

PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H91J12000770005

CIG: 9524700F13



STUDI ED INDAGINI

IDROLOGIA ED IDRAULICA

SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA - LINEA TRAMVIARIA

Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque di piattaforma

STAZIONE APPALTANTE - COMUNE DI FIRENZE		
DIRETTORE DEL SETTORE Ing. Michele Priore	DIRIGENTE E RUP Ing. Giacomo Bioli Pini	DEC Ing. Andrea Adinolfi

APPALTATORE	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	
MANDATARIA	MANDATARIA	
		
MANDANTI	MANDANTI	
	 <small>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</small>	 <small>Audizione - Ingegneria - Energia</small>
	 <small>S.p.A.</small>	
	 <small>architectural design studio</small>	
	Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche  Ing. Filippo Busola	Progettista  Ing. Paolo Borghetti

Commessa				Fase	Origine	Ambito		Disciplina		Attività		Parte d'opera			Tipologia		Progressivo		Rev.	Scala	
F	L	4	2	D	S	I	I	I	I	0	2	E	G	G	R	T	0	1	B		-
REVISIONE		DATA		DESCRIZIONE							SOCIETÀ			REDATTO		VISTO		APPROVATO			
REV A		03/2024		PRIMA EMISSIONE							SDA Progetti			P. Vergaglia		P. Vergaglia		P. Borghetti			
REV B		05/2025		EMISSIONE FINALE A SEGUITO CDS/PAU							SDA Progetti			P. Vergaglia		P. Vergaglia		P. Borghetti			

STUDI ED INDAGINI
IDROLOGIA ED IDRAULICA
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA – LINEA TRAMVIARIA

Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque meteoriche di piattaforma

Maggio 2025

INDICE

1	INQUADRAMENTO PROGETTUALE	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3	DRENAGGIO DELLA SEDE TRAMVIARIA	2
3.1	DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO.....	2
3.2	DRENAGGIO SEDE TRAMVIARIA	3
3.3	DRENAGGIO SEDE IN PROSSIMITÀ DI STRADE ESISTENTI.....	5
3.4	DRENAGGIO SEDE IN PROSSIMITÀ DI AREE VERDI.....	5
3.5	DATI PLUVIOMETRICI E METODO DI CALCOLO	6

1 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

Questa relazione riferisce sui criteri di dimensionamento del drenaggio delle acque meteoriche sia delle carreggiate stradali nonché della sede tranviaria; fa riferimento al gruppo di elaborati grafici che fornisce le indicazioni progettuali che vengono adottate per lo smaltimento delle acque meteoriche della piattaforma stradale e della sede tranviaria.

Il tracciato tranviario della linea 4.2 insiste sui territori comunali di Firenze e Campi Bisenzio, ha un'estensione di 5,350 km misurata a partire dal termine linea della 4.1 posto in prossimità del Capolinea Piagge, fino al Capolinea Rucellai in piazza Aldo Moro a Campi Bisenzio.

Il territorio attraversato si presenta solo parzialmente urbanizzato, e solo alcune aree del centro abitato di Campi Bisenzio e delle Piagge sono caratterizzati da un tessuto edilizio definibile denso, altre come il territorio compreso tra San Donnino e San Piero a Ponti, ha caratteristiche extraurbane.

La morfologia del territorio compreso tra Le Piagge e Campi si presenta regolare nell'andamento planimetrico con una quota di campagna costante intorno ai 36 m s.l.m., lungo tutta la previsione del tracciato. I dislivelli presenti sono di origine antropica, determinati da rilevati stradali, argini e sistemi di casse di espansione.

Partendo dal collegamento con la linea 4.1 (fermata Le Piagge), la linea procede in affiancamento a via Lazio e a via San Donnino, per poi svoltare in via Campania innestandosi in mezzzeria alla sede stradale, la cui sezione verrà allargata per mantenere le corsie di marcia esistenti. In questo tratto e nel successivo di via Abruzzi fino al sottopasso esistente sotto l'autostrada A1, la tranvia segue l'andamento della viabilità esistente.

A valle del sottopasso in sottoattraversamento dell'autostrada A1 che avviene sfruttando un fornice esistente attualmente inutilizzato ubicato in prosecuzione al sedime di via Abruzzi, il tracciato curva verso nord in direzione dell'abitato di San Donnino. Nell'area ad ovest dell'autostrada il tracciato si affianca alla nuova area di Deposito.

