

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

Q 0 3

P

b

0 0 8

I M

- -

R 0

-

AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DEL
NODO DI BOVISA - COMUNE DI MILANO
Progetto di fattibilità tecnica ed economica

Relazione Tecnica

Aggiornamento relazione di invarianza idraulica

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1				
	0	Dicembre 2024	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione



NET Engineering S.r.l.
Centro Direzionale La Cittadella
Piazza M. Saggin 2, Torre 2 - 35131 Padova - Italia
Tel: +39 049 490.5800 - info@netspa.com



RENZO PIANO BUILDING WORKSHOP
29, Via Rubens - 16158 Genova - Italia
Tel: +39 010 61 711 - Italy@rpbw.com
www.rpbw.com

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
A. MELCHIORI	M. FACCIOI	M. FACCIOI	12/24
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
1191D06			

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Riferimenti normativi	3
2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	4
2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
2.2. INTERVENTI IN PROGETTO	6
3. OTTEMPERANZA AL RR SULL'INVARIANZA IDRAULICA	8
4. RACCOLTA E TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE	9
4.1. Stazione di Bovisa	9
4.1.1. Parte esistente.....	9
4.1.2. Parte in ampliamento	10
4.2. Sottostazione elettrica.....	18
4.3. Tratte ferroviarie.....	19
5. Precipitazioni di progetto	23
5.1. Dati idrologici.....	23
5.2. Precipitazioni di durata inferiore a 1 ora	26
5.3. Coefficienti udometrici eventi di progetto.....	27
5.4. Portate di progetto	28
6. INVARIANZA IDRAULICA	30
6.1. Premessa.....	30
6.2. Permeabilità del suolo	30
6.3. Dimensionamento delle vasche di laminazione.....	31
6.3.1. Capacità di scarico per infiltrazione	32
6.3.2. Dimensionamento con il "Metodo delle sole piogge".....	34
6.3.3. Requisito minimo (Art.12 del RR).....	36
6.3.4. Procedura dettagliata.....	36
6.3.5. Verifica del dimensionamento delle vasche	42
6.3.6. Verifica con TR100 anni	43
6.3.7. Determinazione del tempo di svuotamento degli invasi	43
6.4. Opere di linea	44
6.4.1. Sezione con supercompattato drenante	44

6.4.2. Sezione con materassino antivibrazione.....	46
7. Dimensionamento del sistema di raccolta.....	48
8. Gruppi di sollevamento	51
9. separatori di oli e idrocarburi.....	51
10. ALLEGATO – Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento 7/2017 e s.m.i.	54

1. PREMESSA

La presente relazione aggiorna l'elaborato "Q03Db005ID—R0 Relazione tecnica opere idrauliche", asseverato da ing. Montaldo Piercarlo nell'ambito del Progetto Definitivo "Ammodernamento e potenziamento del nodo di Bovisa – Comune di Milano" del luglio 2020.

Si evidenzia che il presente elaborato ripropone quanto già previsto nel precedente aggiornando le opere idrauliche interessate dalla realizzazione di nuove opere non previste nel progetto del 2020.

La seguente relazione espone l'analisi idrologica e la successiva verifica idraulica dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche relativi al complesso degli interventi necessari per l'ammodernamento ed il potenziamento del "**NODO DI BOVISA**".

Il dimensionamento dei sistemi di smaltimento è effettuato in ottemperanza alla normativa regionale in materia di invarianza idrologica e idraulica (ai sensi del RR 07/2017 e s.m.i.).

Il documento affronta le seguenti tematiche:

- caratterizzazione delle precipitazioni di progetto
- individuazione delle portate di progetto
- verifica idraulica del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e dei sistemi di laminazione.

Il dimensionamento considera sia gli interventi previsti in FASE 1 sia gli interventi previsti in FASE 2 anche se questi ultimi appartengono ad uno stralcio realizzativo successivo.

1.1 Riferimenti normativi

Il presente documento è stato redatto in ottemperanza alle normative nazionali e locali vigenti in materia di raccolta e smaltimento delle acque.

- Regolamento Edilizio del Comune di Milano 2016 - Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 27 del 2 Ottobre 2014 e successive modificazioni ed integrazioni.
- Normativa regionale:
 - Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7: *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio). Testo coordinato BURL 21/12/2019.*
 - Regolamento Regionale 24 marzo 2006 , N. 4 : *"Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26"* BURL n. 13, 1° suppl. ord. del 28 Marzo 2006.

2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il nodo ferroviario di Bovisa (cfr. **Figura 2-1**) è situato all'interno dell'omonimo quartiere, sviluppatosi come zona industriale periferica di Milano con lo stabilimento Candiani (realizzato nel 1882 per la produzione di acido solforico) e divenuto poi parte del gruppo chimico Montecatini.



Figura 2-1 – Inquadramento su foto aerea.

Alla fine del XX secolo il quartiere subisce una fase di declino dovuta allo smantellamento delle molte industrie che risiedevano nella zona.



Figura 2-2 – Vista aerea dell'area di stazione.

Il conseguente degrado del quartiere è stato recentemente parzialmente arginato dall'insediamento del polo universitario del Politecnico di Milano che rappresenta oggi una delle attività più importanti di questa ex zona industriale.

In tale contesto si colloca la stazione FERROVIENORD di Milano Bovisa, realizzata, nella sua configurazione attuale, nel corso degli anni '90 nell'ambito dei lavori di quadruplicamento della tratta ferroviaria Bovisa-Saronno.

2.2. INTERVENTI IN PROGETTO

Lo schema di progetto dell'armamento ferroviario prevede la formazione di quattro nuovi binari, denominati –I, –II, –III e –IV, posti ad ovest dell'attuale fascio di binari di stazione, collegati a nord con la linea diretta Milano-Saronno e a sud sia con il “passantino” (in corretto tracciato), sia con la linea diretta Bovisa-Cadorna.

Il collegamento al “passantino” esistente in direzione Milano avviene mediante il binario –I previa soppressione di un tratto dei binari esistenti, mentre il collegamento con il “passantino” direzione Saronno avviene mediante il binario –IV previa realizzazione di un nuovo manufatto scatolare.

Il collegamento con la linea diretta Milano – Cadorna avviene invece mediante i binari –II e –III che, procedendo in direzione Sud, presentano un andamento altimetrico crescente fino a sovrappassare il nuovo manufatto scatolare del binario –IV e successivamente la linea RFI mediante un nuovo ponte fino a raccordarsi con i binari esistenti.

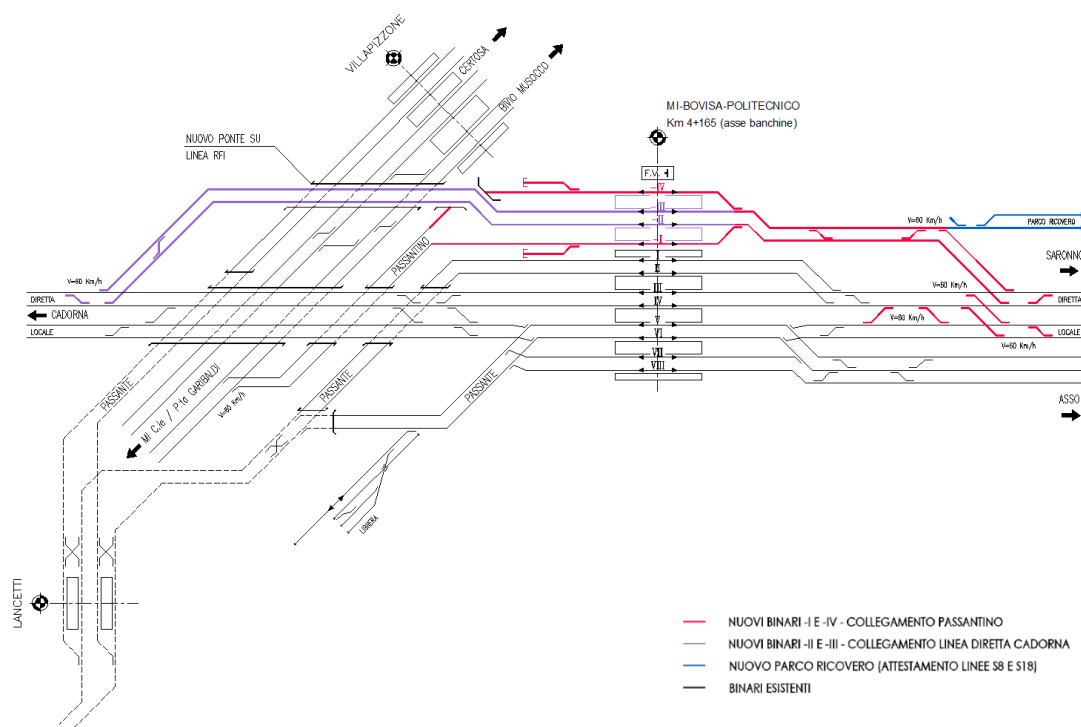


Figura 2-3 – Schema piano di armamento di progetto - In rosso i binari –I, e –IV di collegamento con il “passantino”; in viola i binari –II e –III di collegamento con la linea diretta lato Cadorna.

Il progetto di ampliamento comporta la realizzazione di opere ed interventi che possono essere così classificati:

opere presenti nel progetto 2020:

1. Opere di contenimento degli scavi per ampliamento (lato Milano);
2. Opere di contenimento degli scavi per ampliamento (lato Saronno);
3. Opere di sostegno dei rilevati ferroviari (lato Milano);

4. Nuovo manufatto scatolare di collegamento tra il nuovo binario –IV con il “passantino”;
5. Nuovo manufatto di scavalco della linea RFI in direzione Milano – Cadorna;
6. Nuovo manufatto a spinta per attraversamento cavalcaferrovia RFI su linea FNM;
7. Nuova passerella ciclopedonale di scavalco su linea FNM (ELIMINATA);
8. Adeguamento della viabilità locale lungo le vie Siccoli, Mariani, Negri e Lambruschini;
9. Nuova sottostazione elettrica (S.S.E);
10. Ampliamento del fabbricato di stazione Milano – Bovisa e riqualifica piazzale lato Milano;

Opere aggiuntive del progetto 2024:

11. Piastra con verde pensile lato Saranno a scavalco delle linee FNM per garantire il collegamento est-ovest della nuova linea del tram;
12. Attraversamento aereo di via Siccoli per il collegamento pedonale della piastra verde con il progetto del nuovo Politecnico;
13. Modifica del piano ingressi (vano attualmente chiuso) con piazza aperta dotata di pensiline in vetro fotovoltaico;
14. Rampa stradale lato est con sistemazione a verde lato via Bovisasca [FASE 2] (comprendente le nuove vasche di laminazione e trincee drenanti).

Maggiori dettagli sugli interventi in progetto sono riportati nella Relazione illustrativa e nella Relazione tecnica delle opere architettoniche.

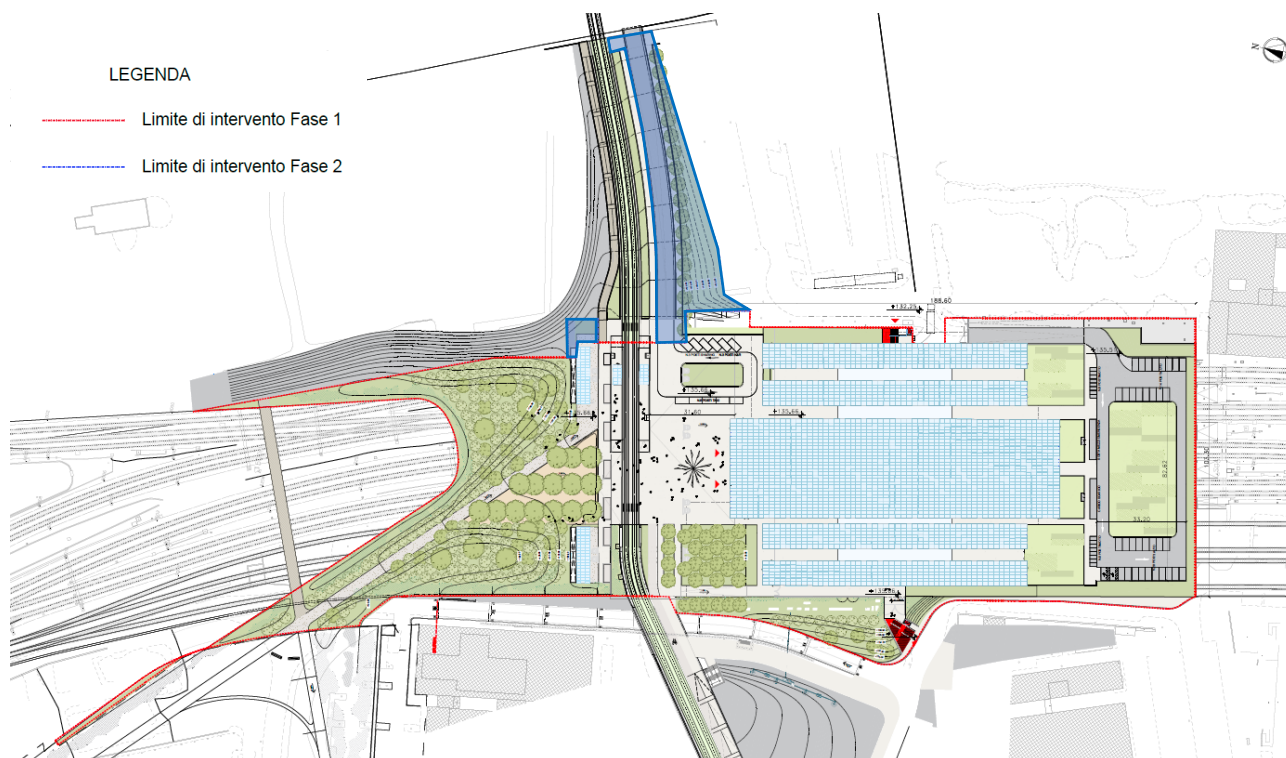


Figura 2-4 – Stralcio planimetrico del PFTE con evidenziate le aree comprese in FASE 1 (rosso) e FASE 2 (blu)

3. OTTEMPERANZA AL RR SULL'INVARIANZA IDRAULICA

Il dimensionamento della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e degli interventi finalizzati a garantire l'invarianza idraulica e idrologica è stato eseguito seguendo il nuovo Regolamento Regionale della Lombardia n° 7/2017, come aggiornato nel 2019.

All'interno degli interventi in progetto sono individuate le seguenti attività di trasformazione, di cui si indica di seguito l'assoggettamento al suddetto regolamento:

1. Ampliamento stazione Bovisa: l'intervento prevede la realizzazione di nuovi fabbricati in ampliamento alla stazione esistente, è perciò **assoggettato al principio di invarianza** (ai sensi dell'Art.3 lettera b) del RR).
2. Nuova Sottostazione Elettrica: l'intervento prevede la realizzazione di un nuovo fabbricato in un'area precedentemente non urbanizzata, è perciò **assoggettato al principio di invarianza** (ai sensi dell'Art.3 lettera b) del RR).
3. Raccordi ferroviari e opere di linea: è prevista la realizzazione di nuovi tratti ferroviari a servizio della stazione, compresi manufatti di attraversamento. Questi interventi sono equiparati a nuove costruzioni e **ricadono nell'ambito del RR**.
4. Sistemazione edificio esistente di stazione: sono previsti interventi di sistemazione del piazzale esistente sulla copertura della stazione, senza variazione delle volumetrie e delle superfici coperte e mantenendo la medesima permeabilità delle aree (sistemazione a parcheggi). Questo caso **NON ricade nell'ambito di applicazione del RR** in materia di invarianza idraulica pertanto si prevede la conservazione delle modalità di scarico esistenti.

Per tutti gli interventi ricadenti nell'ambito di applicazione del RR si prevede lo scarico delle acque meteoriche mediante infiltrazione nel suolo, previo trattamento con disoleazione (come richiesto dal RR n.4/2006). Il dimensionamento dei volumi di laminazione è sviluppato nel paragrafo §6.

