



# COMUNE DI FIRENZE

Direzione Nuove Infrastrutture - Ufficio Tramvia



Società TRAM DI FIRENZE S.p.A.

PROGETTAZIONE:

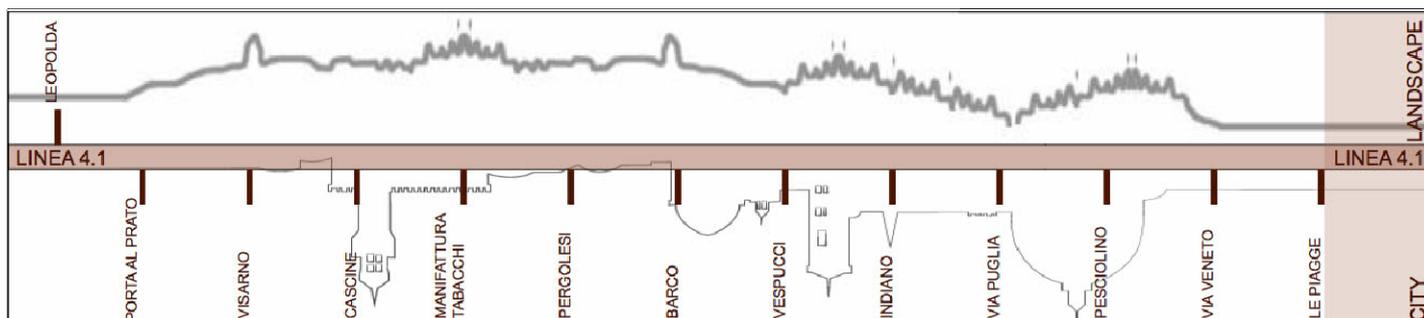


ARCHITECNA ENGINEERING S.r.l.

## PROGETTO DELLA LINEA TRANVIARIA 4.1 PORTA AL PRATO - PIAGGE

### PROGETTO PRELIMINARE

PARTE GENERALE  
ELABORATI GENERALI  
Relazione tecnica



IL DIRETTORE TECNICO DEL CONCESSIONARIO

Dott. Ing. Giovanni Gallo

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE

ARCHITECNA ENGINEERING S.r.l.

Dott. Ing. Santi Caminiti

CONSULENZA SPECIALISTICA



IL DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Massimo Raccosta

COMMESSA

000

FASE

PP

COMPARTO

0101

DOCUMENTO

RT01

REV.

A

SCALA

NOME FILE

PP0101RT01A.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Apr. 2015	EMISSIONE	Piccoli	Marinelli	Raccosta



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.1.1.	<i>Descrizione della linea 4.1</i>	3
<b>2.</b>	<b>GEOLOGIA</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>GEOTECNICA</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>ASSETTO IDROLOGICO E IDRAULICO DELL'AREA</b>	<b>17</b>
4.1.	PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME ARNO	17
4.2.	PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PERICOLOSITA' IDRAULICA	18
4.3.	VINCOLI SOVRAORDINATI AL P.R.G. DEL COMUNE DI FIRENZE	19
<b>5.</b>	<b>COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	<b>20</b>
5.1.	ANALISI IDROLOGICA	20
5.2.	COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DALLA SEDE TRAMVIARIA	21
5.3.	COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL SOTTOPASSO	25
5.4.	COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DELL'AREA DEPOSITO	26
<b>6.</b>	<b>SISMICA</b>	<b>28</b>
<b>7.</b>	<b>URBANISTICA E VINCOLI</b>	<b>35</b>
<b>8.</b>	<b>ARCHEOLOGIA</b>	<b>42</b>
<b>9.</b>	<b>CENSIMENTO INTERFERENZE</b>	<b>51</b>
<b>10.</b>	<b>PIANO GESTIONE MATERIALI CON IPOTESI DI SOLUZIONE DELLE ESIGENZE DI CAVE E DISCARICHE</b>	<b>54</b>
<b>11.</b>	<b>QUANTIFICAZIONE PRELIMINARE DEGLI ESPROPRI</b>	<b>55</b>
<b>12.</b>	<b>ARCHITETTURA E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO</b>	<b>56</b>
<b>13.</b>	<b>LINEA TRAMVIARIA ED INFRASTRUTTURE CIVILI</b>	<b>62</b>
13.1.	PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	62
13.2.	SINTESI DATI PRINCIPALI	64
13.3.	GEOMETRIA DEL TRACCIATO	65
13.4.	SEZIONI TIPO	71
13.5.	ARMAMENTO	75
<b>14.</b>	<b>OPERE D'ARTE</b>	<b>78</b>
14.1.	SOTTOPASSO FERROVIARIO	78
14.2.	DEPOSITO	83
14.3.	PROLUNGAMENTO TOMBINO FOSSO DELLA GORICINA	85
14.4.	OPERE DI SOSTEGNO	86