Il tracciato procede fino ad attraversare la via Pistoiese e ad innestarsi in affiancamento alla S.R.66 Nuova Pistoiese. Procedendo nel comune di Campi Bisenzio, la tranvia incrocia anche la SR 66 e si pone in rilevato in affiancamento a quest'ultima, mantenendo il suo stesso profilo altimetrico fino alla fermata Castagno.

Superato il Fosso Reale, per cui è stato necessario progettare un ponte di nuova costruzione, il tram raggiunge la quota della rotatoria con via Liberto Roti e vi prosegue in adiacenza, mantenendosi alla sua stessa quota fino a intersecare la rotatoria esistente con via Palagetta: qui si immette in un'area di espansione urbana per poi servire il complesso didattico (Scuola Primaria Fra Ristoro e Scuola dell'Infanzia H. C. Andersen) e raggiungere il centro urbano di Campi Bisenzio.

A servizio della nuova linea tranviaria sono previste n. 11 fermate di cui n.4 nel comune di Firenze (Nave di Brozzi, Campania, Abruzzi, San Donnino) e n.7 nel comune di Campi Bisenzio (Pistoiese, Castagno, Repubblica, Racchio, Palagetta, Giordano Bruno, Rucellai).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali normative di settore applicabili al sistema di drenaggio delle acque meteoriche nella zona oggetto di intervento sono le seguenti:

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”.
- Legge Regione Toscana 31 maggio 2006 n. 20: Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 8 settembre 2008 n. 46: Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006 n. 20 (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento).

Le normative di settore definiscono la gestione delle acque meteoriche in relazione alle loro caratteristiche. Si richiamano le principali definizioni:

- **acque meteoriche di dilavamento** (AMD) si intende la parte delle acque di una precipitazione atmosferica che, non assorbita o evaporata, dilava le superfici scolanti;
- **acque di prima pioggia** sono invece quelle che, cadendo durante la fase iniziale di un evento meteorico, si presentano spesso cariche di inquinanti di varia natura ed origine dilavati dalla superficie delle aree scoperte. La composizione di tali acque, le rende particolarmente pericolose per l'ambiente e impone quindi che ad esse siano riservate adeguati sistemi di trattamento.
- **acque di seconda pioggia**. con tale termine, solitamente la disciplina regionale intende tecnicamente l'acqua meteorica di dilavamento derivante dalla superficie scolante, servita dal sistema di drenaggio e avviata allo scarico nel corpo recettore in tempi successivi a quelli definiti per il calcolo delle acque di prima pioggia, generalmente queste acque vengono scaricate senza alcun trattamento, ritenendole non più contaminate.

3 DRENAGGIO DELLA SEDE TRANVIARIA

3.1 DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

Questa relazione riferisce sui criteri di dimensionamento del drenaggio delle acque meteoriche sia delle carreggiate stradali nonché della sede tranviaria; fa riferimento al gruppo di tavole (composto di 3 elaborati di sezioni e particolari costruttivi e da 13 elaborati planimetrici) che fornisce le indicazioni progettuali che vengono adottate per lo smaltimento delle acque meteoriche della piattaforma stradale e della sede tranviaria.

Il principio progettuale base è realizzare e dimensionare una efficiente raccolta dell'acqua meteorica, una sua canalizzazione e quindi un successivo convogliamento nella rete di smaltimento.

In questa fase di progetto definitivo il dimensionamento delle reti è stato basato anche sul confronto con le altre linee tranviarie già realizzate nel territorio fiorentino e con tranvie realizzate in contesti territoriali e atmosferici simili.

Nella successiva fase di progettazione potrà essere eventualmente aggiornata, per il corretto e preciso dimensionamento delle opere idrauliche da realizzarsi lungo il tracciato e nelle opere puntuali correlate alla linea (deposito, SSE, sottopassi, ponti), l'analisi statistica dei dati di pioggia relativi a stazioni pluviografiche nei dintorni del territorio attraversato.

La rete di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma attua la raccolta e lo smaltimento a gravità delle acque meteoriche. L'utilizzo di impianti di tipo elettromeccanico, per la gestione delle acque raccolte,

verrà attuata solo in alcuni punti singolari della linea dove sono realizzati sistemi di aggettamento con vasche di raccolta (stazioni di sollevamento).

3.2 DRENAGGIO SEDE TRANVIARIA

La sede tranviaria, realizzata su una platea in calcestruzzo, non risulta in grado di smaltire, per filtrazione nel terreno sottostante, le acque di pioggia.