4. RACCOLTA E TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

La rete di smaltimento è progettata con le seguenti caratteristiche:

4.1. Stazione di Bovisa

4.1.1. Parte esistente

Attualmente la parte esistente della stazione è dotata di un sistema di raccolta delle acque fognarie bianche e nere (con reti separate) che scarica nella fognatura mista Dn1000mm, presente sul lato Ovest (via P.Mariani). La rete delle acque meteoriche è costituita da condotte interrate che attraversano la sede binari e recapitano in 3 pozzi di sollevamento, da cui avviene il rilancio alla fognatura pubblica. La superficie raccolta dalla rete è di circa 12900mq.

In accordo con il RR n.7/2017 si intende mantenere il recapito in fogna per le acque relative alle coperture esistenti in quanto non soggette a significativa trasformazione.

Poiché le nuove opere di ampliamento (paratie e nuovi edifici di stazione) interferiscono con i sollevamenti e i pozzi di raccolta esistenti, essi dovranno essere ricollocati nell'area di progetto prevedendo il mantenimento dei collegamenti e delle volumetrie di accumulo esistenti.

A tal fine si è scelto di accorpare i tre sollevamenti delle acque meteoriche in un unico impianto che dovrà garantire una volumetria utile pari alla somma dei preesistenti, ovvero 210mc.

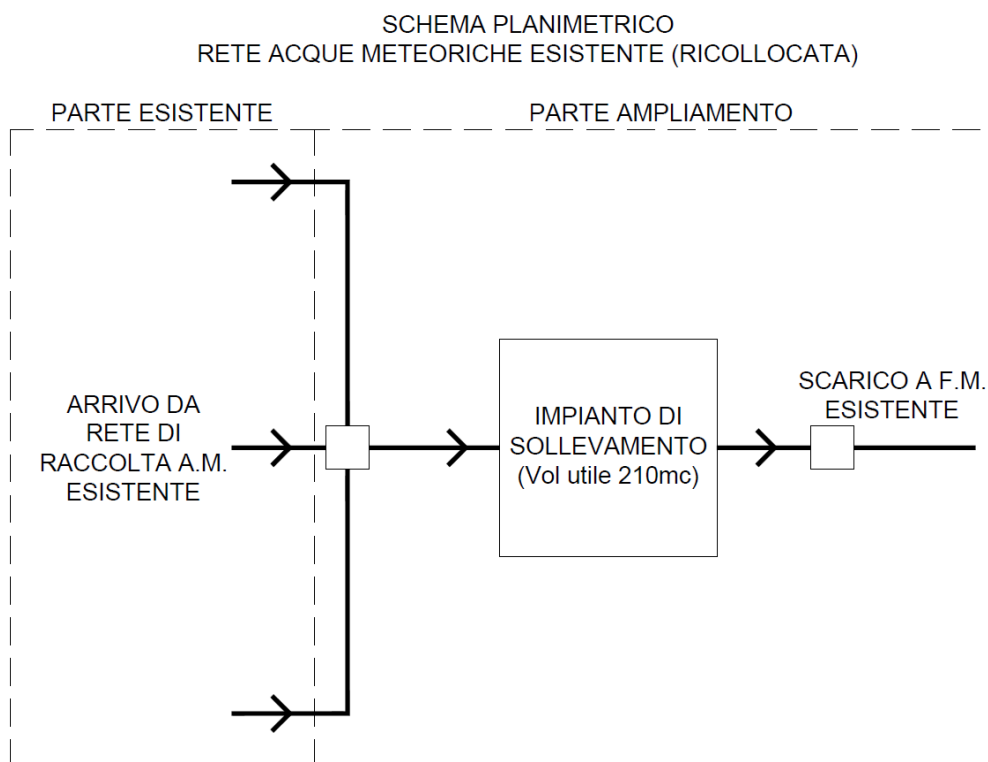
Le tubazioni di scarico esistenti saranno intercettate in corrispondenza dell'interfaccia tra fabbricato esistente ed ampliamento e da qui prolungate sotto il piano della nuova fondazione e infine raccolte nella vasca di sollevamento (prima dell'inizio dei lavori dovranno essere verificate in loco posizioni planoaltimetriche).

Il nuovo impianto avrà una portata di scarico in fognatura pubblica non superiore a quella attualmente scaricata dai tre sollevamenti, poiché questa informazione non è disponibile si è proceduto ad una stima basata sui dati riportati negli elaborati as-built. I sollevamenti attualmente recapitano in due condotti di allacciamento alla fognatura (Dn200 e Dn600 mm) la cui capacità può essere determinata mediante la formula di Chezy assumendo:

- Coefficiente di scabrezza pari a $65 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (adatto per tubi in calcestruzzo in uso),
- pendenza del 1%,
- grado di riempimento del 50%.

Le portate ottenute sono rispettivamente di 13l/s e 240l/s pertanto per il nuovo impianto si è scelto il valore di 250l/s.

Il nuovo impianto verrà allacciato alla fognatura pubblica mediante una tubazione in PVC DE500 che sarà posata sul sedime di via Stefano Siccoli e si innesterà al collettore in prossimità dell'allaccio preesistente.



La vasca (IS1) sarà interrata a lato della nuova stazione e sarà impermeabilizzata internamente.

Lo svuotamento avviene mediante l'azionamento di 5 elettropompe sommergibili (più una di riserva) DN150 con portata di 50l/s ciascuna a mandata singola. Le pompe saranno attivate a livelli scaglionati mediante sonde di livello.

La vasca è ispezionabile a mezzo di chiusini modulari per permettere la movimentazione delle apparecchiature e le operazioni di manutenzione della vasca.

La vasca è inoltre dotata di un bypass di emergenza a gravità collegato al pozzetto di calma e conseguentemente alla fognatura pubblica la cui attivazione sarà segnalata mediante un misuratore di livello.

4.1.2. Parte in ampliamento

La parte di ampliamento sarà dotata di una rete per la raccolta delle acque meteoriche e le acque bianche provenienti dal livello banchine, che confluiranno in un'unica vasca di sollevamento (IS3) dotata di un volume di laminazione adeguato a soddisfare i criteri di invarianza idraulica. Il recapito

finale avverrà per dispersione nel suolo mediante pozzi disperdenti posizionati nell'attuale parcheggio a Ovest della stazione.

La rete di raccolta sarà organizzata come segue:

1) Raccolta delle acque pluviali della copertura e dei piazzali - superficie di circa 7500mq.

- La copertura dell'edificio viaggiatori (parte centrale) è realizzata con pensiline metalliche dotate di vetri fotovoltaici con pendenze del 2% i cui contributi sono raccolti da pluviali passanti all'interno delle colonne di sostegno con recapito nella vasca di sollevamento e laminazione IS3. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione specialistica "Relazione tecnica impianti meccanici ed idraulici stazione".
- I piazzali lato Nord e Sud hanno una copertura piana che verrà raccolta con canalette con larghezza B=30cm e altezza variabile (pendenza del fondo del 0.1%). Le canalette saranno dotate di griglie in ghisa carrabili di classe C250.

Le aree verdi sopra soletta saranno raccolte con tubazioni microfessurate DE315 collegate alla vasca di laminazione IS3 tramite tubazioni in PP DE315 (vedi paragrafo seguente).

Per le acque raccolte dal piazzale lato Sud, per la sola porzione sistemata a parcheggio, è previsto il collegamento alla vasca di laminazione IS1 collegata alla fognatura pubblica.

2) Raccolta acque bianche a livello banchina e piattaforma ferroviaria – IS2

Le acque di lavaggio o provenienti dall'impianto antincendio saranno raccolte, all'interno della stazione, mediante degli scarichi che saranno posizionati sotto la sede ferroviaria ed attraverseranno al livello della platea di fondazione. Gli scarichi saranno realizzati con pozzetti in calcestruzzo muniti di griglia in acciaio zincato a maglia quadrata, adatta ai carichi ferroviari e tale da impedire l'accesso del ballast nel pozzetto sottostante. Gli scarichi saranno in PVC DE110 con una rete di raccolta posta sotto platea con pendenza 1%.

Sono previsti pozzetti di ispezione della rete sotto platea con dimensione interna 100x100mm accessibili dalle banchine.

Il collettore finale della rete avrà DE160mm e recapiterà in un pozzetto di disoleazione e aggettamento con rilancio verso il sistema disperdente.

La portata massima di scarico è determinata dalla portata di punta dell'impianto antincendio 480 l/minuto (pari a 8.0 l/s). Il disoleatore e l'impianto di sollevamento IS2 sono quindi dimensionati, con un coefficiente di sicurezza di 1.12, per una portata di 9l/s.

3) Impianto di laminazione e sollevamento IS3

L'impianto riceve le acque meteoriche provenienti dall'allargamento della copertura, dal piazzale ciclopedonale lato Saranno (nord) e dalle aree verdi del piazzale lato Milano, dalla

nuova piastra con verde pensile lato nord-ovest, dall'attraversamento aereo di via Siccoli, dalle opere a verde di via Siccoli e le rilancia alla trincea di pozzi disperdenti che è il recapito finale.

La vasca è realizzata in c.a. ed ha un volume utile di 650mc tale da garantire la laminazione secondo il principio di invarianza idraulica. Essa sarà interrata a lato della nuova stazione e sarà impermeabilizzata internamente.

Lo svuotamento avviene mediante l'azionamento di 1 elettropompa sommergibile (è prevista una seconda pompa di riserva) DN150 con portata di 25l/s.

La vasca è ispezionabile a mezzo di chiusini modulari per permettere la movimentazione delle apparecchiature e le operazioni di manutenzione della vasca.

La vasca è inoltre dotata di un bypass di emergenza a gravità collegato alla trincea di pozzi disperdenti la cui attivazione sarà segnalata mediante un misuratore di livello.

4) Batteria di pozzi perdenti a servizio di IS2 e IS3

Essa riceverà le acque meteoriche provenienti dalle vasche di accumulo IS2 (previo trattamento di disoleatura) e IS3 mediante una condotta in pressione in PEAD DE140mm.

A monte della batteria è previsto un pozzetto di rottura della pressione, un pozzetto con filtro in acciaio inox (per la trattenuta di detriti e foglie) e un pozzetto di ripartizione.

La batteria è costituita da 4 pozzi perdenti collegati in parallelo su una tubazione PVC DE200. I pozzi sono costituiti da anelli in c.a. forati, Di1000mm, con un anello di ghiaia esterno di 40cm di spessore. Il pozzo ha profondità di 4.5m mentre la parte disperdente è alta 3.5m da fondo scavo.

5) Piastra verde

Il progetto prevede la realizzazione di una piastra a scavalco dei binari sul lato nord della stazione di Bovisa; essa sarà realizzata con lastre precomprese appoggiate a setti in c.a. costruiti al piano banchine. La piastra, sagomata a goccia, ha un'estensione di circa 6'750 mq (3'790 mq lato nord ovest, 2'956 mq lato nord est), a partire dal vertice ha pendenza di 1.91% verso il Fabbricato Viaggiatori. La porzione nord-ovest, insieme al contributo del sovrizzo di via Siccoli, sarà convogliato nella vasca IS3 mentre la porzione nord-est sarà raccolta nella vasca IS4 di via Bovisassa.

La piastra è dotata di due compluvi rispettivamente per la porzione nord-ovest e nord-est ricavati nel getto strutturale della soletta mediante sagomatura del c.a. con sezione rettangolare larga 50 cm e alta 10 cm. Le lastre sono inclinate di 0.5% per permettere la raccolta delle acque lungo il compluvio. L'estradosso della soletta in corrispondenza delle

aree verdi sarà rivestito con un materasso drenante. Lungo il compluvio sarà installato un collettore microfessurato (dreno) DN315 che convoglierà i contributi in una canaletta rettangolare (B=60 cm i=0.5%), sagomata nella piastra strutturale trasversalmente lungo la direttrice est-ovest, avente colmo in corrispondenza della mezzeria della piastra e pendenza di 0.5% verso est e verso ovest.

La piastra verde sarà provvista di altri collettori microfessurati paralleli a quelli della linea di compluvio che convoglieranno l'acqua raccolta alla canaletta trasversale. Sono inoltre previsti dei bypass di emergenza su ambo i lati della piastra, attivabili in caso di raggiungimento di un tirante superiore a 10 cm raggiunto in corrispondenza dei bordi esterni est ed ovest della struttura.

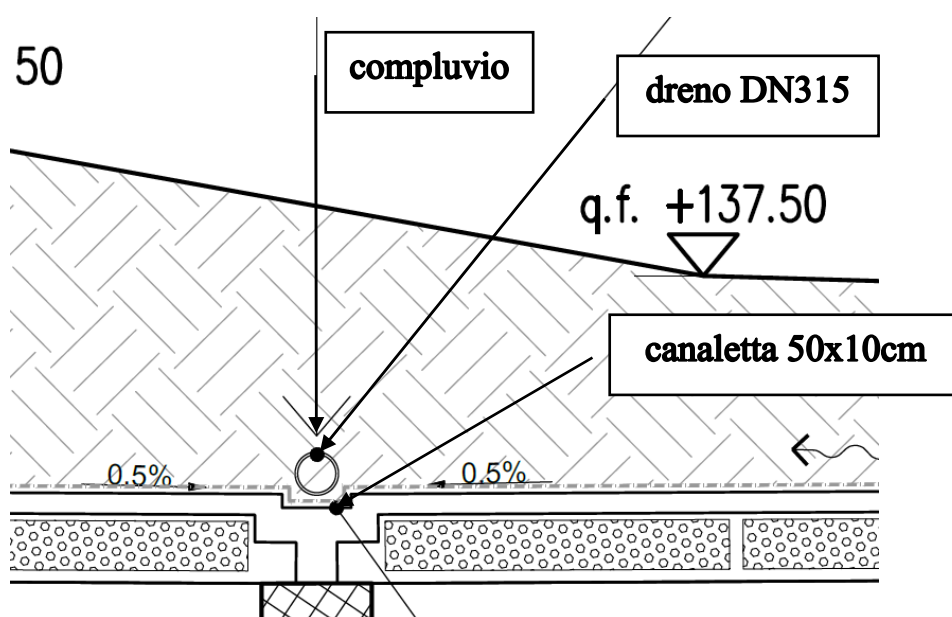


Figura 4-1 Dettaglio compluvio piastra verde lato nord-ovest

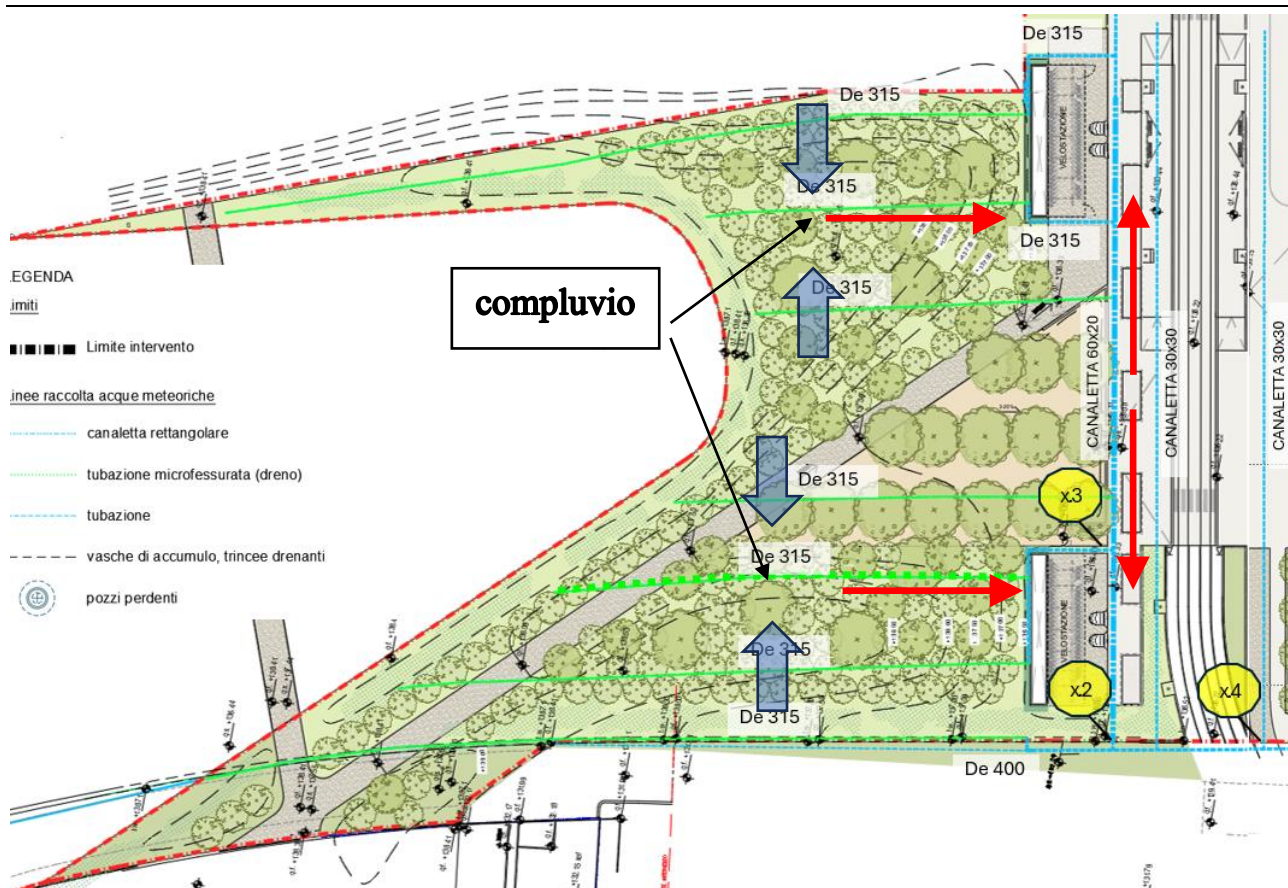


Figura 4-2 stralcio planimetrico piastra verde con evidenziati i collettori microfessurati (dreni) e la canaletta di raccolta trasversale (in blu il deflusso, in rosso le pendenze dei collettori principali)