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

<b>15.</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE</b>	<b>87</b>
<b>16.</b>	<b>IMPIANTI</b>	<b>88</b>
16.1.	TRAZIONE ELETTRICA	88
16.2.	SEGNALAMENTO	89
16.3.	IMPIANTI LUCE E F.M.	91
16.4.	IMPIANTI DEPOSITO	92



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

**1. PREMESSA****1.1.1. Descrizione della linea 4.1**

La linea 4.1 si sviluppa per circa 6,2 km dalla interconnessione con la Linea 1, fino alle Piagge in corrispondenza del Centro Commerciale Coop e della stazione ferroviaria Le Piagge.

Per circa 3448 m è in sovrapposizione della ex linea ferroviaria Empoli – Firenze e per circa 2712 m è in nuova sede (212 m di interconnessione con la linea 1 e 2500 m dall’Indiano alle Piagge in adiacenza al rilevato esistente).

Il tracciato risponde ad una riqualificazione sociale, permettendo la ricucitura del contesto urbano attraverso l’unione di spazi fino ad oggi separati dalla ferrovia e dal contesto idrologico esistente, permettendo così la riqualifica delle aree in espansione.

Per tale motivo sono previste n. 12 fermate di interdistanza variabile fra minimo m 250 e un massimo di m 757, la cui posizione è stata attentamente studiata sulla base delle previsioni urbanistiche e mirando ad ottimizzare la possibilità di fruibilità da parte degli utenti.

n	FERMATA	TIPO	PROGRESSIVA	distanza
1	LEOPOLDA	Comune con linea 1	0+000	250
2	PORTA AL PRATO	Centrale	0+250	571
3	VISARNO	Laterale	0+821	704
4	CASCINE	Laterale	1+525	559
5	PERGOLESÌ	Laterale	2+084	623
6	IL BARCO	Laterale	2+707	571
7	VESPUCCI	Laterale	3+278	434
8	INDIANO	Laterale	3+712	757
9	VIA PUGLIA	Laterale	4+469	539
10	PESCIOLINO	Laterale	5+008	502
11	VIA VENETO	Laterale	5+510	589
12	LE PIAGGE	Laterale	6+099	



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Nello specifico si riporta di seguito una giustificazione sintetica dell'ubicazione di ciascuna fermata:

**Leopolda:** è il capolinea ed è un punto fondamentale della linea connettendola alla linea 1 e quindi integrandola a tutto il sistema tranviario fiorentino. Il progetto fra la fermata Leopolda e la Porta al Prato non interferisce con le opere esistenti del Museo dell'Opera né con il muro esistente di Gae Aulenti.

**Porta al Prato:** ha luogo sulle vestigia della dismessa fermata Porta al Prato della linea ferroviaria Firenze Empoli e garantisce un punto di accesso al Museo del Maggio Fiorentino e a tutto il complesso della Leopolda. Tale fermata sorge a tergo del parcheggio interrato a due Piani.