Pertanto, sulla sede tranviaria, le acque meteoriche vengono smaltite tramite canalette con griglia, conformi alla norma UNI EN 1433, che recapitano nei pozzetti con chiusino in ghisa (classe C250 o D400), posizionati al centro della sede o ai lati dei cordoli che la delimitano (a seconda dei casi), ad interasse di circa 25 m.

Le canalette con griglia sono disposte trasversalmente alla sede tranviaria e assolvono anche la funzione di scolo delle acque nella gola delle rotaie tramite appositi fori; quindi, le canalette dovranno anche essere posizionate nei punti di compluvio delle livellette longitudinali.

Il sistema di drenaggio della sede tranviaria si completa con la realizzazione di collegamenti alla rete di scarico per le casse di manovra e per i pozzetti dei circuiti di binario.

Tutto il sistema di drenaggio, sopra descritto, sarà collegato alla rete fognante con tubazioni di allaccio in PVC tipo SN4 UNI EN 1401 di vario diametro come risulta dagli elaborati planimetrici e dall'elaborato dei particolari costruttivi.

In alcune zone sarà necessario integrare la rete di scolo principale con brevi tratti di fognatura per allacciare i recettori elementari; i nuovi tratti di condotte fognarie, appena citati, saranno realizzati con tubazioni in PVC tipo SN4 UNI EN 1401 di vario diametro e saranno dotati di pozzetti di raccordo e ispezione, ogni 50 m circa, con coperchi in ghisa di classe B125 (se ubicati su marciapiedi), C250 (ai bordi delle carreggiate stradali) e D400 (in sede stradale).

In alcuni casi lo scolo delle acque meteoriche avviene tramite il loro convogliamento in fossi laterali alla sede tranviaria; nei punti di recapito delle tubazioni sui fossi sono previsti embrici e/o rivestimenti delle pareti e del fondo.

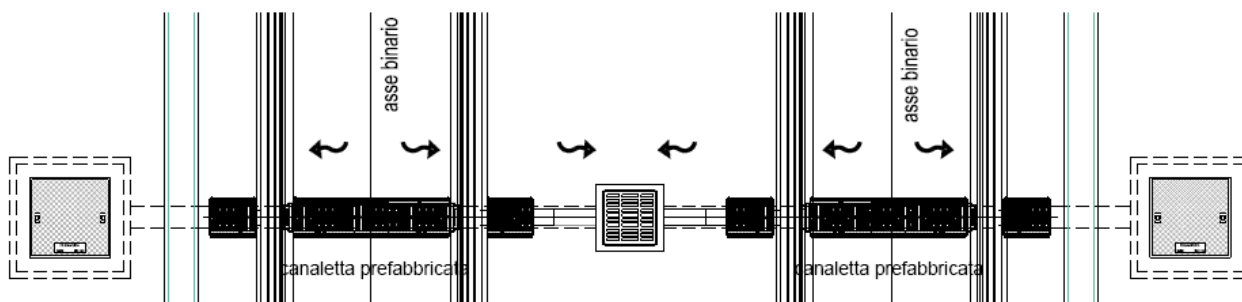


FIGURA 1 - POSIZIONAMENTO DELLE CANALINE TRASVERSALI PER IL DRENAGGIO DELLA SEDE TRANVIARIA

Il passo delle canaline di drenaggio risulta così definito:

- canalette di drenaggio ogni 25-30 m, a cui si aggiunge il drenaggio della gola delle rotaie, ottenuta con apposite asole nella gola della rotaia da effettuarsi al massimo ogni 200 m circa;
- canalette in ogni punto basso del profilo longitudinale del tracciato, con drenaggio della gola delle rotaie, nel caso di pavimentazione in asfalto o masselli autobloccanti.

DRENAGGIO GOLA

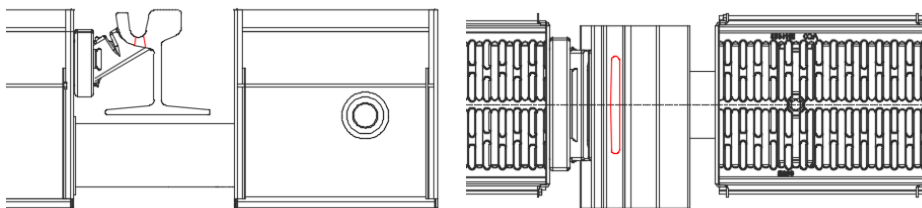


FIGURA 2 - SISTEMA DI DRENAGGIO

Le canalette di raccolta vengono realizzate in calcestruzzo polimerico (elevata durabilità) e appositamente prodotte per il drenaggio delle sedi tranviarie.