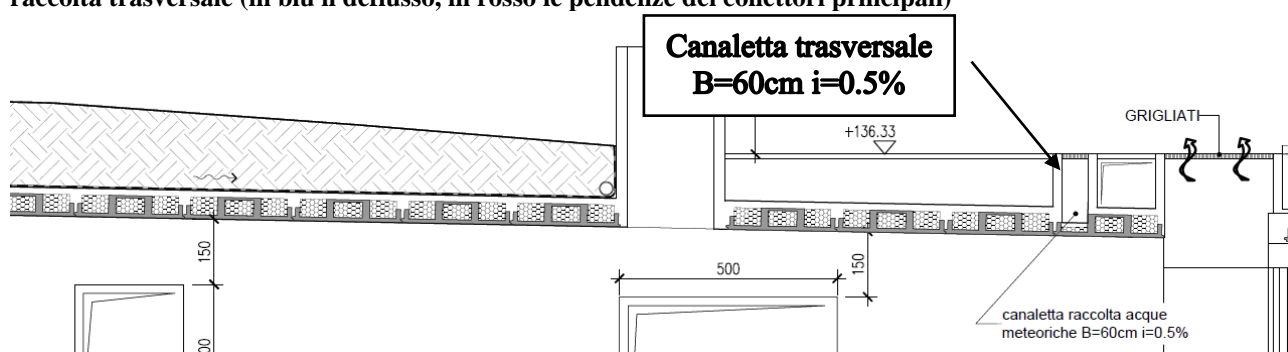


Figura 4-3 dettaglio sezione longitudinale della piastra in corrispondenza

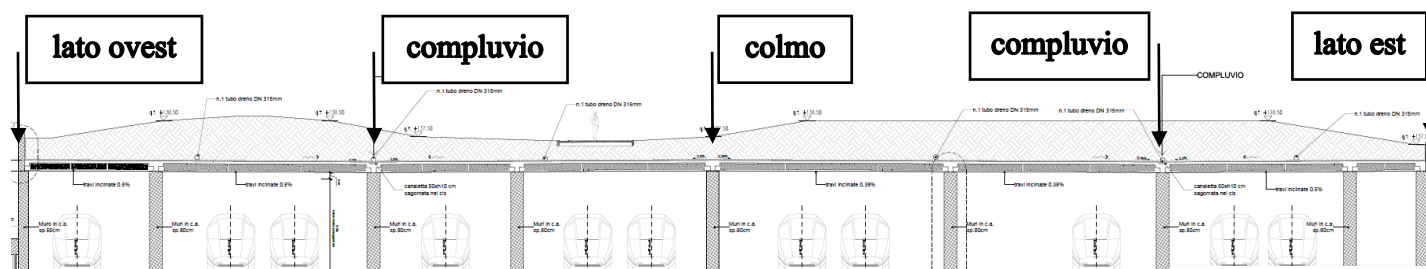


Figura 4-4 Sezione trasversale della piastra verde lungo la direttrice di raccolta est-ovest

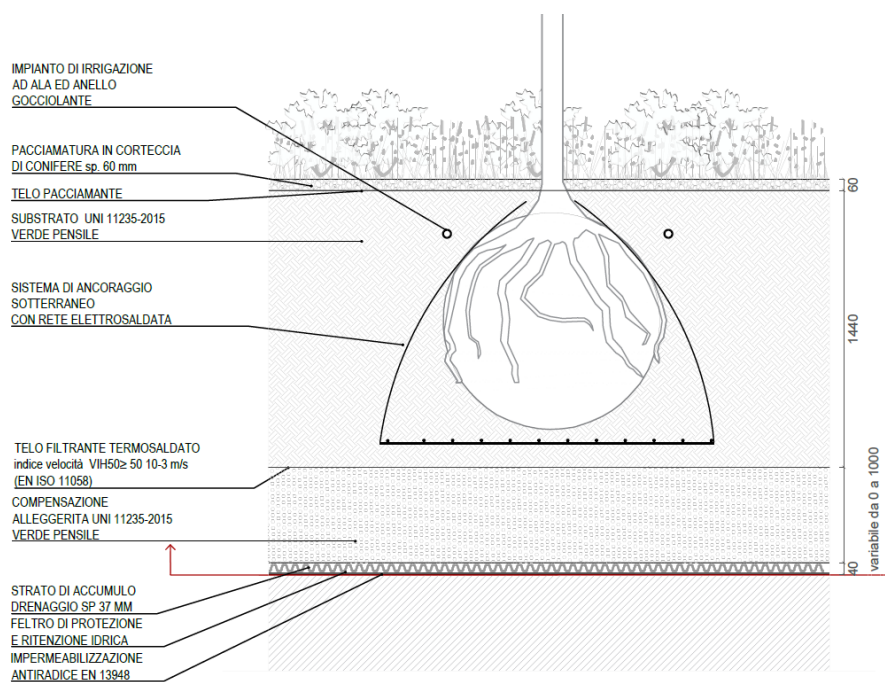


Figura 4-5 Dettaglio del pacchetto di riempimento previsto sulla piastra verde

6) Rampa est (FASE 2)

La rampa carrabile, pendenza 3.6%, prevista in FASE 2 sul lato est verso via Bovisasca (superficie 1'163 mq circa), sarà dotata di canalette grigliate di raccolta i cui contributi saranno convogliati alla vasca di accumulo IS4bis collegata alla trincea drenante previo trattamento di disoleatura.

7) Ampliamento prato est (FASE 2)

Sul lato est è prevista in FASE 2 la sistemazione a verde (prato) dell'area attualmente incolta attorno alla rampa carrabile di via Bovisasca avente un'estensione di circa 829 mq. Il contributo meteorico è convogliato alla vasca di accumulo IS4bis e quindi alla trincea drenante.

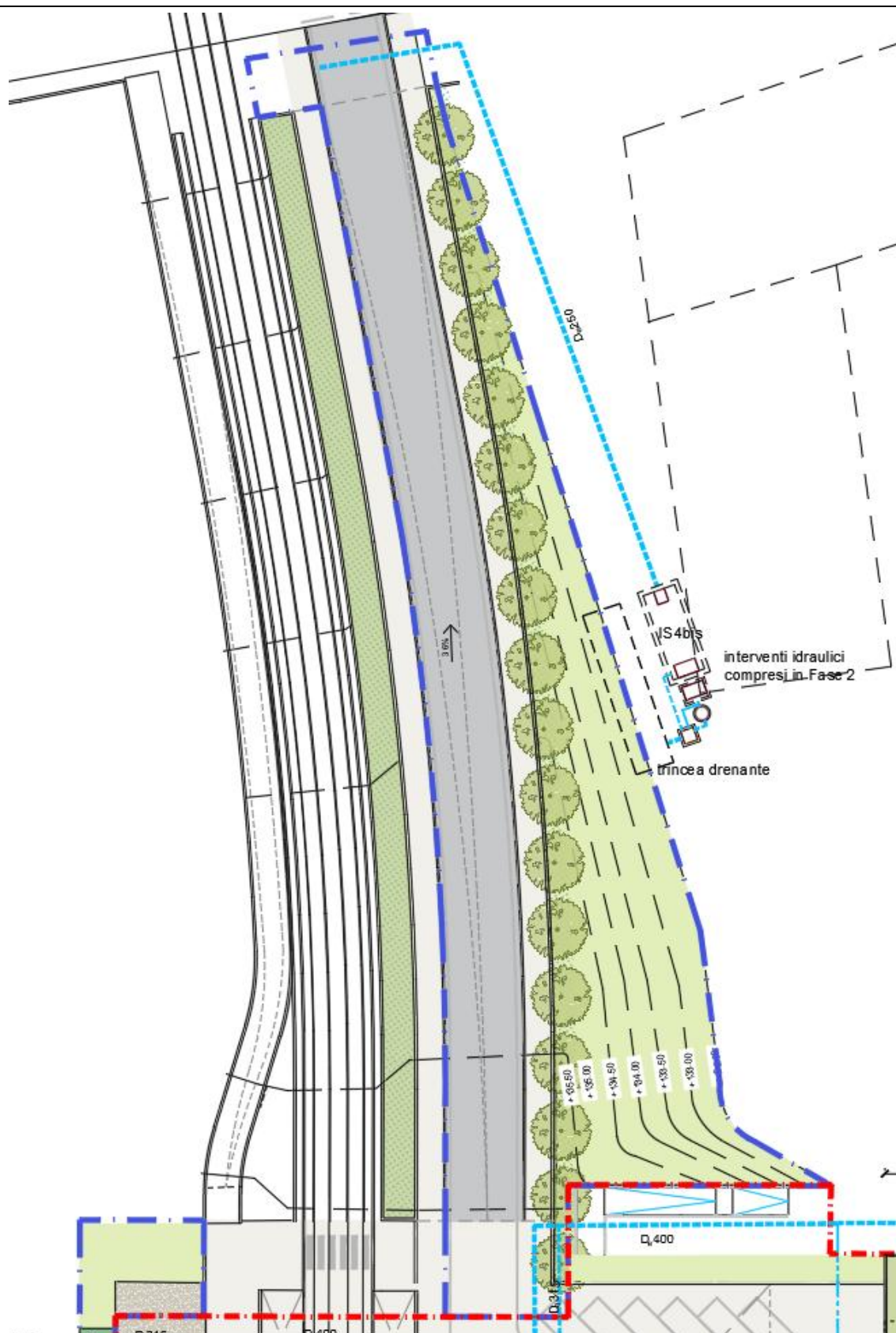


Figura 4-6 Stralcio planimetrico degli interventi sul lato est previsti in FASE 2 comprensivi della rampa carrabile di via Bovisasca, della sistemazione a verde del prato, della vasca di accumulo IS4bis e della trincea drenante

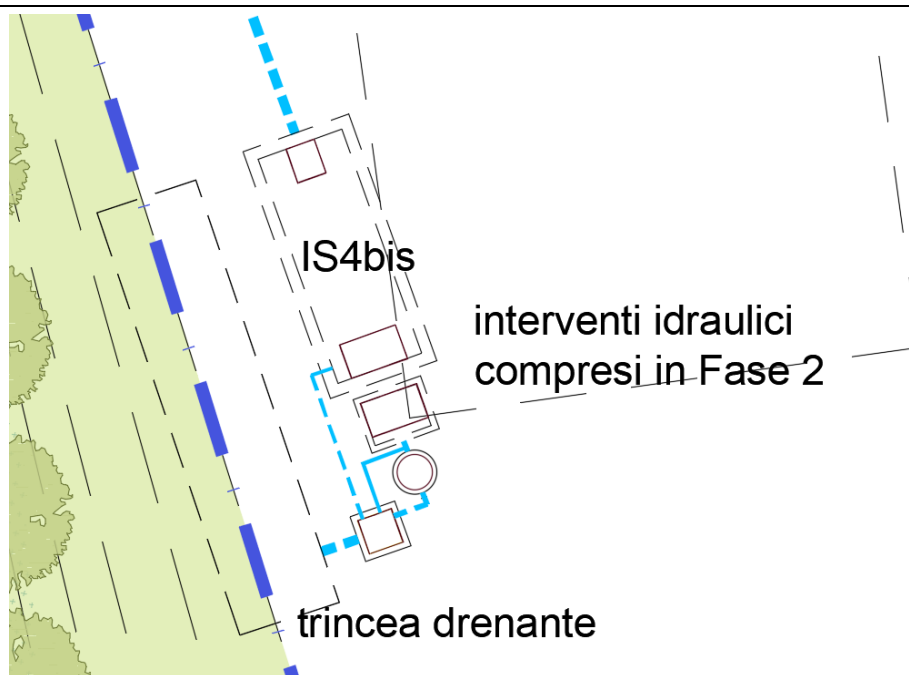


Figura 4-7 Stralcio planimetrico con dettaglio della vasca IS4bis e trincea drenante (FASE 2)

8) Vasca di accumulo IS4 a servizio del lato est (FASE 1)

La vasca di accumulo prefabbricata prevista sul lato est (FASE 1) sarà realizzata in prossimità della nuova rampa di accesso del piazzale lato Milano (compresa in altro appalto) e risulterà completamente interrata fatta eccezione per i chiusini di ispezione in ghisa sferoidale D400.

L'impianto IS4 riceve le acque meteoriche provenienti dalla piastra verde lato nord-est, da una porzione della piazza nord e dalle coperture verdi dei locali FerrovieNord del piano Molecola e le rilancia alle due trincee drenanti. Il parcheggio previsto su piazza nord, attualmente allacciato all'impianto IS4, sarà accessibile al traffico veicolare solamente al completamento della FASE 2: in tale occasione sarà installato un pozzetto disoleatore per pretrattare tali contributi meteorici.

La vasca è realizzata in c.a. con volume utile di 47mc tale da garantire la laminazione secondo il principio di invarianza idraulica. Lo svuotamento della vasca avviene mediante l'azionamento di 1 elettropompa sommergibile (è prevista una seconda pompa di riserva) mandata DN125 con portata di 25l/s. La vasca è ispezionabile a mezzo di chiusini modulari per permettere la movimentazione delle apparecchiature e le operazioni di manutenzione; essa è inoltre dotata di un bypass di emergenza a gravità collegato alle trincee drenanti la cui attivazione sarà segnalata misuratori di livello.

