.11	182.25	3.63	3.98	0.001066	0.6	0.33	47.30
5	10	0.13	182.25	3.63	4.04	0.001022	0.62	0.31	55.41
5	15	0.13	182.25	3.63	4.09	0.000867	0.58	0.28	62.16
5	20	0.12	182.25	3.63	4.07	0.000766	0.54	0.26	59.46
4	5	0.11	182.24	3.63	3.98	0.001066	0.6	0.33	47.30
4	10	0.13	182.24	3.63	4.04	0.001022	0.62	0.31	55.41
4	15	0.13	182.24	3.63	4.09	0.000867	0.58	0.28	62.16
4	20	0.12	182.24	3.63	4.07	0.000767	0.54	0.26	59.46
3	5	0.11	82.28	3.53	3.87	0.001171	0.63	0.34	47.22
3	10	0.13	82.28	3.53	3.93	0.001091	0.63	0.32	55.56
3	15	0.15	82.28	3.53	3.98	0.001188	0.68	0.32	62.50
3	20	0.14	82.28	3.53	3.97	0.001146	0.66	0.32	61.11
2	5	0.11	82.27	3.53	3.87	0.001171	0.63	0.34	47.22
2	10	0.13	82.27	3.53	3.93	0.001091	0.63	0.32	55.56
2	15	0.15	82.27	3.53	3.98	0.001188	0.68	0.32	62.50
2	20	0.14	82.27	3.53	3.97	0.001146	0.66	0.32	61.11
1	5	0.11		3.45	3.75	0.001616	0.71	0.41	42.86
1	10	0.13		3.45	3.84	0.001221	0.66	0.34	55.71
1	15	0.15		3.45	3.87	0.001434	0.73	0.36	60.00
1	20	0.14		3.45	3.86	0.001336	0.7	0.35	58.57

Tabella 8.8: Grandezze idrodinamiche del tratto in esame di ponente per la modellazione con portata TR100anni.

River Sta	Tp	Q total	Cum Ch Len	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude	GDR
		[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]		[%]
16	5	0.05	317.61	3.77	4.05	0.000423	0.36	0.21	56.00
16	10	0.04	317.61	3.77	4.06	0.000224	0.26	0.16	58.00
16	15	0.03	317.61	3.77	4.04	0.000187	0.23	0.14	54.00
16	20	0.03	317.61	3.77	4.01	0.000175	0.22	0.14	48.00
15	5	0.08	217.45	3.67	3.98	0.000893	0.53	0.31	51.67
15	10	0.07	217.45	3.67	4.02	0.000543	0.43	0.23	58.33
15	15	0.06	217.45	3.67	4	0.000409	0.37	0.2	55.00
15	20	0.05	217.45	3.67	3.98	0.000378	0.35	0.2	51.67
14	5	0.08	217.44	3.67	3.98	0.000893	0.53	0.31	51.67
14	10	0.07	217.44	3.67	4.02	0.000543	0.43	0.23	58.33
14	15	0.06	217.44	3.67	4	0.000409	0.37	0.2	55.00
14	20	0.05	217.44	3.67	3.98	0.000378	0.35	0.2	51.67
13	5	0.09	117.44	3.57	3.88	0.00102	0.57	0.33	53.45
13	10	0.1	117.44	3.57	3.94	0.0009	0.56	0.3	63.79
13	15	0.09	117.44	3.57	3.94	0.000674	0.49	0.26	63.79
13	20	0.08	117.44	3.57	3.92	0.000581	0.45	0.24	60.34
12	5	0.09	117.43	3.57	3.88	0.00102	0.57	0.33	53.45
12	10	0.1	117.43	3.57	3.94	0.0009	0.56	0.3	63.79

12	15	0.09	117.43	3.57	3.94	0.000674	0.49	0.26	63.79
12	20	0.08	117.43	3.57	3.92	0.000581	0.45	0.24	60.34
11	5	0.09		3.45	3.75	0.001084	0.58	0.34	42.86
11	10	0.1		3.45	3.84	0.000758	0.52	0.27	55.71
11	15	0.09		3.45	3.88	0.000473	0.42	0.21	61.43
11	20	0.08		3.45	3.87	0.000372	0.37	0.18	60.00

Tabella 8.9: Grandezze idrodinamiche del tratto in esame di levante per la modellazione con portata TR100anni.

River Sta	Tp	Q total	Cum Ch Len	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude	GDR
		[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]		[%]
0.9	5	0.17	10.69	3.33	3.76	0.000085	0.26	0.13	30.28
0.9	10	0.22	10.69	3.33	3.85	0.00009	0.29	0.13	36.62
0.9	15	0.24	10.69	3.33	3.88	0.00009	0.29	0.13	38.73
0.9	20	0.22	10.69	3.33	3.87	0.000079	0.27	0.12	38.03
0.85000*	5	0.21	10.11	3.33	3.76	0.000134	0.33	0.16	30.28
0.85000*	10	0.29	10.11	3.33	3.85	0.000151	0.37	0.17	36.62
0.85000*	15	0.32	10.11	3.33	3.88	0.000157	0.39	0.17	38.73
0.85000*	20	0.31	10.11	3.33	3.87	0.000155	0.38	0.17	38.03
0.8	5	0.21	9.54	3.33	3.76	0.000134	0.33	0.16	30.28
0.8	10	0.29	9.54	3.33	3.85	0.000151	0.37	0.17	36.62
0.8	15	0.32	9.54	3.33	3.88	0.000157	0.39	0.17	38.73
0.8	20	0.31	9.54	3.33	3.87	0.000155	0.38	0.17	38.03
0.7	5	0.21	9.53	3.33	3.76	0.000134	0.33	0.16	30.28
0.7	10	0.29	9.53	3.33	3.85	0.000151	0.37	0.17	36.62
0.7	15	0.32	9.53	3.33	3.88	0.000157	0.39	0.17	38.73
0.7	20	0.31	9.53	3.33	3.87	0.000155	0.38	0.17	38.03
0.65		Bridge							
0.6	5	0.21	9.33	3.33	3.76	0.000135	0.33	0.16	30.28
0.6	10	0.29	9.33	3.33	3.85	0.000151	0.37	0.17	36.62
0.6	15	0.32	9.33	3.33	3.88	0.000157	0.39	0.17	38.73
0.6	20	0.31	9.33	3.33	3.87	0.000155	0.38	0.17	38.03
0.5	5	0.21	9.32	2.93	3.77	0.000022	0.17	0.06	46.15
0.5	10	0.29	9.32	2.93	3.85	0.000032	0.21	0.07	50.55
0.5	15	0.32	9.32	2.93	3.88	0.000036	0.22	0.07	52.20
0.5	20	0.31	9.32	2.93	3.88	0.000035	0.22	0.07	52.20
0.4	5	0.21	7.82	2.93	3.77	0.000022	0.17	0.06	46.15
0.4	10	0.29	7.82	2.93	3.85	0.000032	0.21	0.07	50.55
0.4	15	0.32	7.82	2.93	3.88	0.000036	0.22	0.07	52.20
0.4	20	0.31	7.82	2.93	3.87	0.000035	0.22	0.07	51.65
0.3	5	0.21	7.81	2.93	3.77	0.000022	0.17	0.06	46.15
0.3	10	0.29	7.81	2.93	3.85	0.000032	0.21	0.07	50.55
0.3	15	0.32	7.81	2.93	3.88	0.000036	0.22	0.07	52.20
0.3	20	0.31	7.81	2.93	3.87	0.000035	0.22	0.07	51.65
0.2		Culvert							
0.1	5	0.21	6.31	2.93	3.06	0.005439	1.12	1	7.14
0.1	10	0.29	6.31	2.93	3.08	0.005574	1.26	1.03	8.24
0.1	15	0.32	6.31	2.93	3.1	0.005222	1.28	1	9.34
0.1	20	0.31	6.31	2.93	3.09	0.005257	1.27	1	8.79