**Visarno:** la sua ubicazione permette di raccogliere tutto il bacino di utenza a nord della Via Paisiello cui è collegata attraverso un percorso oggetto di altro intervento.

**Cascine:** la fermata è ubicata in prossimità del Parco delle Cascine. Come meglio descritto nel capitolo dedicato è fornita di due ascensori in modo da permettere l'accesso/egresso anche alle persone a ridotta capacità motoria permettendo di bypassare lo stretto sottopasso esistente.

**Manifattura Tabacchi:** inserita in un punto strategico è stata prevista in funzione del nuovo complesso Manifattura Tabacchi previsto .

**Pergolesi:** la fermata è stata prevista al fine di servire i complessi residenziali a tergo del nuovo progetto di riqualifica della Manifattura. Inoltre il bacino di utenza potrebbe aumentare in considerazione di futuri collegamenti con Via Baracca.

**Barco:** la fermata permette di raccogliere tutto il bacino di utenza del quartiere del Barco.

**Vespucci:** la sua ubicazione garantisce l'accesso/egresso al parcheggio scambiatore previsto in altro intervento, e permette la relazione con tutto il bacino di utenza della nuova riqualifica dell'Ippodromo.

**Indiano:** la fermata è la prima a essere sulla nuova sede ed è a servizio del Parco delle Cascine.

**Via Puglia, Pesciolino e Veneto:** sono fermate a raso a servizio di tutta l'area residenziale del quartiere Le Piagge.

**Le Piagge:** è il capolinea ed è ubicato non solo dietro la Coop, ma anche a tergo della esistente stazione ferroviaria Firenze – Pisa.

Il progetto inoltre prevede la realizzazione di un Deposito prevalentemente adibito a rimessaggio, capace di ospitare i 10 tram previsti sulla linea (compresi eventuali di riserva). Come descritto nel capitolo dedicato in tale deposito sono previsti anche uffici, magazzino, mensa, un piccolo lavaggio e le operazioni di manutenzione base quali una fossa e la sabbiatura. Per tutte le altre operazioni di manutenzione la linea 4.1 si appoggia al deposito di Scandicci, cui è connesso attraverso uno scambio ubicato alla fermata di interconnessione Leopolda. La linea 4.1 è dotata anche di una connessione con la linea 1 in direzione Alamanni, in vista di un futuro possibile esercizio in tale direzione.

La sede tranviaria è separata dalla carreggiata destinata alla viabilità ordinaria, tramite cordoli in c.a., e quindi riservata esclusivamente al tram al fine di diminuire e rendere certi i tempi di percorrenza e mantenere ad elevati livelli la regolarità del servizio. In caso di necessità può essere comunque percorsa dai mezzi di



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

emergenza. Le fermate dotate di banchine, coperte in parte, dotate di sedili ed illuminazione propria, per garantire la massima sicurezza e confort per gli utenti. Le banchine sono attrezzate con display che segnalano i tempi di attesa, altoparlanti, emettitrici di biglietti, telecamere di sorveglianza collegate (24h/24) al Posto Centrale di Controllo e telefoni di servizio.

Il veicolo previsto è il tram Sirio Firenze di AnsaldoBreda lo stesso che attualmente è in servizio sulla linea 1 in esercizio. Il Sirio è stato adottato in numerose tramvie italiane, europee e mondiali (Milano, Bergamo, Napoli, Atene, Goteborg, Ungheria, Turchia, ecc.). Tale veicolo è dotato di ampie superfici vetrate, n. 6 porte per lato ad azionamento automatico, pianale totalmente ribassato per facilitare l'accessibilità, impianto di climatizzazione, sistema di video sorveglianza a circuito chiuso e sistemi di comunicazione con il PCC.