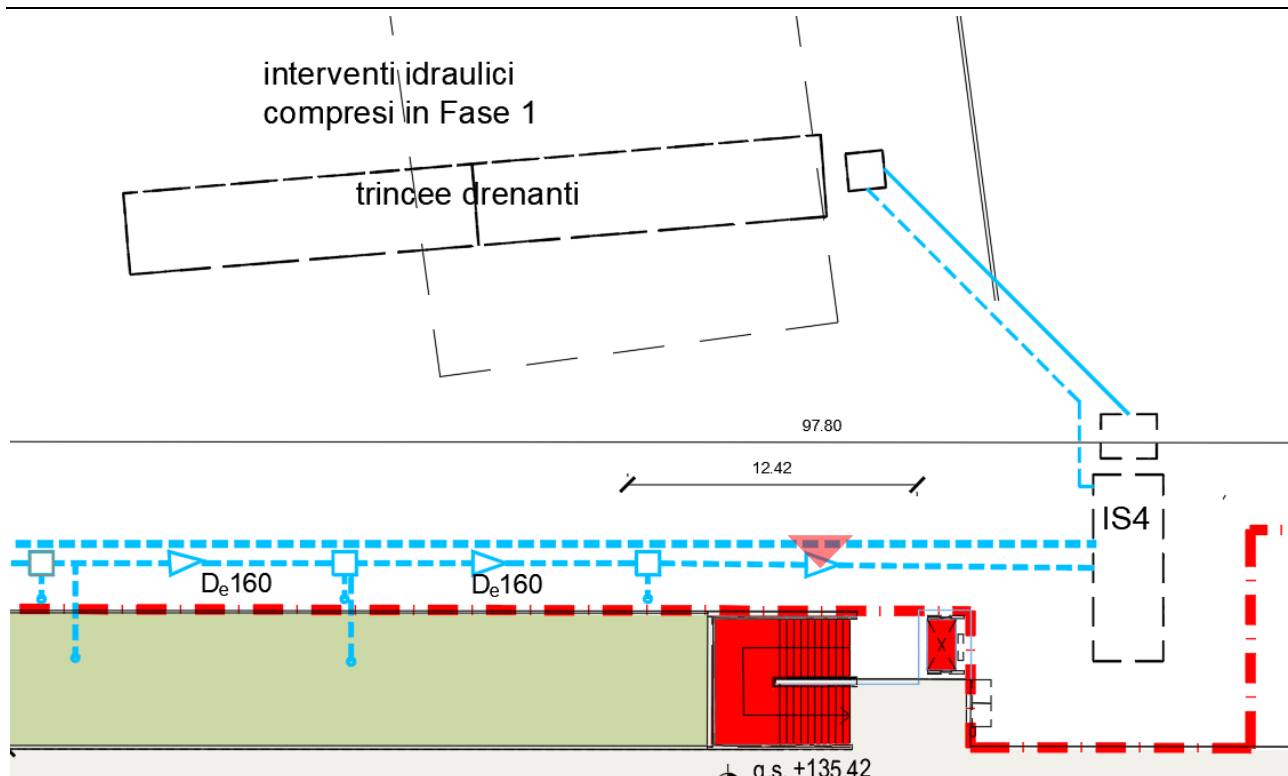


Figura 4-8 Dettaglio planimetrico della vasca di accumulo IS 4 e delle trincee drenanti

9) Trincee drenanti a servizio del lato est (FASE 1 e FASE 2)

Sul lato est è prevista la realizzazione di n.3 trincee drenanti ciascuna lunga 15 m, di altezza pari a 3 m e larghezza pari a 3.5 m. Ogni trincea ha una capacità di laminazione pari a circa 53 mc per un volume complessivo di 94 mc.

Nella FASE 1 saranno realizzate n.2 trincee mentre la terza trincea sarà compresa negli interventi di FASE 2.

La trincea disperdente è realizzata con un materasso in ghiaietto con porosità non inferiore al 30%, alto 3.0m e con superficie di impronta di 52.5mq, avvolto con geotessile filtrante.

Il volume utile complessivo di laminazione, dato dalla somma dei volumi di accumulo nelle vasche IS4 e IS4BIS e nelle 3 trincee disperdenti è di circa 254mc.

4.2. Sottostazione elettrica

L'area della sottostazione sarà dotata di una rete di raccolta delle acque meteoriche provenienti dalla copertura del fabbricato e dal piazzale antistante, con un'estensione complessiva delle superfici scolanti di 2100mq.

L'intera rete confluirà a un pozzetto con sfioratore per il trattamento delle acque di prima pioggia mediante disoleatore. A valle di esso sarà presente una vasca di laminazione ed un sistema disperdente che garantiranno l'ottemperanza del regolamento regionale in materia di invarianza idraulica.

La rete è così articolata:

- I pluviali della copertura sono in PVC con DE125mm e pozzetto di ispezione al piede 30x30cm.
- Il drenaggio del piazzale avviene con canalette in c.a. con larghezza 40cm, altezza variabile e con griglia carrabile in ghisa di classe D400. Le canalette scaricheranno nella rete di scarico.
- La rete di scarico è costituita da tubazioni interrate in PVC SN8 con pozzetti di ispezione 80x80cm e 100x100mm
- Disoleatore per il trattamento delle acque di prima pioggia con portata nominale di 15l/s e bypass di piena.
- Vasca di laminazione in c.a. gettato in opera di dimensioni interne 3.5x6.0x3.05 m con filtro in acciaio inox.
- Trincea disperdente realizzata con un materasso in ghiaietto con porosità non inferiore al 30%, alto 2.5m e con superficie di impronta di 110mq, avvolto con geotessile filtrante.

Il volume utile complessivo di laminazione, dato dalla somma dei volumi di accumulo nella vasca e nella trincea disperdente è di circa 140mc.

4.3. Tratte ferroviarie

Lo smaltimento delle acque relative alle opere di linea è previsto mediante infiltrazione nel suolo secondo le seguenti modalità:

1) Sezione ferroviaria senza materassino antivibrazione

Nei tratti in cui la piattaforma ferroviaria è posata direttamente su terreno si prevede il drenaggio con infiltrazione diretta dal ballast al suolo sottostante. Al fine di garantire il corretto smaltimento delle acque sarà adottata una fondazione in supercompattato drenante $h=30\text{cm}$, con permeabilità non inferiore a $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$.

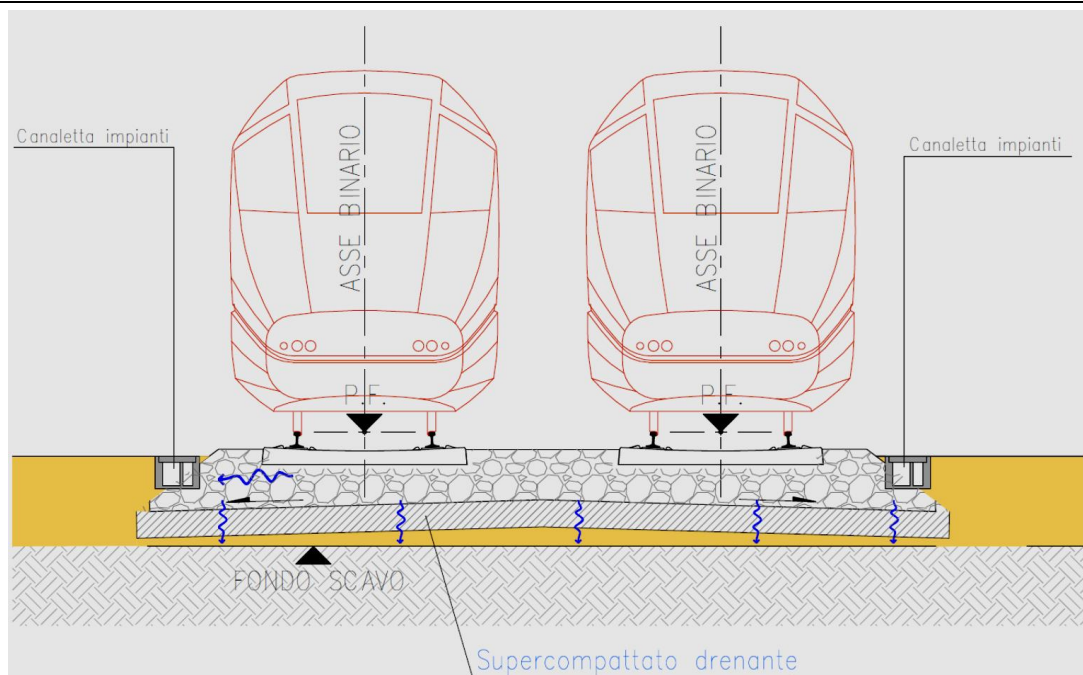


Figura 4-9: sezione ferroviaria con supercompattato drenante

2) Sezione ferroviaria con materassino antivibrazione

Nei tratti in cui è prevista la posa di materassino antivibrazione la raccolta dovrà essere effettuata mediante trincee drenanti aderenti allo strato impermeabile con la funzione di intercettare le acque che scorrono sullo strato impermeabile. Le trincee scaricheranno direttamente nel suolo per infiltrazione.

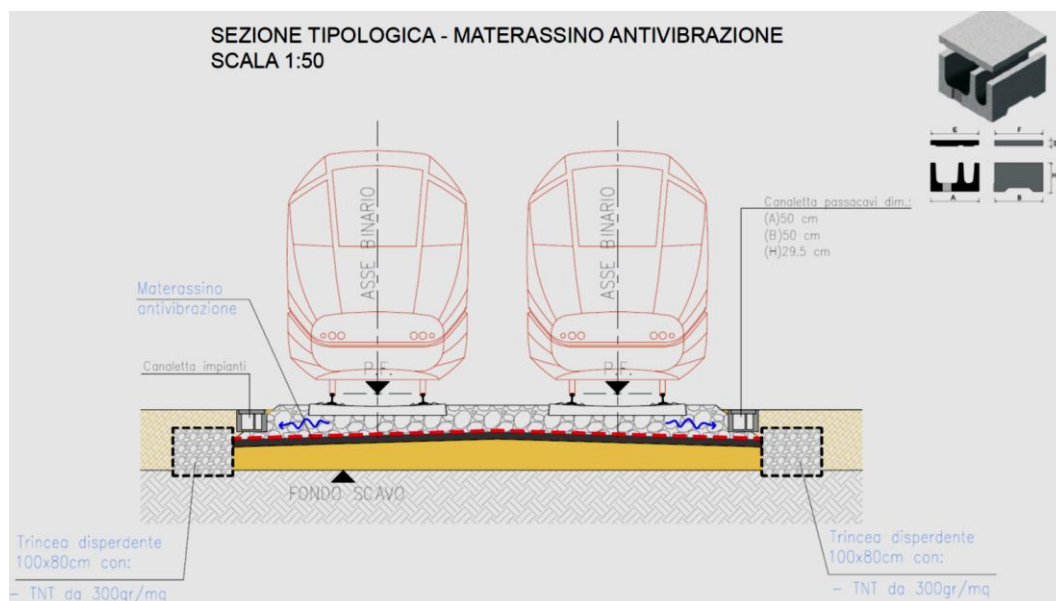


Figura 4-10: sezione ferroviaria con materassino antivibrazione

3) Sezione ferroviaria in presenza di muri di sostegno a U

Per i tratti in rilevato con muri di sostegno a U si prevede la realizzazione di trincee drenanti a tergo dei muri con funzione di allontanare le acque dal rilevato. Esse recapiteranno in trincee disperdenti posizionate nelle aree adiacenti. Si osservi la sezione tipologica seguente.

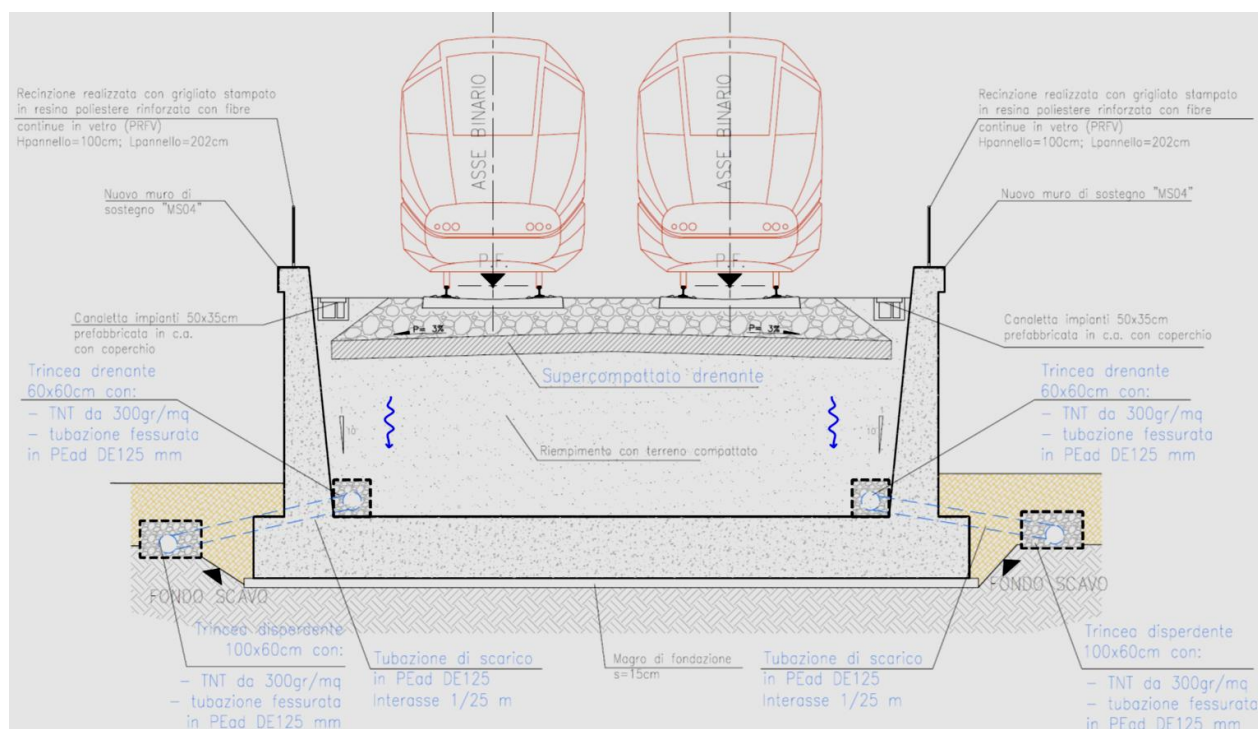


Figura 4-11: drenaggio tratte ferroviarie mediante infiltrazione nel suolo

4) Passantino

Il drenaggio della copertura del passantino avviene con modalità analoghe a quelle previste per i tratti di rilevato con muri a U.

L'allontanamento delle acque dal rilevato verso l'esterno del passantino è effettuato con trincee drenanti a tergo dei muri, collegate a tubazioni di scarico PVC DE125 che recapitano in trincee disperdenti poste all'esterno delle opere strutturali.

Inoltre, data la presenza sui binari II e III di tappetini antivibranti, è prevista la posa di trincee drenanti per l'intercettazione delle acque ai margini dello strato impermeabile e la loro veicolazione verso il terreno di rilevato. Per quanto concerne le acque che possono raccogliersi all'interno della galleria artificiale è prevista la posa di una tubazione drenante fessurata per il drenaggio dello strato di ballast. La tubazione avrà pendenza verso Sud (analogamente alla

fondazione del passantino) e recapiterà a valle in una trincea disperdente già predisposta per la raccolta della copertura.

5. PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

Come richiesto dall'art.11 del RR 7/2017, nella progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica, si adotterà un tempo di ritorno $T_R=50$ anni, in modo da avere un accettabile grado di sicurezza.

Per il calcolo delle precipitazioni di progetto si adotteranno i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale.

5.1. Dati idrologici

Dal 1° gennaio 2004 il Servizio Idrografico ha assunto le competenze e le funzioni, a livello regionale, dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) e ha acquisito la rete delle stazioni idro-pluviometriche presenti sul territorio lombardo. La raccolta, analisi, interpretazione e diffusione dei dati dalle reti automatiche e meccaniche ha permesso di ricostruire il quadro conoscitivo dello stato idrologico a scala regionale. I risultati di tale studio sono pubblicati ufficialmente sul portale internet di ARPA (<http://idro.arpalombardia.it>).

Le curve di possibilità pluviometrica per l'area della città di Milano sono state ricavate sulla base dei dati pluviometrici raccolti dalle stazioni di misura dell'ARPA Lombardia, mediante la consultazione dei risultati del progetto STRADA (*Strategie di Adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero - 2013*)

Il contesto in cui ARPA Lombardia ha svolto le attività di aggiornamento della descrizione statistica delle precipitazioni intense è quello della presenza di una base di dati strumentali già consolidata, costituita dalle osservazioni delle piogge massime annue di fissata durata di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore per 105 stazioni meccaniche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, già utilizzate per lo sviluppo di un'attività di caratterizzazione statistica del territorio regionale mediante un modello scala-invariante secondo la distribuzione probabilistica GEV (Generalized Extreme Value), che ha prodotto la parametrizzazione delle LSPP su 69 punti strumentati e da questi su tutto il territorio regionale tramite tecniche di estrapolazione geostatistica (6); questo servizio è attualmente operativo e accessibile su piattaforma web-gis sul sito web istituzionale di ARPA

Le tipologie di dati che con il progetto STRADA sono stati integrati hanno una struttura differente ma complementare, si riassumono di seguito le rispettive caratteristiche principali:

- **Osservazioni storiche:** ampia copertura temporale (1929-2001); ridotta copertura territoriale (69 siti del dataset esistente + 31 siti aggiunti); distribuzione spaziale non uniforme, più concentrata in aree montane e metodologia di misura e registrazione tradizionale (pluviometri a bascula con bocca tarata da 1000 cm²). Procedimenti di validazione standard.