0	5	0.21	6.3	0.35	0.4	0.000619	0.22	0.32	1.39
0	10	0.29	6.3	0.35	0.4	0.000678	0.25	0.34	1.39
0	15	0.32	6.3	0.35	0.41	0.00069	0.26	0.35	1.67
0	20	0.31	6.3	0.35	0.41	0.000687	0.26	0.35	1.67

Tabella 8.10: Grandezze idrodinamiche del tratto in esame di levante per la modellazione con portata TR100anni.

LEGENDA:

River Sta = N°sezione del corso d'acqua

Tp = Tempo di pioggia

Q total = portata transitante nella sezione

Cum Ch Len = distanza progressiva della sezione misurata a partire dalla sez. terminale

Min Ch Elev = quota del fondo alveo

WS Elev = quota della superficie libera s.l.m.

EG Slope = pendenza della linea dell'energia

Vel Chnl = velocità nel canale

Froude = numero di Froude della corrente

GDR = grado di riempimento

La modellazione 1D mostra che le canalette sono in grado di smaltire l'acqua con tempo di ritorno 100 anni.

Per quanto concerne il Manuale di Progettazione RFI, viene richiesto che la sezione di deflusso sia in grado di smaltire la portata con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale. Come visibile dalle tabelle sopra riportate il franco idraulico (GDR) è sempre rispettato.

8.2.3 Verifiche idrauliche

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici è stato considerato un tempo di ritorno di 100 anni.

8.2.3.1 Sistema antisversamento binario merci pericolose

I binari merci pericolose per definizione sono dotati di sistemi atti a far fronte ad un possibile incendio o sversamento accidentale; è quindi necessario che il sistema di smaltimento delle acque consideri anche tale aspetto e sia dimensionato con criteri differenti rispetto alle condizioni standard.

Il sistema anti-sversamento è composto da una vasca di cattura per l'immagazzinamento dei liquidi pericolosi, il cui riempimento verrà attivato tramite un pozzetto partitore posizionato al termine della rete di drenaggio, immediatamente a monte della vasca.

Il pozzetto ripartitore sarà dotato di una paratoia meccanizzata ed automatica collegata ad un sistema di controllo basato sulla rilevazione della qualità delle acque di scarico. La rilevazione avviene mediante un sensore installato all'interno del pozzetto stesso.

In condizioni ordinarie il pozzetto indirizzerà gli scarichi meteorici verso la vasca di laminazione il e, in seguito, nel ricettore finale; in tali condizioni l'accesso alla vasca di cattura sarà chiuso da una paratoia. In occasione del rilevamento delle sostanze inquinanti sarà aperta la paratoia che permette l'immissione dei liquidi pericolosi nella vasca di cattura, che trovandosi ad una quota inferiore rispetto alla tubazione della vasca di laminazione, richiamerà il flusso verso la vasca di cattura.

Al termine del riempimento della vasca di cattura la paratoia tornerà nella posizione ordinaria.

Le tubazioni che arrivano alla vasca di raccolta acque pericolose sono in materiale plastico (PVC). La scelta di un materiale plastico deriva da vari fattori: minor numero di giunti e di conseguenza minori possibili perdite nel sottosuolo di materiale contaminante; miglior adattabilità sia con il sistema di sonda multi - parametrica sia con le valvole automatiche di chiusura; valore di scabrezza Ks molto più alto delle tubazioni in CLS e per tale motivo minor possibilità di deposito materiale.

Lo schema tipo che consente il doppio funzionamento è di seguito rappresentato:

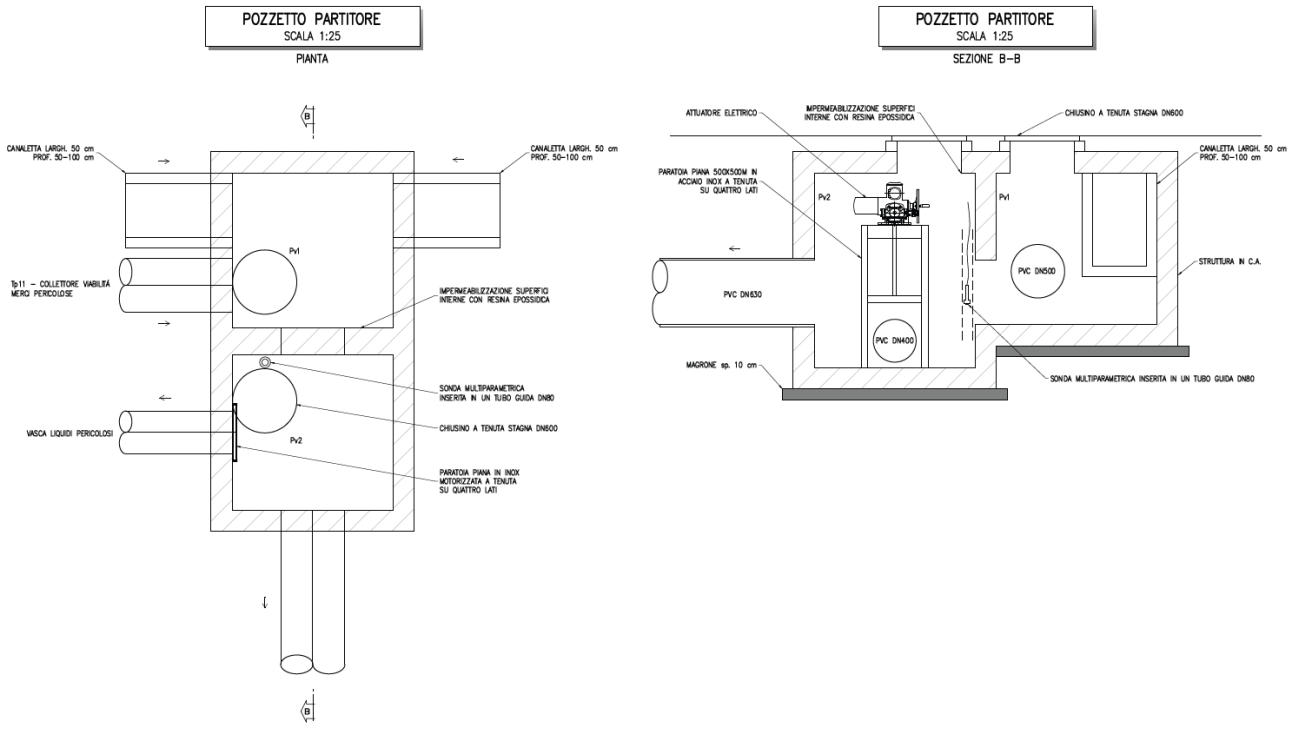


Figura 8.9 Schema di funzionamento pozzetto con sonda

Le cisterne trasportate dai treni hanno capacità ciascuna tra 80 m^3 e 100 m^3. A fini cautelativi è stata assunta una capacità della cisterna pari a 100 m^3.

Oltre a tale volume, la vasca deve accogliere anche le acque derivanti dall'eventuale accensione del sistema antincendio. Si considera quindi il volume corrispondente all'attivazione di 2 idranti per la durata di 120 minuti. Considerando la tipologia di idranti UNI70, la cui portata è di 300 l/min (in riferimento alla norma UNI 10779), si ha un volume di circa 80 m^3.

Tenuto conto il caso più sfavorevole in cui avvenga sia lo sversamento della cisterna, sia l'accensione dell'impianto antincendio, si ottiene un volume utile di 180 m^3.

La vasca al proprio interno dovrà avere una impermeabilizzazione con resina epossidica bicomponente e per la ventilazione si dovrà prevedere una tubazione di ventilazione DN150 in acciaio zincato. Allo stesso modo anche il pozzetto partitore dovrà essere impermeabilizzato.

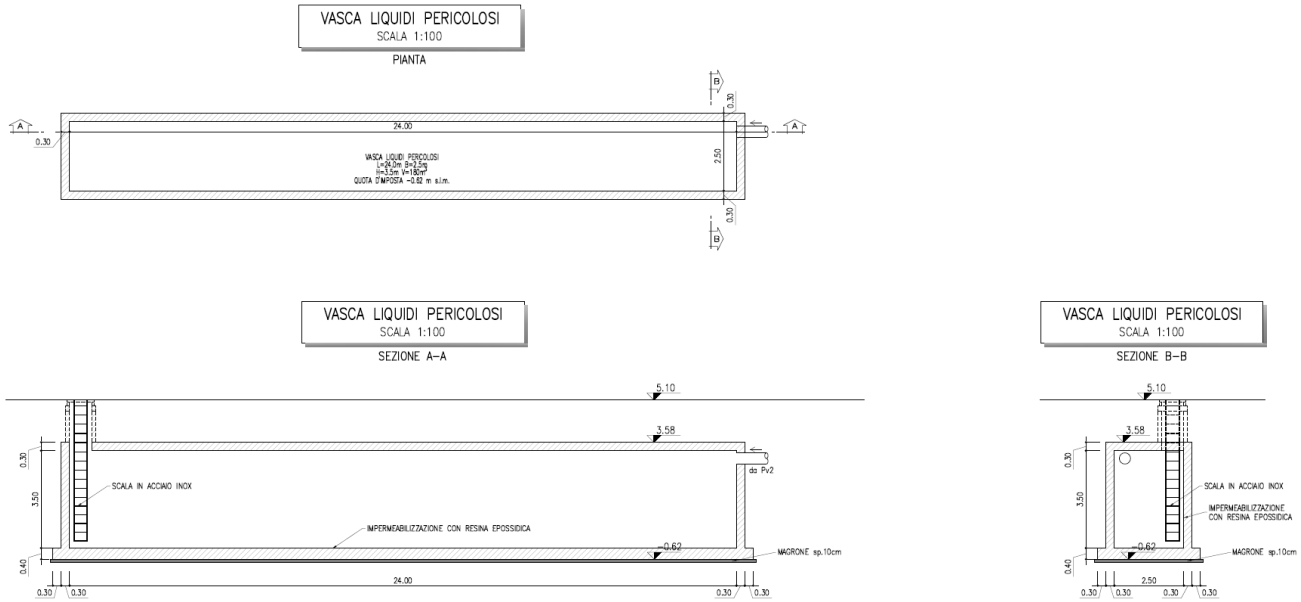


Figura 8.10 Vasca di cattura liquidi pericolosi

8.2.3.2 Vasche di laminazione

Per quanto riguarda il dimensionamento della vasca di laminazione VL3, si rimanda al cap. 10 inerente il rispetto del principio di invarianza idraulica.

9 PIATTAFORMA STRADALE

Il progetto prevede i seguenti interventi viabilistici:

- NV51A e NV51C - Adeguamento della viabilità portuale esistente;
- NV51B – Nuova rotatoria con diametro pari a 25 m;
- NV52 – Strada a servizio del binario merci pericolose (binario VII FM), inquadrata normativamente come “a destinazione particolare” in accordo con il DM2001;

Per l'intercettazione dei flussi d'acqua ricadenti sulla piattaforma stradale ed assicurare il loro recapito nella rete idrografica già presente, si adottano generalmente le soluzioni e le opere idrauliche elencate al capitolo 6.3.

Lo smaltimento idraulico della nuova viabilità portuale (NV51) e della nuova viabilità a servizio del binario merci pericolose (NV52) sarà effettuato tramite condotte e pozzetti di raccolta, presidiati da caditoie a griglia o a bocca di lupo.

Di seguito la suddivisione dei sistemi di smaltimento idraulico per ogni viabilità di progetto.

9.1 Viabilità portuale NV51

9.1.1 Descrizione dell’opera

Procedendo da ponente verso levante, il tratto in esame (NV51A) inizia in corrispondenza dei Campi Sportivi San Carlo, per poi continuare in Via Don Giovanni Verità e proseguire in Via al Bacino Portuale di Prà (che termina in una rotatoria, che a sua volta verrà adeguata - NV51B), sottopassando lo svincolo autostradale in fase di modifica ad opera di altro appalto.

Proseguendo dal tratto precedentemente descritto (NV51A), l’adeguamento della viabilità esistente (NV51C) interessa la rotatoria esistente (NV51B) e prosegue in Via dei Canottieri fino al termine della stessa, presso i binari che collegano con il porto.