Le canalette presentano una conformazione e lunghezza tale da potersi inserire perfettamente nell'interbinario e in particolare nella vasca riservata all'installazione dell'armamento tranviario.

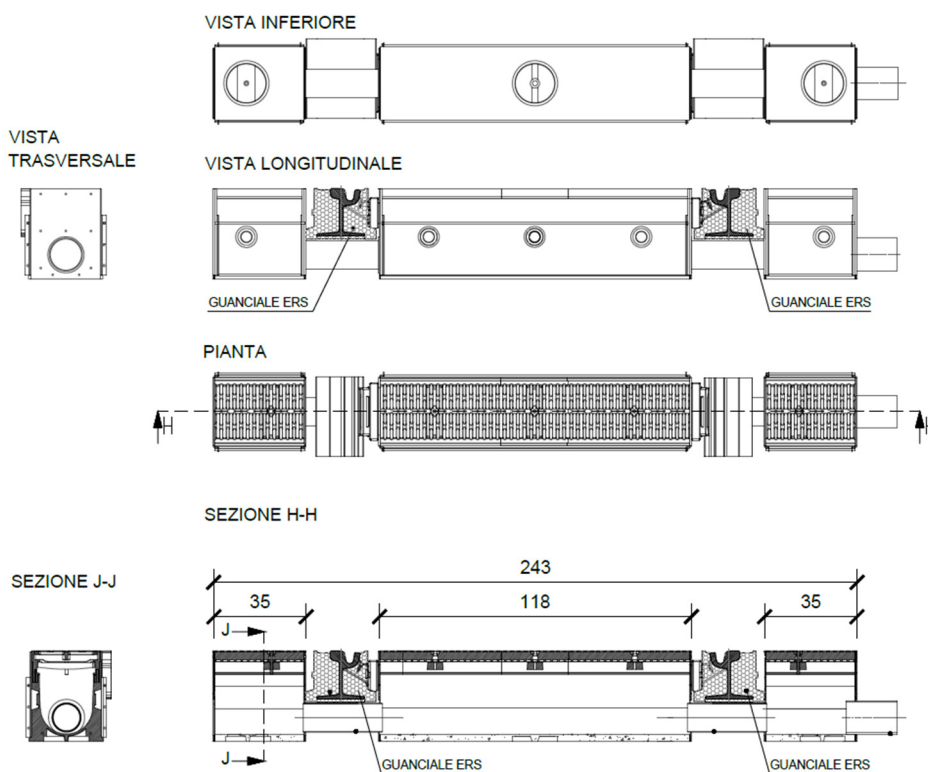


FIGURA 3 - CANALETTA DRENAGGIO SEDE

A completamento del sistema di drenaggio della sede tranviaria, vi sono le griglie in ghisa (carrabili) dotate di apposito dispositivo di protezione e chiusura, che garantiscono una facile manutenzione.

Nello studio tipologico dei sistemi di drenaggio sono state analizzate le 2 principali sezioni ricorrenti sulla linea di seguito descritte:

- drenaggio sede in prossimità di strada esistente;
- drenaggio sede in prossimità di aree verdi;

3.3 DRENAGGIO SEDE IN PROSSIMITÀ DI STRADE ESISTENTI

Il drenaggio delle carreggiate stradali avviene per mezzo di pozzetti con caditoia in ghisa (classe C250) ubicati al bordo delle stesse, a ridosso del cordolo dei marciapiedi, e disposti ad interasse di circa 20 m.

Le acque superficiali vengono raccolte dalle canalette di sede e dalle caditoie stradali convogliate in pozzetti ispezionabili, vengono successivamente recapitate in corrispondenza di fognature esistenti o da realizzarsi nell'ambito dei lavori tranviari.