- Osservazioni recenti: ridotta copertura temporale (1987-2011); ampia copertura territoriale (251 siti); dati raccolti direttamente in formato digitale da stazioni automatiche con validazione semiautomatica; equipaggiamento strumentale non omogeneo, costituito da pluviometri a bascula con bocche tarate di diametri differenti, da 400 a 1000 cm².

Ai fini del presente progetto si è individuata la serie di curve di possibilità climatica relative all'area di interesse impiegando l'interfaccia web predisposta da ARPA Lombardia (Figura 5-1).

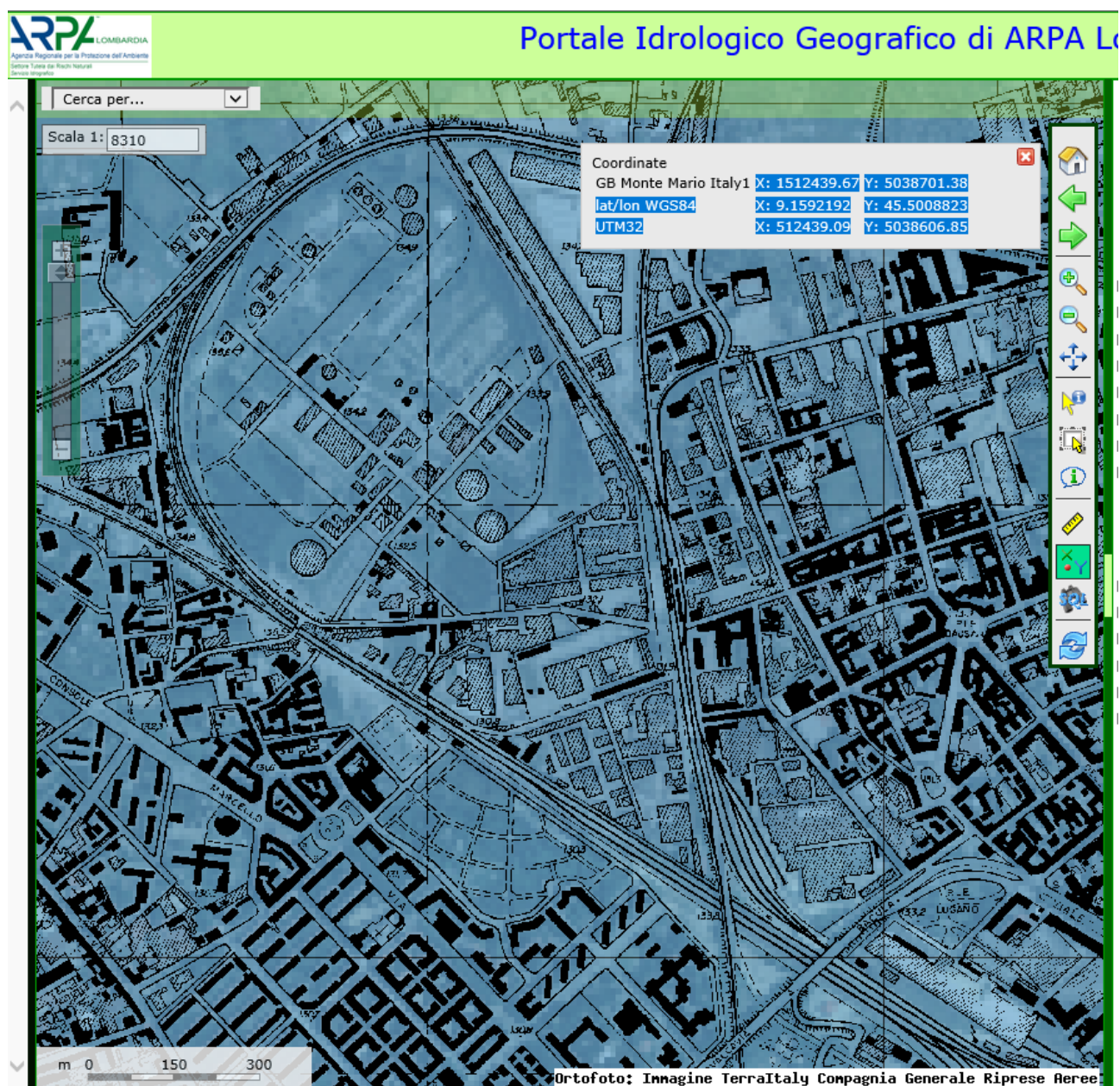



Figura 5-1: web-gis di ARPA Lombardia per la definizione di parametri di precipitazione

Tabella 1: output dell'estrazione dei parametri regionalizzati

Parametri pluviometrici	
Parametro	Valore
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	30.459999
N - Coefficiente di scala	0.3055
GEV - parametro alpha	0.29620001
GEV - parametro kappa	-0.0294
GEV - parametro epsilon	0.81959999

Si riporta di seguito l'estratto del calcolo delle curve di possibilità climatica con il metodo LSPP, effettuato mediante i fogli di calcolo predisposti da ARPA. Si evidenzia in rosso la curva con tempo di ritorno di 50 anni, adottata per la progettazione del sistema di raccolta delle acque meteoriche e degli interventi per garantire l'invarianza idrologica e idraulica.



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Milano - BOVISA*
Coordinate:

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 30.459999
N - Coefficiente di scala 0.3055
GEV - parametro alpha 0.29620001
GEV - parametro kappa -0.0294
GEV - parametro epsilon 0.81959999

Linea segnatrice
Tempo di ritorno (anni) **50**

Evento pluviometrico
Durata dell'evento [ore]
Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

Bibliografia ARPA Lombardia:
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf>
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0.92875	1.27382	1.50870	1.73893	2.04426	2.27860	2.51693	2.04425594
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	28.3	38.8	46.0	53.0	62.3	69.4	76.7	62.2680339
2	35.0	48.0	56.8	65.5	77.0	85.8	94.7	76.9537552
3	39.6	54.3	64.3	74.1	87.1	97.1	107.2	87.1015126
4	43.2	59.3	70.2	80.9	95.1	106.0	117.1	95.1030578
5	46.3	63.4	75.1	86.6	101.8	113.5	125.4	101.812357
6	48.9	67.1	79.4	91.6	107.6	120.0	132.5	107.644132
7	51.3	70.3	83.3	96.0	112.8	125.8	138.9	112.834681
8	53.4	73.2	86.7	100.0	117.5	131.0	144.7	117.532817
9	55.4	75.9	89.9	103.6	121.8	135.8	150.0	121.838976
10	57.2	78.4	92.9	107.0	125.8	140.2	154.9	125.824483
11	58.9	80.7	95.6	110.2	129.5	144.4	159.5	129.542006
12	60.4	82.9	98.2	113.2	133.0	148.3	163.8	133.031664
13	61.9	84.9	100.6	116.0	136.3	152.0	167.8	136.324793
14	63.4	86.9	102.9	118.6	139.4	155.4	171.7	139.446388
15	64.7	88.7	105.1	121.1	142.4	158.7	175.3	142.416738
16	66.0	90.5	107.2	123.6	145.3	161.9	178.8	145.252564
17	67.2	92.2	109.2	125.9	148.0	164.9	182.2	147.967828
18	68.4	93.8	111.1	128.1	150.6	167.8	185.4	150.574318
19	69.5	95.4	113.0	130.2	153.1	170.6	188.5	153.082088
20	70.6	96.9	114.8	132.3	155.5	173.3	191.5	155.499794
21	71.7	98.4	116.5	134.3	157.8	175.9	194.3	157.834939
22	72.7	99.8	118.2	136.2	160.1	178.4	197.1	160.094084
23	73.7	101.1	119.8	138.0	162.3	180.9	199.8	162.282992
24	74.7	102.4	121.3	139.9	164.4	183.3	202.4	164.406767

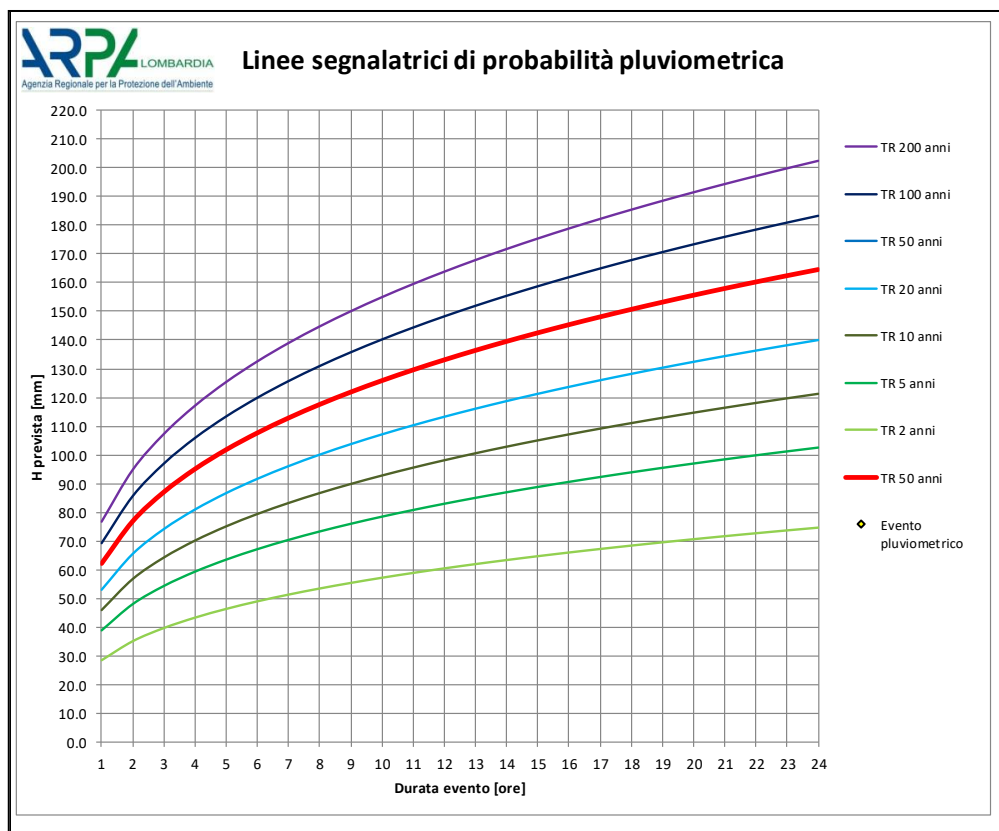


Figura 5-2 - andamento delle curve di possibilità climatica, metodo LSPP

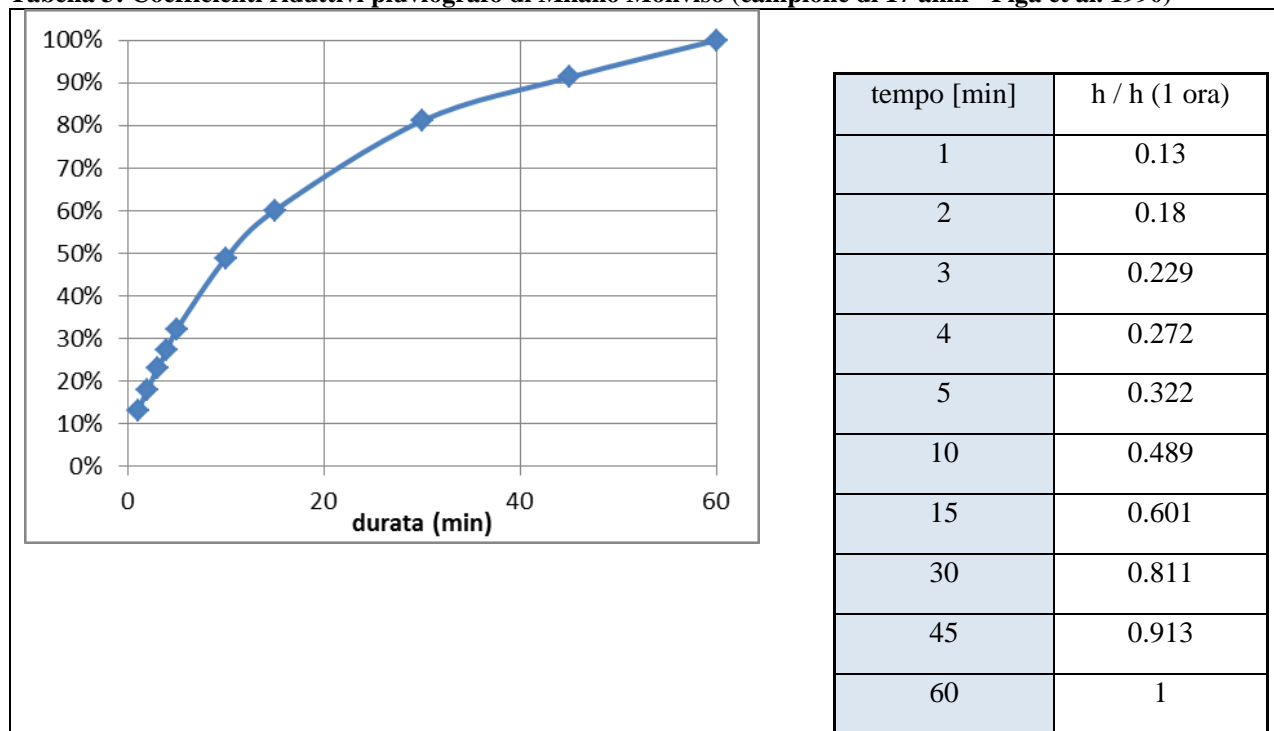
Tabella 2: paramteri delle curve di progetto

	a	n
CPP TR=50anni	62.268	0.3055
CPP TR=100anni	69.400	0.3055

5.2. Precipitazioni di durata inferiore a 1 ora

Le curve di possibilità climatica ottenute con il metodo LSPP sono calibrate per eventi con durata superiore ad un'ora pertanto, per le precipitazioni con durata inferiore, si è scelto di ricavare le massime altezze di pioggia a partire dal dato disponibile dell'altezza massima di durata oraria (parametro a della forma monomia) applicando un coefficiente correttivo definito in letteratura sulla base dello studio delle serie pluviometriche rilevate dalla stazione di Milano Monviso (campione di 17 anni - Piga et al. 1990).

Tabella 3: Coefficienti riduttivi pluviografo di Milano Monviso (campione di 17 anni - Piga et al. 1990)



5.3. Coefficienti udometrici eventi di progetto

Il dimensionamento delle opere di raccolta delle acque è stato effettuato a favore di sicurezza per un evento meteorico con tempo di ritorno pari a 50 anni e durata proporzionale al tempo di corrvazione della rete assunto pari a 15 minuti.

Come si può ricavare dagli studi idrologici riportati al capitolo precedente, l'evento di progetto è caratterizzato da un'altezza di pioggia di **37.4 mm** con intensità media di **149.7 mm/h**:

Assunti tali valori di precipitazione la formula razionale si presenta nella forma:

$$u = \frac{10000}{3600} \Phi \cdot i$$

dove:

⇒ u = coefficiente udometrico in l/s per ettaro

⇒ i = intensità in mm/h

⇒ Φ coefficiente di deflusso globale con valori definiti dall'art.11 comma d) del RR 7/2007 e smi:

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

I coefficienti udometrici di progetto risultano quindi riepilogati in Tabella 4.

Tabella 4: coefficienti udometrici di progetto

	Superfici impermeabili	Superfici pavimentate semipermeabili	Superfici permeabili
Cd	1.0	0.7	0.3
Coefficienti udometrici (l/s ha)	416	291	125

5.4. Portate di progetto

Le portate di piena derivanti dalle aree scolanti in progetto sono indicate di seguito.