Dal punto di vista altimetrico, la strada in oggetto ricalca quasi integralmente il sedime esistente fatta eccezione per il sito di stoccaggio di materiale inquinato dove ci si è mantenuti ad una quota superiore. Dal punto di vista planimetrico invece, si è cercato il più possibile di mantenere il tracciato esistente attuando modifiche significative solo laddove il progetto ferroviario prima e la realizzazione dei nuovi svincoli stradali poi lo rendessero necessario, al fine di sottrarre la minor porzione possibile di suolo alle attività gravitanti intorno al porto.

La presa d’atto della presenza di sostanze pericolose ha necessariamente imposto la revisione della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche nel tratto interessato, spostando la condotta di linea lungo la NV52 per circa 200 m, mentre per la raccolta dell’acqua, non potendosi realizzare pozzetti di raccolta e ispezione, ci si è avvalsi di canalette prefabbricate in cls 50x40cm, collocate al di sotto del marciapiede. Di seguito si espongono le verifiche idrauliche degli elementi dello smaltimento idraulico.

9.1.2 Verifiche idrauliche

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici è stato considerato un tempo di ritorno di 100 anni.

9.1.2.1 Caditoie a griglia ed a bocca di lupo

Le acque meteoriche che ricadono nel bacino di captazione della viabilità in oggetto vengono intercettate da caditoie a bocca di lupo, poste sui due lati della stessa ad un'interdistanza di 15 m l'una dall'altra.

La massima superficie scolante afferente ad una caditoia è di 140 mq e, considerando un coefficiente udometrico di 1038 l/(s ha), da origine ad una portata di circa 14.5 l/s; una griglia non addossata al cordolo/marciapiede, con un carico idraulico di 3,5 cm, è in grado di captare una portata di circa 20 l/s.

9.1.2.2 Canaletta di raccolta

Le acque meteoriche che ricadono nel tratto di strada posto sul sedime della bonifica vengono captate da una canaletta prefabbricata in cls di dimensione 50x40 cm, posto al di sotto del marciapiede. Il recapito delle acque dalla strada verso la canaletta avviene mediante fori di dimensione 150x65 mm, praticati al piede delle cordonate.

La canaletta è dimensionata tenendo conto della situazione più gravosa, ossia S2 con pendenza dello 0.5%, un'area sottesa di 888 m^2 che, considerando un coefficiente un coefficiente udometrico di 1085 l/(s ha), da origine ad una portata di circa 96.4 l/s. Con un carico idraulico di 20cm la canaletta è in grado di smaltire una portata di 98.1 l/s.

9.1.2.3 Collettori di smaltimento

Per distinguere i vari tratti di tubazioni all'interno dell'intervento della viabilità NV51, essi sono stati suddivisi e denominati in base alla zona servita. Di seguito sono riportati gli acronimi e la loro spiegazione:

- TD = Tratto NV01A, riguardante la parte di viabilità che va da ovest fino a circa 130m ad est dell'attraversamento del rio San Giuliano;
- TE = Tratto NV01A, NV01B, NV01C, riguardante la parte di viabilità che va da circa 130m ad est dell'attraversamento del rio San Giuliano fino a circa 85m ad ovest dell'attraversamento del rio Madonnette;
- TF = Tratto NV01C, riguardante la parte di viabilità che va da circa 85m ad Ovest dell'attraversamento del rio Madonnette fino alla fine del tratto in analisi ad est;

Nelle tabelle riportate di seguito vengono indicate le seguenti grandezze per ogni elemento idraulico:

- Tratto - denominazione tratto della tubazione;
- DN – diametro nominale della tubazione;
- Lungh – lunghezza del tratto di tubazione;
- Quote strada/terreno (zi/zfin) – quote del piano strada o del terreno, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Quote scorrimento (zi/zfin) – quote di scorrimento della tubazione, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Ricoprimento (zi/zfin) – ricoprimento della tubazione, dall'estradosso superiore della condotta al terreno/strada, distinto tra punto iniziale e finale del tratto;
- if – pendenza longitudinale della tubazione nel tratto;
- Q – portata transitante nella condotta;
- Qamm – portata massima ammessa nella condotta, pari al 50% o 70% del riempimento della stessa in base al diametro;
- R – rapporto tra la portata Q e la portata ammissibile Qamm;

TRATTO	DE [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote posa tubo		Ricoprimento		if [%]	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
TD1	700	81.00	4.44	4.71	2.94	2.86	0.80	1.15	0.10	0.118	0.169	70.06
TD2	700	86.10	4.71	5.40	2.86	2.69	1.15	2.01	0.20	0.175	0.239	73.41
TD3	700	86.60	5.40	5.31	2.69	2.51	2.01	2.10	0.20	0.236	0.239	98.65
TD4	800	86.10	5.31	5.22	2.51	2.34	2.00	2.08	0.20	0.305	0.348	87.45
TD5	800	57.80	5.22	5.16	2.34	2.17	2.08	2.19	0.30	0.324	0.427	76.01
TD6	800	56.70	5.16	5.10	2.17	2.00	2.19	2.30	0.30	0.340	0.427	79.61
TD7	580	30.00	5.07	5.10	3.69	3.54	0.80	0.98	0.50	0.039	0.232	16.82
TD8	800	13.10	5.10	4.90	2.00	1.96	2.30	2.14	0.30	0.364	0.427	85.22
Tout_5	800	46.60	4.90	1.49	1.63	1.49	2.47	-	0.30	0.36	0.43	85.22

TRATTO	DE [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote scorrimento		Ricoprimento		if [%]	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
TE1	580	86.70	4.92	5.36	3.54	3.37	0.80	1.41	0.20	0.142	0.147	96.72
TE2	700	57.70	5.36	6.29	3.37	3.25	1.29	2.34	0.20	0.185	0.239	77.50
TE3	700	8.90	6.29	5.28	3.25	3.23	2.34	1.35	0.20	0.188	0.239	78.50
TE4	800	185.80	5.28	5.06	3.23	3.05	1.25	1.21	0.10	0.188	0.246	76.30
TE5	800	12.40	5.06	6.20	3.05	3.04	1.21	2.36	0.10	0.188	0.246	76.30
TE6	400	39.80	6.19	6.20	4.97	4.01	0.82	1.79	2.40	0.112	0.112	99.68
TE7	400	8.60	6.08	6.18	4.86	4.67	0.82	1.11	2.20	0.105	0.107	97.94
TE8	400	35.50	6.18	6.18	4.96	4.46	0.82	1.32	1.40	0.085	0.086	98.90
TE9	500	23.50	6.18	6.20	4.46	3.94	1.22	1.76	2.20	0.190	0.191	99.37
TE10	800	54.00	6.20	4.95	3.04	2.91	2.36	1.24	0.24	0.357	0.382	93.45
TE11	800	28.60	4.95	4.64	2.91	2.84	1.24	1.00	0.24	0.370	0.386	95.84
TE12	500	71.80	4.67	4.64	3.36	2.86	0.81	1.28	0.70	0.097	0.111	88.14
TE13	800	7.30	4.64	4.62	2.84	2.82	1.00	1.00	0.30	0.407	0.443	91.96
Tout_6	800	67.00	4.62	5.00	2.47	2.27	1.22	1.80	0.30	0.407	0.443	91.96