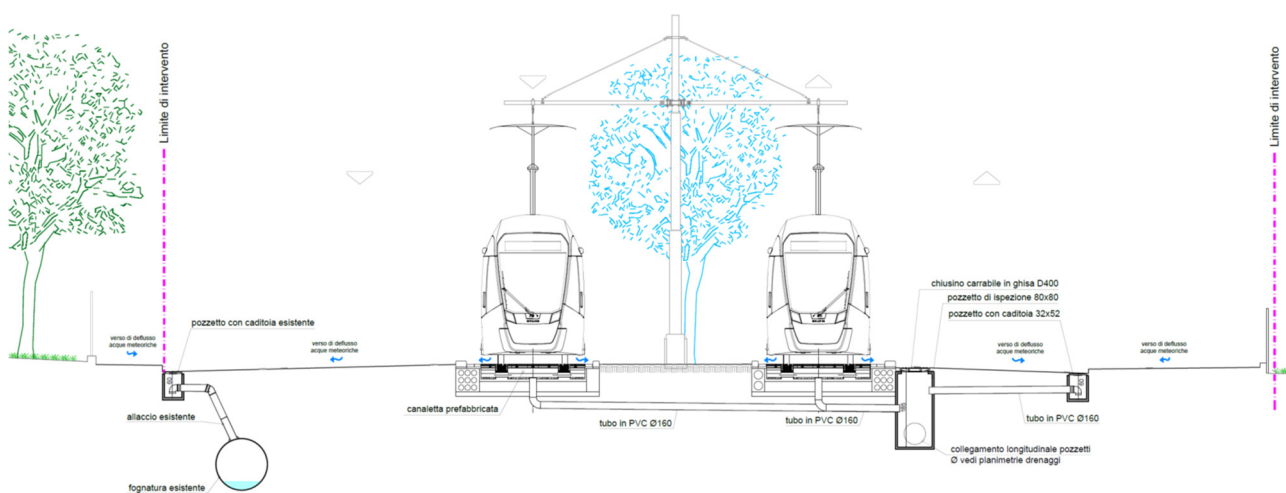


FIGURA 4 - SEZIONE TIPOLOGICA SEDE TRANVIARIA IN PROSSIMITÀ DI SEDE STRADALE ESISTENTE (VIA CAMPANIA)

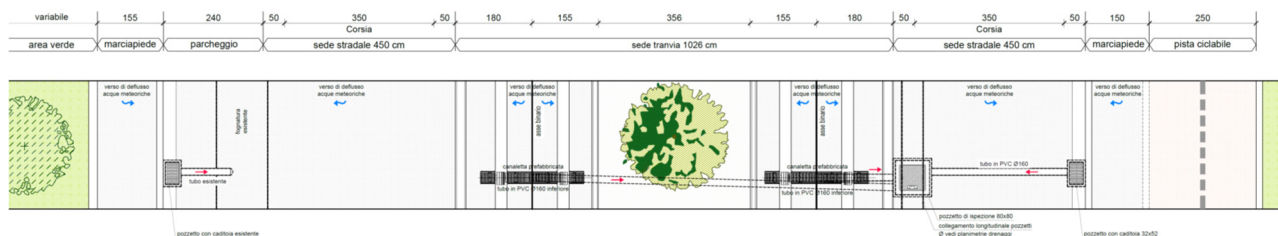


FIGURA 5 - STRALCIO PLANIMETRICO SEDE TRANVIARIA IN PROSSIMITÀ DI SEDE STRADALE ESISTENTE

3.4 DRENAGGIO SEDE IN PROSSIMITÀ DI AREE VERDI

Il tracciato in esame attraversa anche zone poco antropizzate e in via di urbanizzazione.

In prossimità di aree verdi generalmente la sede tranviaria risulta essere in rilevato affiancata da 2 marciapiedi di servizio. Il sistema di drenaggio ipotizzato è quello rappresentato negli elaborati planimetrici da FL42-D-S-II-II-02-EGG-PL-01 a FL42-D-S-II-II-02-EGG-PL-13, negli elaborati di sezioni e particolari FL42-D-S-II-II-02-EGG-ST-01, FL42-D-S-II-II-02-EGG-ST-02, FL42-D-S-II-II-02-EGG-PA-01 e nelle figure seguenti.

Le acque superficiali di sede e dei marciapiedi di servizio vengono raccolte dalle canalette di sede, convogliate in pozzetti ispezionabili, e vengono successivamente recapitate in corrispondenza di fognature esistenti, o da realizzarsi nell'ambito dei lavori tranviari, oppure in fossi laterali. Essendo zone poco antropizzate il percorso da realizzarsi per l'allaccio in fognatura potrebbe essere lungo per tale motivo si prevede un collettore in pvc di medie/grandi dimensioni, accanto alla sede che collega i vari pozzetti ispezionabili.