Tabella 5: portate di piena TR50 - Ampliamento Stazione Bovisa

Superfici scolanti	Superficie (mq)	ϕ	Sup. equivalente (mq)	u (l/s ha)	Qp (l/s)
Parcheggi lato Milano	1776	1,0	1776	416	73,8
Tetto edificio Viaggiatori	3172	1,0	3172	416	131,9
Piazzale lato Saronno	2564	0,7	1795	291	74,6
Ampliamento stazione lato via Siccoli	1555	0,7	1089	291	45,3
Sottostazione elettrica	2100	1,0	2100	416	87,3
Piastra verde lato ovest	4320	0,7	3024	291	125,7
Piastra verde lato est	2956	0,7	2069	291	86,0
Rampa est + Ampliamento prato lato est	1992	0,7	1412	291	58,0
Totale	20'435	0,8	16'436		682,7

Tabella 6: portate di piena TR50 – Stazione di Bovisa – parte esistente

Superfici scolanti	Superficie (mq)	ϕ	Sup. equivalente (mq)	u (l/s ha)	Qp (l/s)
Totale	12953	1.000	12953	416	538.6

Tabella 7: portate di piena TR50 – Nuova Sottostazione elettrica

Superfici scolanti	Superficie (mq)	ϕ	Sup. equivalente (mq)	u (l/s ha)	Qp (l/s)
Totale	2100	1.000	2100	416	87,3

Tabella 8: portate di piena TR50 - Ampliamento stazione lato via Siccoli

Superfici scolanti	Superficie (m²)	ϕ	Sup. equivalente (m²)	u l/s ha)	Qp (l/s)
Totale	1555	0,7	1089	291	45,3

Tabella 9: portate di piena TR50 - Piastra verde lato ovest

Superfici scolanti	Superficie (m²)	ϕ	Sup. equivalente (m²)	u l/s ha)	Qp (l/s)
Totale	4320	0,7	3024	291	125,7

Tabella 10: portate di piena TR50 - Piastra verde lato est

Superfici scolanti	Superficie (m²)	ϕ	Sup. equivalente (m²)	u l/s ha)	Qp (l/s)
Totale	2956	0,7	2069	291	86,0

Tabella 11: portate di piena TR50 - Rampa est + Ampliamento prato lato est

Superfici scolanti	Superficie (m²)	ϕ	Sup. equivalente (m²)	u l/s ha)	Qp (l/s)
Totale	1992	0,7	1412	291	58,0

6. INVARIANZA IDRAULICA

6.1. Premessa

Il dimensionamento dei sistemi di invarianza idraulica è effettuato per i seguenti interventi:

- Ampliamento della stazione di Bovisa
- Nuova Sottostazione Elettrica
- Opere di linea

Ai sensi dell'art. 7 del RR 7/2017, il Comune di Milano è classificato come **area A – area ad alta criticità idraulica**.

La superficie complessiva degli interventi risulta superiore a 1ha, pertanto secondo il RR l'intervento è classificato in **classe “2” – Impermeabilizzazione potenziale alta**, per cui è prevista l'applicazione della procedura di verifica “dettagliata” (art.11) oltre al rispetto dei requisiti minimi di cui all'art.12 c.2 che prescrive un volume di laminazione minimo pari a 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Poiché lo smaltimento delle acque per gli interventi suddetti avviene unicamente per infiltrazione nel suolo e senza scarichi alla rete fognaria, è possibile applicare una riduzione del 30% del volume minimo richiesto, come previsto dall'Art.11 lettera e) comma 3 del RR, stante la disponibilità di prove di permeabilità eseguite in sito.

Pertanto, nel caso in esame il requisito minimo da assumersi è pari a 560 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Nei seguenti paragrafi si espone il dimensionamento dei sistemi di invarianza che comprenderanno:

- Per gli interventi di ampliamento della stazione e della nuova sottostazione elettrica sono previsti vasche di laminazione e sistemi disperdenti (paragrafo § e seguenti).
- Per le opere di linea sono previsti volumi di laminazione e elementi disperdenti incorporati nelle sezioni ferroviarie (paragrafo §0).

6.2. Permeabilità del suolo

I sistemi di smaltimento per dispersione in progetto (trincee e pozzi) avranno profondità di posa compresa tra i 2 e i 5 m da p.c..

Il dimensionamento è stato svolto in riferimento alle misure di permeabilità eseguite da parte di Ferrovie Nord S.p.A. nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e presentate nella

Relazione Geologica ad esso allegata (emessa a marzo 2019). Le prove sono state eseguite con metodo Lefranc, a profondità di circa 18-25m e forniscono dei valori apprezzabili di permeabilità (mediamente pari a $5 \cdot 10^{-4}$ m/s). Inoltre, durante le prove si è rilevata la soggiacenza della falda a 17m da piano campagna.

Di seguito si riportano gli esiti delle prove eseguite.

Tabella 12: risultato delle prove Lefranc eseguite

ID sondaggio	Tratto di prova	K (m/s)	litologia
S3	18.70 – 19.50	5,4E-04	Sabbia con ghiaia e rari ciottoli
S3	23.40 – 24.00	4,9E-04	Sabbia con ghiaia
S4	17.10 – 18.00	4,9E-04	Sabbia deb. Limosa con ghiaia
S4	24.80 – 25.50	7,7E-04	Sabbia deb. limosa e ghiaia, rari ciottoli

In riferimento a quanto emerso durante le prove geognostiche la stratigrafia del suolo presenta una matrice prevalentemente ghiaioso-sabbiosa con tessitura grossolana e debole presenza di limo, presente fino al livello della falda freatica. Lo strato superficiale di riporto ha spessore variabile e può raggiungere i 3.5-4 m da p.c..

Poiché le misure di permeabilità disponibili non caratterizzano lo strato di riporto superficiale si prevede l'esecuzione di ulteriori prove specifiche da effettuare nelle successive fasi progettuali, in corrispondenza delle trincee/pozzi disperdenti.

Sulla base degli esiti delle ulteriori prove potrà essere prevista la bonifica dello strato di terreno superficiale con riporto di materiale granulare con permeabilità non inferiore a quella rilevata in profondità, al fine di garantire una corretta continuità idraulica con il terreno sottostante.

6.3. Dimensionamento delle vasche di laminazione

Il dimensionamento delle vasche di laminazione consiste nella determinazione del volume di accumulo e quindi delle dimensioni dei relativi locali, ed è effettuato per un evento con tempo di ritorno di 50 anni.

La portata di scarico delle vasche è stata determinata in relazione alla capacità di infiltrazione nel suolo delle trincee disperdenti previste in progetto il cui valore è calcolato nel seguente paragrafo.

Per quanto riguarda il metodo di dimensionamento delle vasche si è ritenuto applicare in prima fase la procedura di calcolo del “metodo delle sole piogge”. Successivamente si è proceduto alla verifica

delle vasche con la metodologia dettagliata (richiesta dal RR), adottando un modello di afflussi-deflussi calibrato per l'area in oggetto.

Al fine della verifica dei franchi di sicurezza la procedura dettagliata è stata svolta anche in riferimento ad eventi con TR100anni, come previsto dal RR 7/2017.

6.3.1. Capacità di scarico per infiltrazione

6.3.1.1. POZZI PERDENTI

La portata in uscita, che si infiltra nel terreno attraverso il fondo e le superfici laterali dei pozzi disperdenti è calcolata con il seguente metodo.

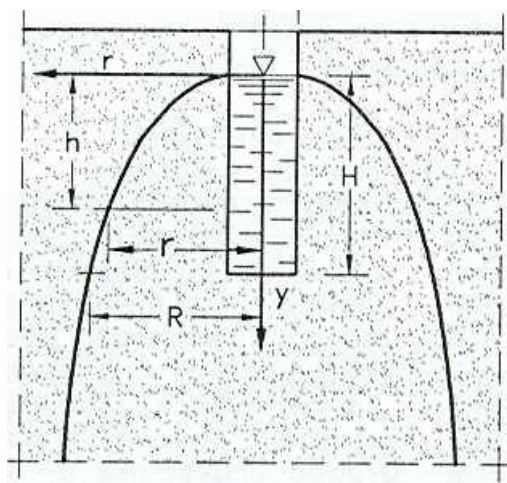


Figura 6-1: schema pozzo dispersente

La portata dispersa da un pozzo in condizioni di battente statico (H) e profondità della falda illimitata è data dalla portata laterale:

$$Ql = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot (H^2)}{\ln(R/r_0)}$$

dove:

- K coefficiente di filtrazione secondo Darcy (m/s)
- H altezza dell'acqua all'interno del pozzo (m)
- r₀ raggio del pozzo (m)
- R raggio di influenza della zona di infiltrazione in corrispondenza della quota del fondo.

dove il rapporto R/r₀ può essere calcolato approssimativamente con la seguente espressione:

$$\frac{R}{r_0} = 3.828 \sqrt{\left(1 + \frac{H}{r_0}\right) - 1}$$

La formula fa riferimento allo schema di moto filtrante riportato nella figura in alto ed a essa si deve aggiungere la portata dispersa dal fondo del pozzo.

$$Q_f = \pi \cdot K \cdot r_o^2$$

A tale sistema di dispersione si associa un'efficienza pari al 70% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine. Nel caso in esame la permeabilità considerata per il dimensionamento del sistema è quella del terreno esistente, pari a $K = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Simulazione funzionamento pozzo disperdente		
Pozzi con falda profonda		
Coeff permeabilità K		5.0E-04 m/s
Diam pozzo		1 m
Raggio pozzo r_0		0.5 m
Area pozzo		0.79 mq
Raggio ghiaia attorno pozzo	(> r_0)	1.00 m
Area immagazzinamento ghiaia (30% porosità)		0.71 mq
H disperdente pozzo [m]		3.0 m
Altezza totale pozzo [m]		4.0 m
R/ r_0		9.4
R		4.7 m
Volume utile pozzo ca		2.4 mc
Volume totale pozzo ca		3.1 mc
Volume totale ghiaia	intorno a pozzo ca	2.8 mc
Volume totale pozzo +ghiaia		6.0 mc

SINGOLO POZZO		
Q _{max} Pozzo	laterale	12.6 l/s
	fondo	0.39
	Totale	13.0
Efficienza		0.70
Portata di progetto		9.10 l/s

Si ha una capacità di infiltrazione dei pozzi di 9 l/s.

La portata nominale dell'intera batteria di pozzi è quindi di 36 l/s.

6.3.1.2. TRINCEA DISPERDENTE

In base a quanto precedentemente affermato la capacità di infiltrazione della trincea disperdente in progetto si ottiene applicando la relazione di Darcy:

$$Q_{drenaggio} = 1000 \cdot k \cdot S_{drenaggio} \quad [l/s]$$

Dove k rappresenta il fattore di permeabilità del suolo espresso in m/s.

La portata u_{lim} è quindi calcolata in rapporto alla superficie di impronta della trincea disperdente, assumendo un fattore di permeabilità $k=5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Tabella 13: capacità di infiltrazione delle trincee disperdenti in progetto

Vasche	Sup.infiltrazione (mq)	Q scarico infiltr. (l/s)
Sottostazione Elettrica	110	55,0
Piastra nord est	52,50	26,3
Rampa est + Prato est	52,50	26,3

6.3.1.3. Portate di scarico di progetto

Poiché le misure di permeabilità effettuate non caratterizzano esattamente il terreno in corrispondenza dei pozzi e della trincea si è assunto un valore cautelativo della capacità di infiltrazione dei sistemi disperdenti pari a 25 l/s per ciascun sistema.

Questo valore è assunto al fine del dimensionamento dei volumi di laminazione.

6.3.2. Dimensionamento con il “Metodo delle sole piogge”

Il metodo si basa sulle seguenti assunzioni:

- l’onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell’invaso di laminazione è un’onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell’intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l’area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell’intervento afferente all’invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l’effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all’invaso. Conseguentemente l’onda entrante nell’invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell’intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all’invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell’articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento (quindi $S \cdot \varphi$ è la

- superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA)
- l'onda uscente $Qu(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'articolo 8 comma 1 del regolamento. Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione. Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 .

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (4)$$

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,lim} \cdot D_w \quad (5)$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura convenzionali:

W_0	in [m ³]
S	in [ha]
a	in [mm/ora ⁿ]
θ	in [ore]
D_w	in [ore]
$Q_{u,lim}$	in [l/s]

Le equazioni (4) e (5) diventano:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (4')$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w \quad (5')$$

Nel caso in esame la portata di scarico limite è assunta pari alla capacità di infiltrazione della trincea disperdente o dei pozzi, che rappresentano il recapito finale. Tale valore è assunto di 25l/s per ciascuna vasca.

Si procede al calcolo dei volumi di laminazione secondo il metodo delle sole piogge.

Tabella 14: volumi di accumulo con metodo delle sole piogge

Vasche	Area drenaggio (m ²)	ϕ	Q scarico pozzi/trincee (l/s)	Dw (h)	W ₀ (m ³)
Ampliamento stazione Bovisa	9067	0,9	25	2,07	423
Sottostazione elettrica	2100	1,0	25	0,31	64
Piastra verde lato ovest	4320	0,7	25	0,52	107
Piastra verde lato est	2956	0,7	25	0,30	62
Rampa est + Ampliamento prato lato est	1992	0,7	25	0,18	36

6.3.3. Requisito minimo (Art.12 del RR)

Si riporta di seguito il calcolo del volume minimo della vasca, definito rispetto ai requisiti minimi previsti dall'art.12 RR 7/2017 (800mc per ha di superficie impermeabile) con riduzione del 30% del volume minimo richiesto, come previsto dall'Art.11 lettera e) comma 3 del RR, ovvero 560 mc/ha.

Tabella 15: volumi di accumulo – requisito minimo

Vasche	Area drenaggio (m ²)	ϕ	Sup. impermeabile equivalente (m ²)	Wmin 560mc/ha (m ³)
Ampliamento stazione Bovisa	9067	0,9	7831	439
Sottostazione elettrica	2100	1,0	2100	118
Piastra verde lato ovest	4320	0,7	3024	169
Piastra verde lato est	2956	0,7	2069	116
Rampa est + Ampliamento prato lato est	1992	0,7	1412	79

6.3.4. Procedura dettagliata

Il calcolo del volume complessivo è effettuato mediante il bilancio dei flussi entranti ed uscenti durante gli eventi di precipitazione:

Portata entrante:

- L'afflusso istantaneo delle acque meteoriche drenate dalla rete di raccolta è definito con un idrogramma calcolato con il metodo razionale, in relazione alla superficie drenata (S), al coefficiente di deflusso (ϕ), al tempo di corrivazione (T_c), ed alla durata della precipitazione (T_p).
- La portata accumulata nella vasca è calcolata come l'afflusso meteorico istantaneo, al netto dell'infiltrazione nei sistemi disperdenti.

Portate uscenti:

- Scarico diretto per dispersione nei pozzi, il quale viene attivato immediatamente all'inizio dell'evento e che ha un valore massimo pari alla portata di progetto dei sistemi disperdenti (25l/s ciascuno).

I parametri idrologici caratteristici della rete di drenaggio sono i seguenti:

Tabella 16: parametri idrologici

Vasca	S (m²)	ϕ	Tc rete di raccolta (min)
Ampliamento stazione Bovisa	9067	0,9	15
Sottostazione elettrica	2100	1,0	15
Piastra verde lato ovest	4320	0,7	15
Piastra verde lato est	2956	0,7	15
Rampa est + Ampliamento prato lato est	1992	0,7	15

Il bilancio dei volumi è stato valutato in relazione ad eventi di pioggia di diversa durata (T_p) in modo da individuare l'evento critico che fornisce il massimo volume da laminare.

Di seguito si riportano i valori calcolati del volume di laminazione per le diverse durate di precipitazione e si riporta il grafico rappresentante l'evento con volume critico.

Il calcolo è effettuato in riferimento ai tempi di ritorno di 50 e 100 anni.

6.3.4.1. AMPLIAMENTO STAZIONE BOVISA – TR50

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 120 minuti (2 ore).