TRATTO	DE [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote posa tubo		Ricoprimento		if [%]	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
TD10	580	72.10	4.93	5.00	3.55	3.19	0.80	1.23	0.50	0.094	0.232	40.24
TD11	580	48.70	5.00	5.06	3.19	2.95	1.23	1.53	0.50	0.150	0.232	64.39

TRATTO	DE [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote posa tubo		Ricoprimento		if [%]	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
TF1	580	86.90	4.91	4.80	3.53	3.10	0.80	1.12	0.50	0.099	0.232	42.79
TF2	580	87.00	4.80	4.76	3.10	2.66	1.12	1.52	0.50	0.193	0.232	83.23
TF3	680	86.80	4.76	4.72	2.66	2.23	1.40	1.79	0.50	0.255	0.378	67.46
TF4	350	9.90	4.72	4.72	3.57	3.52	0.80	0.85	0.50	0.035	0.036	98.82
TF5	680	42.40	4.72	4.71	2.23	2.01	1.79	2.00	0.50	0.308	0.378	81.39
TF6	680	60.50	4.71	4.68	2.01	1.71	2.00	2.27	0.50	0.358	0.378	94.66

Tabella 11: Principali risultati dimensionamento tubazioni NV51.

Viste le dimensioni delle tubazioni in gioco si prevede di posare tubazioni in PEAD corrugato a doppia parete.

9.1.2.4 Vasche di laminazione

Per quanto riguarda il dimensionamento della vasca di laminazione VL5 e VL6, si rimanda al cap. 10 inerente il rispetto del principio di invarianza idraulica.

9.2 Viabilità di servizio NV52 e Centrale idrica antincendio FA54

9.2.1 Descrizione dell'opera

La nuova viabilità a servizio del binario merci pericolose nasce a ponente alla progressiva 0+750 dell'NV51A, punto a partire dal quale lo spostamento ulteriore verso mare della viabilità portuale necessario all'inserimento della NV52 è compatibile con le preesistenze. La viabilità sarà ad uso esclusivo di RFI per consentire l'accesso dei mezzi di soccorso e di manutenzione.

Lo sviluppo totale della strada è di 720 metri e termina a levante con un piazzale per la manovra dei mezzi (situata alla progressiva 0+520 dell'NV51B). L'andamento plano-altimetrico segue perfettamente quello del binario merci pericolose. La viabilità è a senso unico da ponente a levante, per tornare indietro i veicoli potranno utilizzare l'attigua NV51.

All'altezza del viadotto autostradale di accesso al terminal portuale, sul lato sud della viabilità NV52, verrà realizzato la centrale idrica antincendio FA54 e il relativo piazzale.

Di seguito si espongono le verifiche idrauliche degli elementi dello smaltimento idraulico.

9.2.2 Verifiche idrauliche

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici è stato considerato un tempo di ritorno di 100 anni.

9.2.2.1 *Caditoie a griglia ed a bocca di lupo*

Le acque meteoriche che ricadono nel bacino di captazione della viabilità NV52 e sul piazzale della centrale idrica antincendio FA54 vengono intercettate da caditoie a griglia di dimensione 50x50 cm, poste sul lato nord della stessa ad un'interdistanza di 15 m l'una dall'altra.

La massima superficie scolante afferente ad una caditoia è di 154 mq e, considerando un coefficiente udometrico di 1038 l/(s ha), da origine ad una portata di circa 16 l/s; una griglia non addossata al cordolo/marciapiede, con un carico idraulico di 3,5 cm, è in grado di captare una portata di circa 20 l/s.

9.2.2.2 *Pluviali*

La verifica del funzionamento dei pluviali di raccolta delle acque scolanti sulla copertura della centrale idrica antincendio è stata effettuata, come descritto in precedenza, tramite la formula di Wyly Eaton.

La massima superficie scolante afferente ad un singolo pluviale di progetto è pari a circa 29 m^2; considerando un coefficiente udometrico di 1038 $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$, si ha che un pluviale DN80 può sottendere una superficie massima di 57 m^2, quindi si conferma il corretto dimensionamento degli stessi.

9.2.2.3 *Collettori di smaltimento*

Per distinguere i vari tratti di tubazioni all'interno dell'intervento della viabilità NV52, essi sono stati suddivisi e denominati in base alla zona servita. Di seguito sono riportati gli acronimi e la loro spiegazione:

- TL = Tratto Levante, riguardante la parte di viabilità che va da est fino alla vasca di laminazione VL3;
- Tp = Tratto Ponente, la parte di viabilità che va dalla vasca di laminazione VL3 fino ad ovest;
- Tf = Tratto relativo alla parte est del piazzale antincendio;
- Tg = Tratto relativo alla parte ovest del piazzale antincendio;

Preme evidenziare come anche le acque ricadenti sul piazzale del Fabbricato Centrale Idrica Antincendio FA54 verranno intercettate e smaltite nell'ambito della viabilità NV52, in parte direttamente nel Rio Madonnette ed in parte nella vasca di laminazione VL3.

Nelle tabelle riportate di seguito vengono indicate le seguenti grandezze per ogni elemento idraulico:

- Tratto - denominazione tratto della tubazione;

- DN – diametro nominale della tubazione;
- Lungh – lunghezza del tratto di tubazione;
- Quote strada/terreno (zi/zfin) – quote del piano strada o del terreno, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Quote scorrimento (zi/zfin) – quote di scorrimento della tubazione, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Ricoprimento (zi/zfin) – ricoprimento della tubazione, dall'estradosso superiore della condotta al terreno/strada, distinto tra punto iniziale e finale del tratto;
- if – pendenza longitudinale della tubazione nel tratto;
- Q – portata transitante nella condotta;
- Qamm – portata massima ammessa nella condotta, pari al 50% o 70% del riempimento della stessa in base al diametro;
- R – rapporto tra la portata Q e la portata ammissibile Qamm;