IDROLOGIA ED IDRAULICA – SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA – LINEA TRAMVIARIA
Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque meteoriche di piattaforma

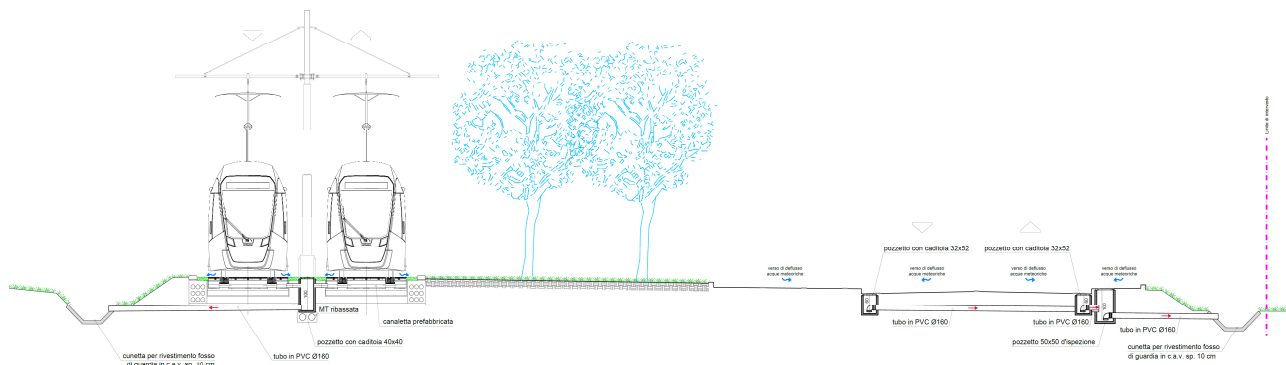


FIGURA 6 - SEZIONE TIPOLOGICA SEDE TRANVIARIA IN PROSSIMITÀ DI AREE VERDI (AREA PALAGETTA)

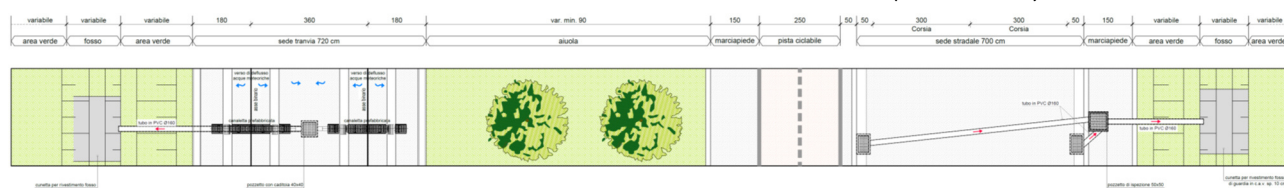


FIGURA 7 - STRALCIO PLANIMETRICO SEDE TRANVIARIA IN PROSSIMITÀ DI AREE VERDI

3.5 DATI PLUVIOMETRICI E METODO DI CALCOLO

Di seguito si riporta un'analisi dei dati di pioggia, al fine di descrivere il dimensionamento delle reti di drenaggio. Sono state determinate le curve caratteristiche della pioggia per diversi tempi di ritorno, e per le durate di pioggia da 10 minuti a 1 ora e da 1 ora a 24 ore.

Le stazioni di misura pluviografiche utili per l'analisi delle serie storiche degli eventi di notevole intensità e breve durata a Firenze sono la stazione dell'Osservatorio Ximeniano e la stazione del Reparto Idrografico (oltre a queste due stazioni di misura a Firenze hanno funzionato altre due stazioni pluviografiche: Museo e Genio Civile, ma per i periodi di pochi anni).

Per l'analisi statistica dei dati di pioggia è stata scelta la stazione pluviografica dell'Osservatorio Ximeniano, per la quale è stata disponibile una serie dei dati di 40 anni consecutivi (1950-1989).

Per questa stazione sono stati raccolti i dati relativi alle precipitazioni di massima intensità e durata da 1 a 24 ore (Tab. III degli Annali Idrologici) e durata inferiore ad un'ora (tab. V degli Annali Idrologici).