Tabella 17:TR50- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	229,9	122,9
15	213,2	169,4
20	200,2	210,2
30	177,8	275,0
60	135,5	397,6
120	83,7	422,6
180	63,2	412,1
240	51,7	384,8

6.3.4.2. AMPLIAMENTO STAZIONE BOVISA – TR100

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 120 minuti (2 ore).

Tabella 18:T100- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	256,2	138,7
15	237,6	191,4
20	223,1	237,7
30	198,1	311,7
60	151,0	453,5
120	93,3	491,7
180	70,4	490,2
240	57,6	470,1

6.3.4.3. NUOVA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA - TR50

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 45 minuti.

Tabella 19:TR50- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	61,6	22,0
15	57,2	29,0
20	53,7	34,4
30	47,7	40,8
45	40,5	41,8
60	36,3	40,8
80	29,7	22,8

6.3.4.4. NUOVA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA – TR100

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 60 minuti.

Tabella 20:TR100- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	68,7	26,2
15	63,7	34,8
20	59,8	41,8
30	53,1	50,6
45	45,1	54,4
60	40,5	55,7
80	33,2	39,1

6.3.4.5. PIASTRA VERDE LATO OVEST - TR50

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 60 minuti.

Tabella 21: TR50- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	88,8	38,3
15	82,3	51,6
20	77,3	62,7
30	68,6	78,6
60	52,3	98,3
120	32,3	52,7
180	24,4	-6,6
240	20,0	-72,4

6.3.4.6. PIASTRA VERDE LATO OVEST – TR100

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 60 minuti.

Tabella 22:TR100- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	98,9	44,4
15	91,8	60,1
20	86,1	73,4
30	76,5	92,7
60	58,3	119,9
120	36,0	79,4
180	27,2	23,6
240	22,3	-39,5

6.3.4.7. PIASTRA VERDE LATO EST - TR50

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 45 minuti.

Tabella 23: TR50- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	60.7	21.4
15	56.3	28.2
20	52.9	33.5
30	47.0	39.6
45	39.9	40.2
60	35.8	38.8
70	32.2	30.1

6.3.4.8. PIASTRA VERDE LATO EST – TR100

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 60 minuti.

Tabella 24: TR100- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
10	67.7	25.6
15	62.8	34.0
20	58.9	40.7
30	52.4	49.2
45	44.5	52.6
60	39.9	53.6
70	35.8	45.5

6.3.4.9. RAMPA EST + AMPLIAMENTO PRATO LATO EST - TR50 (FASE 2)

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 20 minuti.

Tabella 25: TR50- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
1	54.5	1.8
2	46.6	2.6
5	44.2	5.7
10	41.4	9.9
15	38.4	12.1
20	36.1	13.3
30	32.0	12.7

6.3.4.10. RAMPA EST + AMPLIAMENTO PRATO LATO EST – TR100 (FASE 2)

Come si evidenzia nei risultati riportati l'evento critico per la vasca di laminazione è quello con durata Tp pari a 30 minuti.

Tabella 26: TR100- portata e volume d'accumulo in funzione del tempo di precipitazione

Tp Durata della precipitazione (min)	Portata massima afflusso (l/s)	Volume massimo accumulo (mc)
1	60.8	2.1
2	52.0	3.2
5	49.2	7.3
10	46.2	12.7
15	42.8	16.1
20	40.2	18.3
30	35.7	19.3
45	30.3	14.4

6.3.5. Verifica del dimensionamento delle vasche

La verifica del volume di accumulo delle vasche è effettuata rispetto al massimo volume ottenuto dai calcoli con TR50 anni.

Tabella 27: riepilogo dei volumi di accumulo minimi per TR50 anni

Vasca	Vol. min Metodo delle sole piogge (m³)	Vol. min Art.12 RR (m³)	Vol. min Procedura dettagliata (m³)	Vol. utile minimo (m³)
Ampliamento stazione Bovisa	423	439	422,6	439
Sottostazione elettrica	64	118	41,8	118
Piastra verde lato ovest	107	169	98,3	169
Piastra verde lato est	62	116	40,2	116
Rampa est + Ampliamento prato lato est	36	79	13,3	79

Tabella 28: verifica dei volumi di accumulo per TR50 anni

Vasca	Vol. utile minimo (m³)	Vol. utile di progetto (m³)	VERIFICA
Ampliamento stazione Bovisa Piastra verde lato ovest	608	650 Accumulato nella vasca in c.a.	SODDISFATTA
Sottostazione elettrica	118	140 Accumulato nella vasca in c.a. e nella trincea disperdente	SODDISFATTA
Piastra verde lato est	116	154 Accumulato nella vasca in c.a. e nella trincea disperdente	SODDISFATTA
Piastra verde lato est + Rampa est Ampliamento prato lato est	79	100 Accumulato nella vasca in c.a. e nella trincea disperdente	SODDISFATTA

Si conclude che le vasche soddisfano il calcolo del volume come richiesto dal RR 7/2017.

6.3.6. Verifica con TR100 anni

Si riporta di seguito la verifica del volume di accumulo ottenuto dal calcolo con la procedura dettagliata per eventi TR100.

Tabella 29: verifica dei volumi di accumulo per TR100 anni

Vasca	Vol. accumulo TR100 (m³)	Vol. utile di progetto (m³)	VERIFICA
Ampliamento stazione Bovisa Piastra verde lato ovest	612	650	SODDISFATTA
Sottostazione elettrica	56	140	SODDISFATTA
Piastra verde lato est	54	154	SODDISFATTA
Rampa est + Ampliamento prato lato est	19	100	SODDISFATTA

Si osserva che le vasche sono in grado di ricevere in sicurezza e di smaltire i volumi dell'evento critico con TR100 anni. Alcuni valori del volume sono inferiori ai valori con TR50 poiché in quest'ultimo caso è stato inserito il valore utile minimo normativo necessario.

6.3.7. Determinazione del tempo di svuotamento degli invasi

Ai sensi dell'art.11 del RR 7/2017, il tempo di svuotamento dei volumi adibiti alla laminazione non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Dato che le portate uscenti dall'invaso di laminazione sono quelle delle pompe di rilancio, il tempo di svuotamento è dato da:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_{inf}}$$

Di seguito si riporta la verifica del tempo di svuotamento.

Tabella 30 – Tempi di svuotamento delle vasche di laminazione

Vasca	Volume (W_{lam}) (m³)	$Q_{svuotamento}$ (l/s)	Tempo di svuotamento t_{svuot} (h)
Ampliamento stazione Bovisa Piastra verde lato ovest	650	25	7,2
Sottostazione elettrica	140	25	1,6
Piastra verde lato est	154	25	1,7
Rampa est + Ampliamento prato lato est	100	25	1,1

La verifica è soddisfatta.

6.4. Opere di linea

6.4.1. Sezione con supercompattato drenante

Si considera la sezione tipologica con supercompattato drenante con spessore di 30cm, esso avrà permeabilità non inferiore a 1×10^{-3} m/s e una porosità pari al 30%.

Lo schema di calcolo per la verifica del funzionamento del sistema di infiltrazione è assimilabile ad una trincea disperdente, avente base uguale alla larghezza dello strato di supercompattato e altezza pari al suo spessore.

Essendo lo strato di supercompattato drenante appositamente studiato per avere una permeabilità superiore a quella del terreno esistente, 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, con una permeabilità pari a $K = 5 \times 10^{-4}$ m/s come definito in precedenza.

Nelle successive fasi progettuali è prevista la caratterizzazione della permeabilità di tutti i tratti ferroviari in progetto al fine di confermare il valore di permeabilità assunto in questa fase.

Il funzionamento dello strato drenante prevede l'accumulo delle acque meteoriche all'interno dei vuoti in esso presenti ed il rilascio progressivo per infiltrazione nel suolo sottostante. Lo strato si comporta quindi come un volume di laminazione la cui portata uscente è determinata dalla capacità di infiltrazione nel suolo.

La verifica del funzionamento dello strato drenante è condotta prendendo in considerazione un elemento di superficie unitaria e stimando la portata entrante ed uscente.

La portata in ingresso, variabile temporalmente, è ottenuta dall'afflusso meteorico netto (assumendo cautelativamente nulle tutte le perdite dovute allo strato di ballast).

La portata in uscita, che si infila nel terreno attraverso il fondo, è stata valutata moltiplicando la velocità di filtrazione per la superficie bagnata dal liquido secondo la relazione $Q_{inf} = k \cdot A_{inf} \cdot J$. Dove k rappresenta la conducibilità idraulica, A_{inf} la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso e J la cadente idraulica (posta pari a 1).

La capacità di infiltrazione è pari a 0.5l/s per metro quadrato.

Il calcolo è stato condotto in riferimento ad eventi meteorici con tempo di ritorno di 100 anni (da considerare per il progetto delle infrastrutture ferroviarie) variando la durata della precipitazione.

Tabella 31: TR100 – supercompattato drenante

Tempo (min)	h (mm)	i (mm/h)	Vol in (mc /mq)	q in (l/s mq)	q out(max) (l/s mq)
1	9.02	541.3	0.009	0.150	0.500
2	12.49	374.8	0.012	0.104	0.500
3	15.89	317.9	0.016	0.088	0.500
4	18.88	283.2	0.019	0.079	0.500
5	22.35	268.2	0.022	0.074	0.500
10	33.94	203.6	0.034	0.057	0.500
15	41.71	166.8	0.042	0.046	0.500
30	56.28	112.6	0.056	0.031	0.500
45	63.36	84.5	0.063	0.023	0.500
60	69.40	69.4	0.069	0.019	0.500

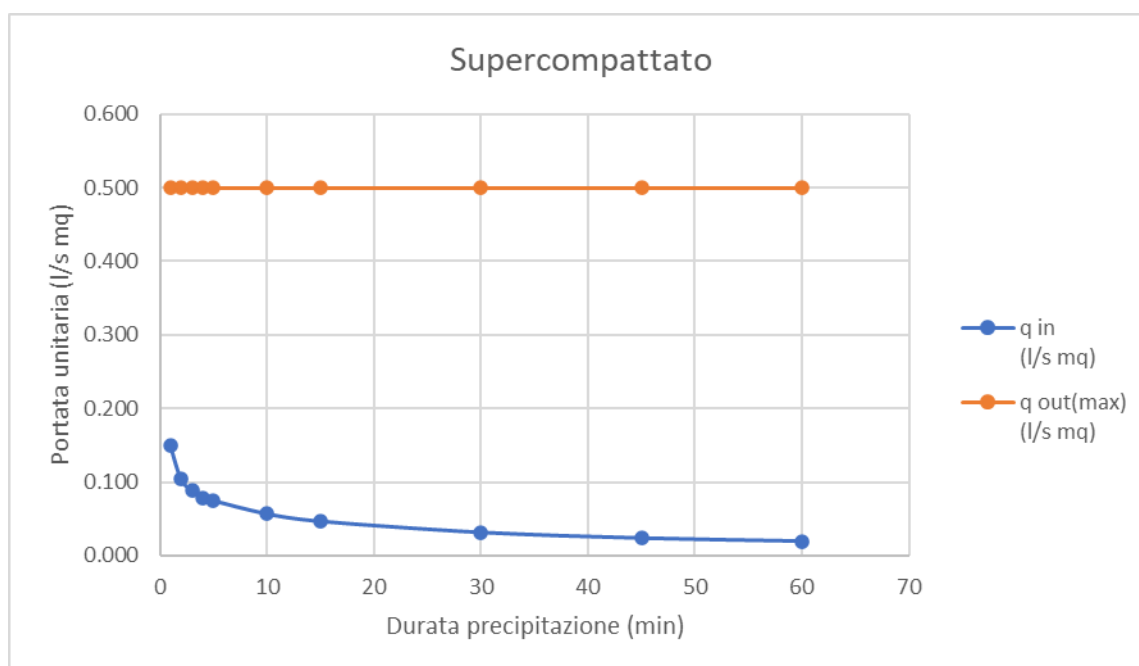


Figura 6-2: TR100 - supercompattato drenante

Si osserva che la portata meteorica entrante è sempre minore della capacità di scarico per infiltrazione, pertanto lo strato di supercompattato è ampiamente verificato.

Il volume utile di accumulo nello strato, relativo al volume dei vuoti, è pari a $0.090 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (riferito ad un elemento di superficie unitaria), e soddisfa il requisito minimo richiesto dalla normativa regionale in materia di invarianza idraulica che prescrive $560 \text{ m}^3/\text{ha}$, ovvero $0.056 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

6.4.2. Sezione con materassino antivibrazione

Si considerano delle trincee disperdenti di sezione 100x80cm con una superficie scolante larga 4.5m, derivante da un binario adiacente.

Si assume, come nel caso precedente, una permeabilità del suolo sottostante di $K = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

La verifica del volume di accumulo nella trincea viene condotto analogamente al caso precedente mediante la stima delle portate entranti e uscenti nella trincea, in considerazione a un evento di durata variabile e tempo di ritorno di 100 anni.

Il calcolo è effettuato per un elemento di trincea di lunghezza unitaria. In riferimento alla permeabilità del terreno la trincea avrà capacità di infiltrazione di 0.5l/s per metro. Il volume utile di accumulo nella trincea, relativo al volume dei vuoti, è pari a 0.24 m³/m (riferito ad un elemento di lunghezza unitaria).

Tabella 32: TR100 – supercompattato drenante

Tempo (min)	h (mm)	i (mm/h)	Vol in (mc /m)	q in (l/s m)	q out(max) (l/s m)
1	9.02	541.3	0.041	0.677	0.500
2	12.49	374.8	0.056	0.468	0.500
3	15.89	317.9	0.072	0.397	0.500
4	18.88	283.2	0.085	0.354	0.500
5	22.35	268.2	0.101	0.335	0.500
10	33.94	203.6	0.153	0.255	0.500
15	41.71	166.8	0.188	0.209	0.500
30	56.28	112.6	0.253	0.141	0.500
45	63.36	84.5	0.285	0.106	0.500
60	69.40	69.4	0.312	0.087	0.500

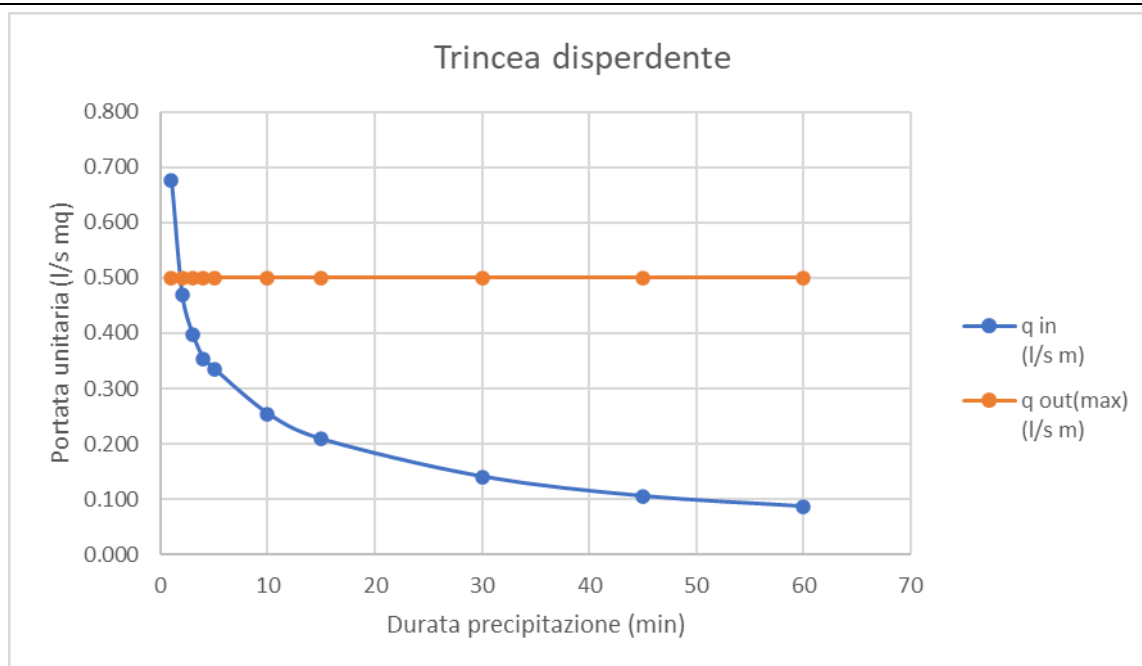


Figura 6-3: evento TR100 – trincea disperdente

Anche in questo caso la portata meteorica entrante è minore della capacità di scarico per infiltrazione, per tutti gli eventi superiori a 1 min di durata. Per eventi di durata minore si verifica un temporaneo accumulo nel materiale poroso con un volume invasato ampiamente inferiore alla capacità di accumulo della trincea. Pertanto, la trincea è verificata.