TRATTO	DN [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote scorrimento		Ricoprimento		if (%)	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
TL1	400	29,00	5,34	5,31	4,15	4,08	0,80	0,84	0,24	0,036	0,076	48,25
TL2	400	29,00	5,31	5,28	4,08	4,01	0,84	0,88	0,24	0,063	0,076	82,77
TL3	500	29,00	5,28	5,25	3,92	3,85	0,88	0,92	0,24	0,071	0,137	51,94
TL4	500	29,00	5,25	5,23	3,85	3,82	0,92	0,93	0,09	0,076	0,084	91,03
TL5	500	29,00	5,23	5,21	3,82	3,80	0,93	0,93	0,09	0,083	0,084	99,29
TL6	500	29,00	5,21	5,19	3,80	3,77	0,93	0,94	0,10	0,086	0,089	97,09
TL7	500	29,00	5,19	5,17	3,77	3,74	0,94	0,95	0,10	0,087	0,089	98,50
TL8	500	29,00	5,17	5,15	3,74	3,70	0,95	0,96	0,12	0,091	0,097	94,37
TL9	500	29,00	5,15	5,13	3,70	3,67	0,96	0,98	0,12	0,092	0,097	95,28
TL10	500	22,00	5,13	5,12	3,67	3,64	0,98	0,99	0,12	0,093	0,097	95,47
TL11	500	8,00	5,12	5,11	3,64	3,63	0,99	0,99	0,12	0,093	0,097	95,47

Tabella 12: principali risultati dimensionamento tubazioni NV52 - tratti levante

TRATTO	DN [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote scorrimento		Ricoprimento		if (%)	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
TL12	500	17,00	5,07	5,10	3,00	2,75	1,46	1,74	1,50	0,545	0,635	85,84
TL13	500	22,00	5,10	5,11	2,75	2,42	1,74	2,09	1,50	0,546	0,635	86,04
TL14	500	23,00	5,11	5,11	2,42	2,07	2,09	2,43	1,50	0,547	0,635	86,09

Tabella 13: principali risultati dimensionamento tubazioni NV52 – tratti da VL3 a rio Madonnette

TRATTO	DN [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote scorrimento		Ricoprimento		if (%)	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
Tp1	315	29,00	5,37	5,34	4,27	4,22	0,80	0,82	0,16	0,020	0,033	59,41
Tp2	400	29,00	5,34	5,30	4,14	4,09	0,81	0,82	0,16	0,034	0,062	54,23
Tp3	400	29,00	5,30	5,27	4,09	4,05	0,82	0,83	0,16	0,041	0,062	65,99
Tp4	400	29,00	5,27	5,23	4,05	4,00	0,83	0,84	0,16	0,051	0,062	82,11
Tp5	500	29,00	5,23	5,19	3,90	3,86	0,84	0,86	0,16	0,061	0,113	54,06
Tp6	500	29,00	5,19	5,16	3,86	3,81	0,85	0,86	0,16	0,063	0,113	55,98
Tp7	500	29,00	5,16	5,12	3,81	3,76	0,86	0,88	0,16	0,070	0,113	61,98
Tp8	500	29,00	5,12	5,09	3,76	3,71	0,88	0,89	0,16	0,074	0,113	65,56
Tp9	500	29,00	5,09	5,05	3,71	3,67	0,89	0,90	0,16	0,075	0,113	66,20
Tp10	500	29,00	5,05	5,07	3,67	3,62	0,90	0,96	0,16	0,075	0,113	66,31
Tp11	500	14,00	5,07	5,08	3,62	3,60	0,96	0,99	0,16	0,075	0,113	66,31

Tabella 14: principali risultati dimensionamento tubazioni NV52 – tratti ponente

TRATTO	DN [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote scorrimento		Ricoprimento		if (%)	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
Tf1	315	8,00	5,10	5,10	3,99	3,83	0,80	0,96	2,00	0,019	0,115	16,08
Tf2	315	10,00	5,10	5,10	3,83	3,63	0,96	1,16	2,00	0,056	0,115	48,83
Tf3	315	4,00	5,10	5,10	3,63	3,55	1,16	1,24	2,00	0,056	0,115	48,83

Tabella 15: principali risultati dimensionamento tubazioni NV52 – tratti piazzale antincendio levante

TRATTO	DN [mm]	Lungh [m]	Quote strada/terreno		Quote scorrimento		Ricoprimento		if (%)	Q [m^3/s]	Qamm [m^3/s]	R [%]
			zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m s.l.m.]	zfin [m s.l.m.]	zi [m]	zfin [m]				
Tg1	315	9,00	5,10	5,10	3,99	3,90	0,80	0,89	1,00	0,029	0,082	35,01
Tg2	315	10,00	5,10	5,10	3,90	3,70	0,89	1,09	2,00	0,031	0,115	26,48
Tg3	315	3,00	5,10	5,10	3,70	3,64	1,09	1,15	2,00	0,031	0,115	26,65
Tg4	315	3,00	5,10	5,10	3,64	3,58	1,15	1,21	2,00	0,039	0,115	33,42

Tabella 16: principali risultati dimensionamento tubazioni NV52 – tratti piazzale antincendio ponente

9.2.2.4 Vasche di laminazione

Per quanto riguarda il dimensionamento della vasca di laminazione VL3, si rimanda al cap. 10 inerente il rispetto del principio di invarianza idraulica.

10 INVARIANZA IDRAULICA

Il concetto d'invarianza idraulica prevede la restituzione nel recettore finale di una portata proveniente da una superficie di nuovo insediamento pari a quella che arriverebbe al corpo idrico in condizioni indisturbate del territorio, onde perseguire la cosiddetta invarianza idraulica del territorio.

Il comune di Genova, al fine di mitigare gli effetti degli interventi che producono impermeabilizzazione dei suoli, nonché migliorare il sistema di smaltimento delle acque superficiali e favorire un eventuale riuso in sito delle stesse, ha emesso, nell'ambito dell'aggiornamento del PUC, alcune linee guida per il dimensionamento dei sistemi di laminazione, dei quali si deve tener conto in fase di progettazione degli interventi edilizi.

La realizzazione di interventi che comportino una modifica alla permeabilità del suolo deve tendere a minimizzare l'impermeabilizzazione attraverso l'uso più esteso possibile di materiali che permettano l'infiltrazione, la ritenzione e la detenzione temporanea delle acque nel terreno.

Il mantenimento o il miglioramento dell'efficienza idraulica viene valutato dal confronto del Rp nella situazione di progetto (situazione ex post) che deve sempre risultare maggiore o uguale al valore del Rp prima definito.

Qualora necessaria, la vasca di laminazione deve essere dimensionata per contenere per 30 minuti una pioggia avente intensità pari a 60 mm in 30 minuti a cui corrisponde un deflusso istantaneo pari a 333,33 l/sec per ettaro e deve essere dotata di scarico di fondo e scarico di troppo pieno.

La portata dello scarico di fondo (tubo di controllo di flusso) concessa nel corpo ricettore (fognatura, corso d'acqua, infiltrazione nel terreno) è di 20 l/s per ettaro di superficie addotta alla vasca, la quale corrisponde al deflusso che si avrebbe se l'intera superficie recapitata alla vasca risultasse coperta a bosco naturale.

Nel presente progetto, relativamente alla FASE 1, si realizzeranno le vasche di laminazione relative al binario merci pericolose, alla viabilità NV52 e NV51.