I dati relativi ad intervalli inferiori all'ora sono distribuiti in modo irregolare e presentano, per molte serie, vasti campi mancanti (pertanto in alcuni casi i dati mancanti sono stati determinati interpolando i dati disponibili dello stesso anno); al contrario i dati di precipitazioni di durata di 1,3, 6, 12, e 24 ore sono riportati regolarmente per ogni anno in cui è stato in funzione il pluviografo registratore.

L'elaborazione statistica è stata svolta utilizzando la legge probabilistica di Gumbel. Con i valori ottenuti sono state definite le curve caratteristiche della pioggia del tipo $h=a \cdot t^n$, valide per vari tempi di ritorno. Le curve di pioggia così ottenute sono riportate in Tabella 1 e 2.

STAZIONE - OSSERVATORIO XIMENIANO

CURVE CARATTERISTICHE PER LA DURATA INFERIORE A UN'ORA

STUDI ED INDAGINI

IDROLOGIA ED IDRAULICA – SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA – LINEA TRAMVIARIA
Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque meteoriche di piattaforma

TABELLA 1

TEMPO DI RITORNO	CURVA CARATTERISTICA
T (anni)	(t in minuti; h in mm)
2	$5.44 \cdot t^{0.377}$
5	$5.82 \cdot t^{0.449}$
10	$6.15 \cdot t^{0.771}$
20	$6.51 \cdot t^{0.503}$
25	$6.62 \cdot t^{0.509}$
50	$7.00 \cdot t^{0.526}$
100	$7.37 \cdot t^{0.540}$

STAZIONE - OSSERVATORIO XIMENIANO

CURVE CARATTERISTICHE PER LA DURATA DI PIOGGIA DA 1 A 24 ORE

TABELLA 2

TEMPO DI RITORNO	CURVA CARATTERISTICA
T (anni)	(t in ore; h in mm)
2	$25.93 \cdot t^{0.224}$
5	$35.80 \cdot t^{0.228}$
10	$42.33 \cdot t^{0.230}$
20	$48.61 \cdot t^{0.231}$
25	$50.59 \cdot t^{0.231}$
50	$56.72 \cdot t^{0.232}$
100	$62.80 \cdot t^{0.232}$

Per un tempo di corrivazione pari al tempo di pioggia di 10 minuti, e per un tempo di ritorno pari a 20 anni risulta dalla Tabella 1 una curva di possibilità climatica $h = 6.51 \cdot t^{0.503}$ (si fa notare che la curva di possibilità climatica è valevole per i tempi di pioggia da 10 a 60 minuti e in questo caso si assume che possa essere estrapolata e valere anche per la durata di pioggia di 10 minuti).

Per $t=10$ min ($T=20$ anni), risulta l'altezza della pioggia $h=20,73$ mm ed un'intensità unitaria della pioggia $i=0.035$ l/s/mq.

Il calcolo della portata di acque meteoriche che afferiscono ai nuovi tratti di fognatura è stato effettuato in base ai seguenti dati di progetto che sono gli stessi utilizzati per i drenaggi delle Linee 2 e 3 e che ha fornito Publiacqua (più cautelativi del calcolo sopra riportato):

$a = 43,7$ mm - parametro curva di possibilità pluviometrica;

$n = 0,40$ - parametro curva di possibilità pluviometrica;

assumendo $T_c = 10$ minuti

Tempo di corrivazione del bacino (stimato)

si ottiene $H = a \times (T_c / 60)^n = 21,34$ mm

Quantità di pioggia caduta nel tempo T_c

$I = H \times 60 / T_c = 128$ mm/ora = 356 litri/sec Ettaro

Intensità pluviometrica

Per la determinazione delle portate di pioggia nette si è fatto l'uso della formula razionale:

STUDI ED INDAGINI

IDROLOGIA ED IDRAULICA – SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA – LINEA TRAMVIARIA

Relazione idrologica ed idraulica smaltimento acque meteoriche di piattaforma

$Q = A * i * C$ dove:

A= superficie da drenare espressa in mq o S = superficie espressa in ettari = $A \times 10000$;

i = intensità di pioggia (relativa al Tempo di ritorno e durata di pioggia assunti) espressa in l/s/mq;

C = coefficiente di deflusso o di assorbimento, assunto pari ad 1 per le superfici asfaltate
(trattasi di una superficie molto limitata).

Permeabilità del bacino: pavimentazioni stradali e quindi coefficiente $\emptyset = 0,9$.

La portata che ogni condotta deve smaltire risulta quindi pari a Q (litri/sec) = $I \times S \times \emptyset$.