Il sistema garantisce il volume di accumulo richiesto dal requisito minimo della normativa regionale in materia di invarianza idraulica che prescrive $560 \text{ m}^3/\text{ha}$, ovvero $0.056 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

7. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA

Il dimensionamento idraulico della rete di raccolta delle acque bianche è stato effettuato in moto uniforme sulla base della massima portata drenata alla sezione di chiusura dei vari tratti ed imponendo un grado massimo di riempimento dei collettori pari al 85% considerando TR=50 anni. Per aumentare il grado di sicurezza nel dimensionamento delle reti sono stati considerati coefficienti udometrici più specifici considerando l'effettiva pavimentazione drenata dalla linea.

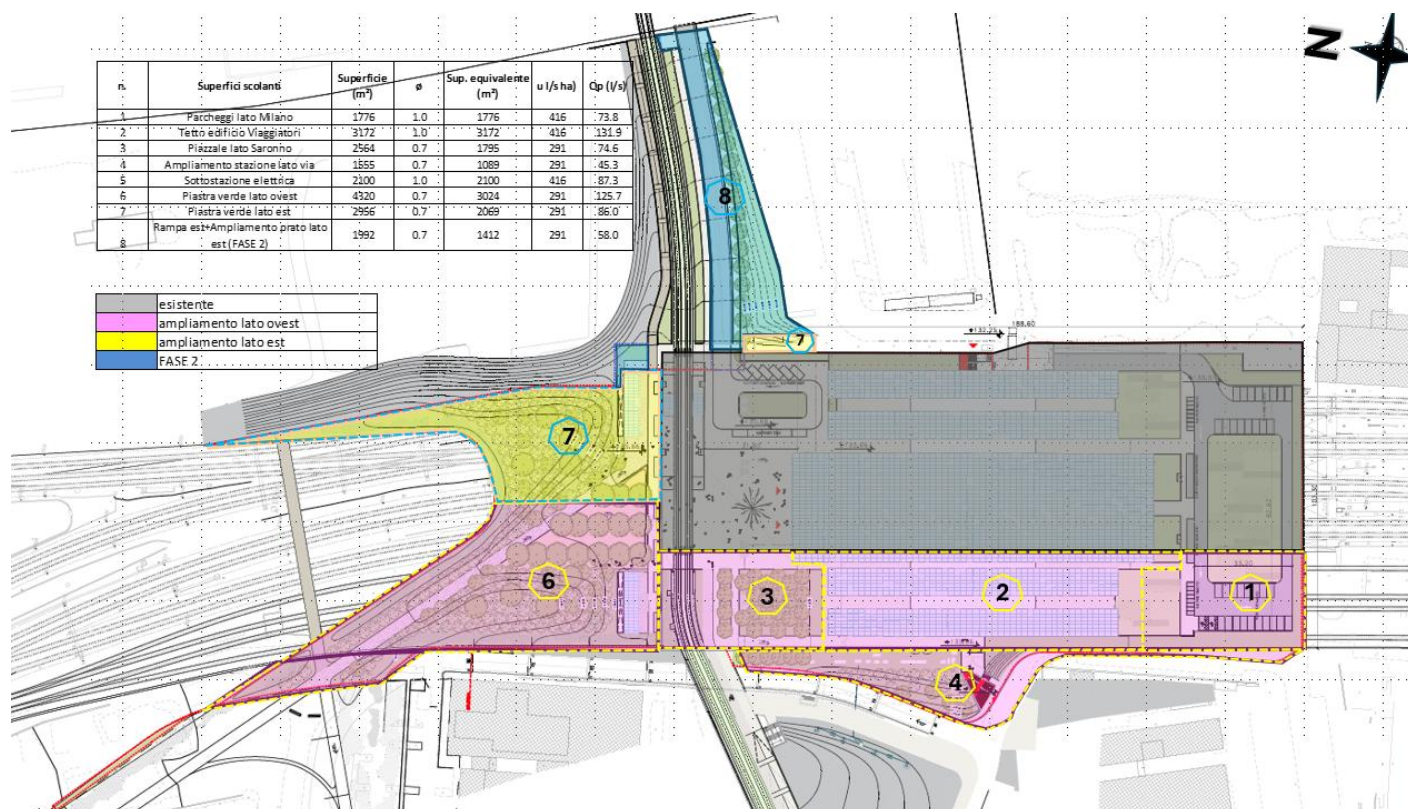


Figura 7-1 schema planimetrico con individuazione delle superfici scolanti e relative portate con TR=50 anni

La portata smaltibile in moto uniforme è pari a:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} i^{1/2} \cdot 1000 \quad [\text{l/s}]$$

dove:

- K_s è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler;
- i è la pendenza del fondo;
- A è l'area Bagnata in mq;
- C è il contorno bagnato in m;
- R è il raggio idraulico in m.

Nella seguente tabella si riportano i risultati del dimensionamento dei tratti di tubazione terminali, su cui gravano le massime portate.

Tabella 33

SEZIONE VERIFICA	Q (l/s)	materiale	De (m) opp B (m)	Di (m) opp H(m)	Ks (m ^{1/3} s ⁻¹)	i	y/D	funzionamento
X.1	230	polipropilene	0.400	0.3728	110	0.005	100%	PRESSIONE j=0.009
x.2	111	calcestruzzo	0.6	0.200	70	0.005	83%	GRAVITA'
x.3	47	dreno Pead	0.315	0.278	100	0.005	66%	GRAVITA'
x.4	47	calcestruzzo prefabbricato	0.300	0.33	90	0.001	80%	GRAVITA'
x.5	45	calcestruzzo prefabbricato	0.300	0.33	90	0.001	77%	GRAVITA'
x.6	15	calcestruzzo prefabbricato	0.200	0.21	90	0.001	80%	GRAVITA'
y.1	52	calcestruzzo prefabbricato	0.300	0.33	90	0.001	87%	GRAVITA'
y.2	75	n. 2 canalette in calcestruzzo prefabbricato	0.300	0.33	90	0.001	66%	GRAVITA'
y.3	50	polipropilene	0.250	0.233	110	0.01	62%	GRAVITA'

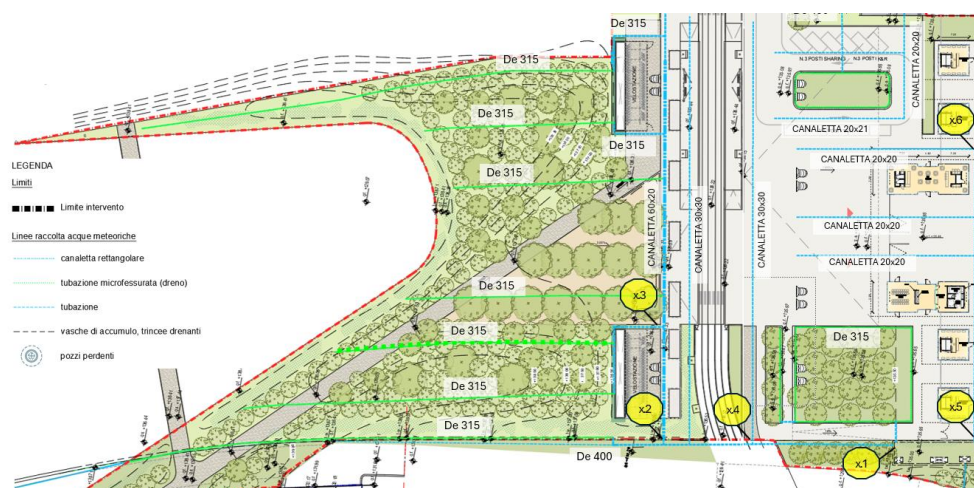


Figura 7-2 Stralcio planimetrico con sezioni di verifica



Figura 7-3 Stralcio planimetrico con sezioni di verifica

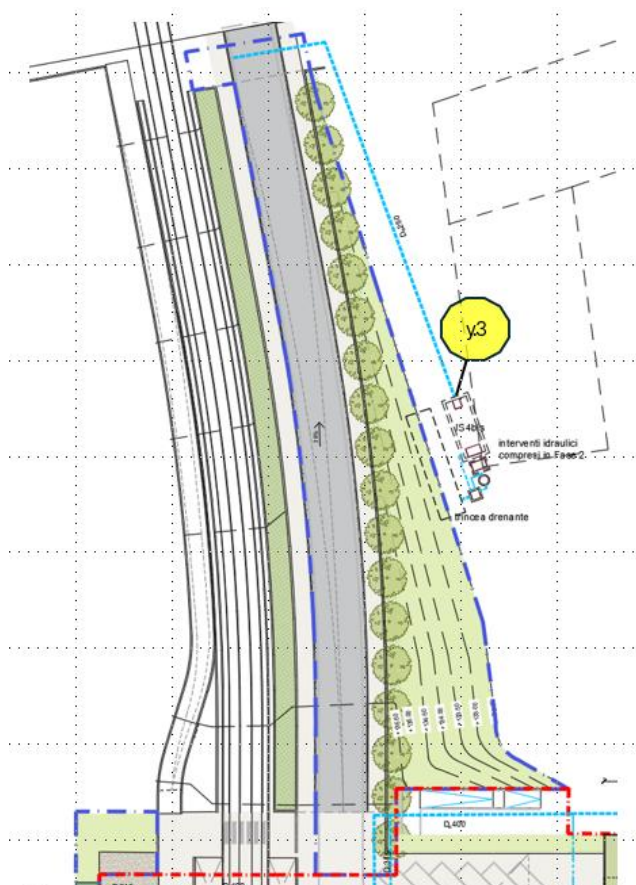


Figura 7-4 Stralcio planimetrico con sezioni di verifica

8. GRUPPI DI SOLLEVAMENTO

I gruppi sono costituiti da pompe centrifughe a immersione che funzioneranno singolarmente o in parallelo. Ciascuna pompa sarà munita di una tubazione di mandata con valvola di non ritorno e saracinesca in modo da consentire un immediato backup in caso di avaria ad eccezione delle elettropompe dell'IS1 che saranno a mandata unica e pertanto non saranno dotate di valvole.

Si riporta in Tabella 34 il dimensionamento delle pompe previste.

Tabella 34: dimensionamento gruppi di sollevamento

IS	N. POMPE	Qp (l/s)	n. riserve	Qtot (l/s)	DN mandata (mm)	materiale	L mandata (m)	DN collettore (mm)	materiale	L collettore (m)	quota vasca (m slm)	quota max (m slm)	tirante min (m)	dz (m)	Ks (m ^{1/3} /s ⁻¹)	jL (m)	dE loc (m)	Hp (m)
IS 1	5	50.0	1	250.0	160.3	acciaio	25.0	na	na	na	121.95	133.35	0.5	10.90	75	1.99	0.55	13.44
IS 2	1	9.0	1	9.0	107.9	acciaio	19.5	0.141	Pead	22	121.95	131.50	0.5	9.05	75	0.53	0.25	9.83
IS 3	1	25.0	1	25.0	160.3	acciaio	17.5	141	Pead	22	121.95	131.50	0.5	9.05	75	1.22	0.60	10.87
IS 4	1	25.0	1	25.0	132.5	acciaio	7.0	132.5	acciaio	1	126.00	130.40	0.5	3.90	75	0.44	0.81	5.15
IS 4bis	1	25.0	1	25.0	132.5	acciaio	7.0	132.5	acciaio	1	126.00	130.40	0.5	3.90	75	0.44	0.81	5.15

9. SEPARATORI DI OLI E IDROCARBURI

Gli impianti sono costituiti da vasche finalizzate alla disoleazione e alla sedimentazione delle acque di dilavamento delle superfici adibite a parcheggio e aree tecniche, ai sensi del RR n.4/2006. In particolare sono previsti per:

- Piazzale lato Sud su copertura ampliamento della stazione, adibito a parcheggio.
- Drenaggio acque di piattaforma interne all'ampliamento della stazione.
- Piazzale della Sottostazione Elettrica.

La vasca è posizionata in un luogo accessibile direttamente dalla sede carrabile per permettere le usuali operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria (in caso di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti).

Il sistema di trattamento della portata di prima pioggia prevede l'impiego di un impianto di tipo "in-continuo. Questa tipologia di impianto prevede che il flusso idrico all'interno della vasca avvenga per tutta la durata della precipitazione e con una limitazione rispetto alla massima portata di prima pioggia definita per la rete che vi confluisce, operata da un collettore di by-pass.

L'impianto è dimensionato in riferimento alla norma UNI EN 858 ed è dotato di un sistema di trattamento finale dell'acqua con filtri a pacchi lamellari che consente il raggiungimento dei limiti

previsti dalla normativa italiana per gli scarichi in corpo idrico superficiale (0.5 mg/l di oli secondo D.L. 152/06).

L'impianto è costituito da:

- Una vasca di trattamento della prima pioggia con funzionamento in continuo, che svolge le funzioni di sedimentazione dei fanghi, raccolta dei volumi di sversamento e filtrazione finale per la separazione degli oli e degli idrocarburi. La vasca è collegata da monte con il partitore e a valle con il pozzetto di scarico.
- Un pozzetto sfioratore a monte della vasca di trattamento che ha la funzione di deviare la portata di piena verso un by pass che raggiunge direttamente lo scarico al recettore idrico.
- Un pozzetto di scarico che convoglia le acque verso lo scarico al recettore finale.
- Un by pass di scarico che collega il pozzetto partitore a monte della vasca con il pozzetto di scarico.

Per quanto riguarda la portata di progetto per le acque di prima pioggia, si è preso come riferimento quanto previsto nel RR n.4/2006 che considera una precipitazione di 5 mm per la durata di 15 minuti.

Di seguito si riportano i valori di portata definiti per ciascun impianto.

Tabella 35: dimensionamento delle vasche di separazione degli oli

Area scolante	Superfici drenate (mq)	Portata di trattamento (5mm/15min) (l/s)
Piazzale stazione lato Sud (collegata a fognatura mista pubblica)	1254	n.a. (recapito in fognatura mista)
Sottostazione elettrica	2100	11.7
Area piattaforme/banchine di stazione	7000	9*
Parcheggio lato nord (FASE 2)	980	5.5
Rampa lato est (FASE 2)	1163	6.5**

* per le aree interne all'edificio di stazione la portata di trattamento non dipende dalla precipitazione di riferimento ma è pari alla portata di dimensionamento della rete di raccolta, la quale coincide con la portata dell'impianto antincendio in progetto (circa 9 l/s);

****dimensionamento disoleatore condizionato dalla elettropompa (da 25 l/s)**

La portata nominale degli impianti è scelta in riferimento alle dimensioni disponibili sul mercato, assumendo un minimo margine di sicurezza.

Per la sottostazione elettrica si sceglie un impianto con $Q_{\text{nominale}} 15 \text{ l/s}$, sarà posato interrato nell'area esterna dotato di copertura adatta ai carichi stradali.

Il separatore per le acque del piano banchine dovrà essere alloggiato all'interno delle strutture interrate delle vasche di sollevamento/laminazione, dovrà avere $Q_{\text{nominale}} 10 \text{ l/s}$ e dimensioni contenute pertanto si sceglie un modulo in lamiera di acciaio verniciata.

Il separatore per le acque della rampa est (FASE 2) è condizionato dalla portata di 25 l/s della elettropompa di svuotamento della vasca IS4bis, si rimanda alle successive fasi di progettazione la scelta della tipologia ottimale.

**10. ALLEGATO – ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO
ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL
REGOLAMENTO 7/2017 E S.M.I.**