10.1 VL3 - Vasca a servizio del binario merci pericolose, viabilità NV52 e fabbricato FA54

10.1.1 Descrizione dell'opera

La vasca, del volume utile di 312 m^3 (quota d'imposta -0.15 m s.l.m.), verrà posizionata nella parte ovest del piazzale circostante il fabbricato della centrale idrica antincendio FA54, vicino alla viabilità NV52 e al binario merci pericolose. Tale luogo è stato scelto per le immediate vicinanze al punto di minimo della quota di progetto sia di NV52 che del binario merci pericolose, in modo da limitare la lunghezza dei collettori e la quota di imposta dei manufatti. Le acque provenienti dalla rete di drenaggio di NV52, binario merci pericolose e fabbricato FA54 ritenute non pericolose si immagazzineranno all'interno, e saranno rilasciate successivamente tramite un sistema di

pompaggio con una portata compatibile con il principio dell'invarianza idraulica verso lo scarico nel rio Madonnette.

Seguendo le linee guida citate precedentemente, risulta necessario, dato che la vasca sarà svuotata mediante l'utilizzo di una pompa, prevedere che tale pompa scarichi in un pozzetto dotato di scarico di fondo tarato, e non direttamente nel recapito finale. Il pozzetto sarà dotato di scarico di troppopieno di ritorno in vasca, in maniera tale da garantire il rispetto della portata massima da scaricare nel rio Madonnette. In ogni caso tra i due pozzetti sarà presente anche un troppopieno, in maniera tale da assicurare sia il rispetto della normativa del comune di Genova, sia il funzionamento del sistema di drenaggio di piattaforma stradale e ferroviaria anche a vasca riempita.

10.1.2 Verifiche idrauliche

Di seguito si riportano i risultati del dimensionamento della vasca di laminazione in oggetto, effettuato con l'applicativo fornito dal comune di Genova. Preme far notare che non tutte le superfici di progetto verranno smaltite prima in vasca e poi recapitate nel recettore finale, in quanto la vasca è stata dimensionata per garantire un Rp di progetto del 73%, in ogni caso maggiore a quanto previsto dalla normativa (70%). In particolare, le superfici addotte in vasca sono rappresentate da tutto il binario merci pericolose, dai tratti di ponente della NV52 e della parte di ponente del piazzale del fabbricato FA54, mentre tratti di levante della NV52 e parte di levante del piazzale saranno smaltiti direttamente nel rio Madonnette.

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE

VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO

STATO ATTUALE

RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = **36%**

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)			Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		
Incolto, sterrato, superfici naturali degradate	3175,0	m²	Ψ = 0,20	Ψ' =	Spe =	2540,0	m²
Pavimento in asfalto o cls	5290,0	m²	Ψ = 0,90	Ψ' =	Spe =	529,0	m²
Superfici in ghiaia sciolta	0,0	m²	Ψ = 0,30	Ψ' =	Spe =	0,0	m²
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o del terreno naturale medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale con caratteristiche pienamente rispondenti alle suddette		m²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0	m²
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata		m²	Ψ = 0,80	Ψ' =	Spe =	0,0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0	m²
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	**8465,0**	m²			**TOTALE Spe**	**3069,0**	m²

STATO DI PROGETTO

RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = **7%** — Rp Equiv. x ritenzione **73%**

TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO)		SUPERFICI ADDOTTE IN VASCA		Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		PORTATE ADDOTTE IN VASCA	
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile	3830,0 m²	3830,0	m²	Ψ = 1,00	Ψ' =	Spe = 0,0	m²	Q = 127,67	l/s
Pavimento in asfalto o cls	3572,0 m²	1496,0	m²	Ψ = 0,90	Ψ' =	Spe = 357,2	m²	Q = 44,88	l/s
Incolto, sterrato, superfici naturali degradate	221,0 m²		m²	Ψ = 0,20	Ψ' =	Spe = 176,8	m²	Q = 0,00	l/s
Pavimento in asfalto o cls	842,0 m²	414,0	m²	Ψ = 0,90	Ψ' =	Spe = 84,2	m²	Q = 12,42	l/s
Coperture continue con finiture in materiali sigillanti (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) con inclinazione > 3°	m²		m²	Ψ = 0,90	Ψ' =	Spe = 0,0	m²	Q = 0,00	l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile	m²		m²	Ψ = 1,00	Ψ' =	Spe = 0,0	m²	Q = 0,00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²		m²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe = 0,0	m²	Q = 0,00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²		m²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe = 0,0	m²	Q = 0,00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²		m²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe = 0,0	m²	Q = 0,00	l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²		m²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe = 0,0	m²	Q = 0,00	l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	**8465,0** m²	**5740,0**	m²			**TOTALE Spe**	**618,2** m²	Qp = **184,97**	**l/s**

VERIFICA Sr Attuale = Progetto ----------> OK!

VERIFICHE STANDARD RICHIESTI : Rp o Rp Equivalente Minimo da Garantire **70%** — VERIFICA Rp e MIGLIORAMENTO **OK!** — VASCA COMPENSAZIONE RICHIESTA **SI**

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA

Altezza di precipitazione critica: 60 mm
Durata pioggia critica: 30 min.
Deflusso istantaneo per ettaro: **333,33** l/s*ha

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE

Qscarico 11,48 l/s
Portata da laminare **173,49 l/s**

CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Ritardo da conseguire 30 min. — V vasca = 312276 litri — **312,3 m³**

DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione)

$$Asez.tubo = \frac{Q}{0,6 * \sqrt{(2 * 9,81 * h)}}$$

0,6 parametro idraulico fisso (adimensionale)

h { - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5)
- oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5.ter)

Q Qscarico calcolata al punto 6)

h = 0,30 m

Asez.tubo = 0,00789 m²

VASCA COMPENSAZIONE CORRETTAMENTE DIMENSIONATA **SI**

Diametro = 2 * √ (Asez.tubo/π) = **100,2 mm**

Figura 10.1 Risultati dell'applicativo per il dimensionamento della vasca VL3.

Di seguito si riportano i risultati del dimensionamento dell'impianto di sollevamento della vasca di laminazione in oggetto, con particolare riferimento alle caratteristiche delle pompe e della condotta dimandata

.

Q [l/s]	Hp [m]	P_i [kW]	η [-]	P_{ass} [kW]
11.05	3.10	0.34	0.50	0.67

Figura 10.2 Dimensionamento della pompa di sollevamento della vasca VL3.

TRATTO IN PRESSIONE	Di [m]	L [m]	e [mm]	f	U [m/s]	ie	Q [l/s]	Quote p.l. [m s.l.m.]	
								Monte	Valle
INOX DN100	0.1103	3.66	0.1	0.0219	1.157	0.014	11.05	0.35	3.23

Figura 10.3 Tubazione di mandata dell'impianto di sollevamento della vasca VL3.

10.2 VL5 e VL6 - Vasche a servizio della viabilità NV51

10.2.1 Descrizione dell'opera

Per il tratto NV51 si è previsto di utilizzare due vasche di laminazione: la vasca VL5 afferente ad una parte del sottotratto NV51A e la vasca VL6 afferente alla parte restante del sottotratto NV51A, all'intero sottotratto NV01B e ad una parte del tratto NV01C.

La vasca VL5, del volume utile di 374 m^3 (quota d'imposta -0.99 m s.l.m.), verrà posizionata nella parte nord-ovest del cosiddetto piazzale Mare, nelle vicinanze della nuova stazione di Voltri. Essa raccoglierà le acque meteoriche ricadenti sulla viabilità NV51A, e, come la vasca VL3 descritta in precedenza, sarà dotata di scarico in pressione mediante pompaggio con recapito finale nel rio San Giuliano.

La vasca VL6, del volume utile di 370 m^3 (quota d'imposta -0.94 m s.l.m.), verrà posizionata circa 120 metri ad est della rotatoria NV51B, e raccoglierà le acque meteoriche ricadenti su parte delle viabilità NV51A, NV51B e sull'intera viabilità NV51C. Anch'essa, come le precedenti vasche, sarà dotata di scarico in pressione mediante pompaggio, con recapito finale nel rio Madonnette.

10.2.2 Verifiche idrauliche

Di seguito si riportano i risultati del dimensionamento delle vasche di laminazione in oggetto, effettuato con l'applicativo fornito dal comune di Genova. Anche nel caso in oggetto non tutte le superfici di progetto verranno smaltite prima in vasca e poi recapitate nel recettore finale, in quanto la vasca è stata dimensionata per garantire un Rp di progetto del 70%, in ogni caso in linea con quanto previsto dalla normativa (70%). La parte di viabilità del sottotratto NV01B che va da circa 85m ad Ovest dell'attraversamento del rio Madonnette fino alla fine del tratto in analisi ad est sarà smaltita indipendentemente nel rio Madonnette.

Di seguito si presentano i risultati ottenuti dall'invarianza idraulica del tratto NV51: si osserva che il volume totale ottenuto deve essere pari o inferiore alla somma dei volumi delle vasche VL5 e VL6

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE

VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO

STATO ATTUALE

RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = **10%**

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)			Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE	
Incolto, sterrato, superfici naturali degradate		m²	Ψ = 0.20	Ψ' =	Spe = 0.0	m²
Pavimento in asfalto o cls	21839.3	m²	Ψ = 0.90	Ψ' =	Spe = 2183.9	m²
Superfici in ghiaia sciolta		m²	Ψ = 0.30	Ψ' =	Spe = 0.0	m²
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o del terreno naturale medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale con caratteristiche pienamente rispondenti alle suddette		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata		m²	Ψ = 0.80	Ψ' =	Spe = 0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole		m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0	m²
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	**21839.3**	m²			**TOTALE Spe** **2183.9**	m²

STATO DI PROGETTO

RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = **10%** — Rp Equiv. x ritenzione **70%**

TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO)		SUPERFICI ADDOTTE IN VASCA	Cd RIF.	Cd CALC.	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE	PORTATE ADDOTTE IN VASCA
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile	m²	m²	Ψ = 1.00	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Pavimento in asfalto o cls	21839.3 m²	14559.9 m²	Ψ = 0.90	Ψ' =	Spe = 2183.9 m²	Q = 436.80 l/s
Incolto, sterrato, superfici naturali degradate	m²	m²	Ψ = 0.20	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Pavimento in asfalto o cls	m²	m²	Ψ = 0.90	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Coperture continue con finiture in materiali sigillanti (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) con inclinazione > 3°	m²	m²	Ψ = 0.90	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile	m²	m²	Ψ = 1.00	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²	m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²	m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²	m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m²	m²	Ψ = 0.10	Ψ' =	Spe = 0.0 m²	Q = 0.00 l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	**21839.3** m²	**14559.9** m²			**TOTALE Spe 2183.9** m²	Qp = **436.80** l/s

VERIFICA Sr Attuale = Progetto ----------> OK!

VERIFICHE STANDARD RICHIESTI : Rp o Rp Equivalente Minimo da Garantire **70%** — VERIFICA Rp e MIGLIORAMENTO **OK!** — VASCA COMPENSAZIONE RICHIESTA **SI**

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA

Altezza di precipitazione critica: 60 mm
Durata pioggia critica: 30 min.
Deflusso istantaneo per ettaro: **333.33** l/s*ha

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE

Qscarico: 29.12 l/s
Portata da laminare: **407.68 l/s**

CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Ritardo da conseguire: 30 min. — V vasca = 733820 litri — **733.8** m³

DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione)

$$Asez.tubo = \frac{Q}{0{,}6 * \sqrt{(2 * 9{,}81 * h)}}$$

0.6 parametro idraulico fisso (adimensionale)

h { - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5)
- oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m. (vedi *Istruzioni*, punto 3. 5.ter)

Q: Qscarico calcolata al punto 6)

h = 0.20 m

Asez.tubo = 0.0245 m²

VASCA COMPENSAZIONE CORRETTAMENTE DIMENSIONATA: **SI**

Diametro = $2 * \sqrt{(Asez.tubo/\pi)}$ = **176.6 mm**

Figura 10.4 Risultati dell'applicativo per il dimensionamento delle vasche VL5 e VL6.

Di seguito si riportano i risultati del dimensionamento dell'impianto di sollevamento delle vasche di laminazione VL5 e VL6, con particolare riferimento alle caratteristiche delle pompe e della condotta dimandata

Q [l/s]	Hp [m]	P_i [kW]	η [-]	P_{ass} [kW]
11.38	3.30	0.37	0.50	0.74

Figura 10.5 Dimensionamento dell'impianto di sollevamento della vasca VL5.

TRATTO IN PRESSIONE	Di [m]	L [m]	e [mm]	f	U [m/s]	ie	Q [l/s]	Quote p.l. [m s.l.m.]	
								Monte	Valle
INOX DN80	0.0849	3.43	0.1	0.0223	2.010	0.054	11.38	-0.74	1.86

Figura 10.6 Tubazione di mandata dell'impianto di sollevamento della vasca VL5.

Q [l/s]	Hp [m]	P_i [kW]	η [-]	P_{ass} [kW]
14.96	3.20	0.47	0.50	0.94

Figura 10.7 Dimensionamento dell'impianto di sollevamento della vasca VL6.

TRATTO IN PRESSIONE	Di [m]	L [m]	e [mm]	f	U [m/s]	ie	Q [l/s]	Quote p.l. [m s.l.m.]	
								Monte	Valle
INOX DN100	0.1103	3.63	0.1	0.0213	1.566	0.024	14.96	-0.08	2.72

Figura 10.8 Tubazione di mandata dell'impianto di sollevamento della vasca VL6.