## 2. GEOLOGIA

### 2.1. CLIMATOLOGIA E IDROLOGIA

Lo studio climatologico della zona si è basato sul reperimento dati su un periodo dal 1981 al 2010, ricavato dagli Annali Idrologici curati dal Servizio Idrografico di Stato: è stata presa in considerazione la sola stazione di misura di *Firenze Peretola (40 mt. slm)*, in quanto ritenuta completamente rappresentativa dell'area in esame. Da tali dati è stato possibile estrapolare il *diagramma termopluviometrico* caratteristico dell'area.

Dalla sua osservazione si nota che si hanno temperature mediamente basse (inferiori a 10°, ma mai inferiori a 0°) nel periodo invernale (dicembre - marzo): per contro, le temperature estive sono in genere elevate, raggiungendo il valore medio massimo in luglio (25,2°).

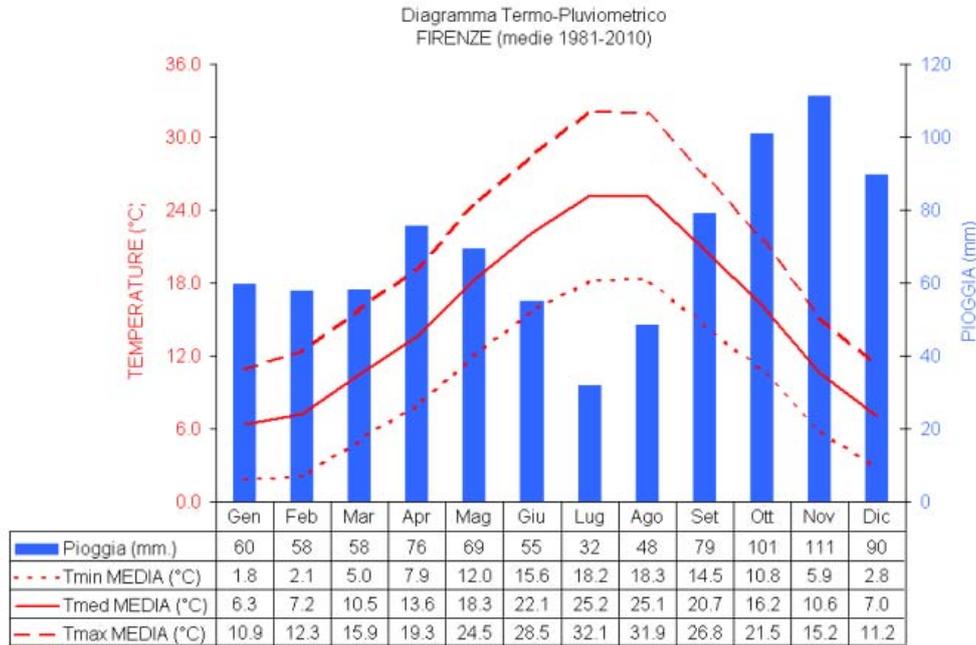
Le precipitazioni sono mediamente cospicue nei mesi invernali, solo nel mese di ottobre-novembre si sono registrate medie superiori ai 100 mm: il minimo si ha quasi sempre nel periodo luglio-agosto, corrispondente anche al periodo secco caratteristico dell'area (vedi diagramma seguente).

Sulla base di tali dati, possiamo classificare il regime pluviometrico della zona come **sublitoraneo-appenninico** (KOPPEN): l'area può invece essere classificata, dal punto di vista climatico, come **temperato-umida**.

I dati climatologici raccolti costituiscono il punto di partenza per il calcolo del bilancio idrologico della zona, che rappresenta in pratica la stima delle acque che l'area acquista e perde in un determinato periodo di tempo. Tale bilancio, viene espresso in mm dalla formula:



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

**1.  $P = AE + I + D$** 

dove: P = afflussi (altezza delle precipitazioni in mm)

AE = evapotraspirazione reale

I = infiltrazione

D = deflussi superficiali e sotterranei

**2.2. NOTE DI GEOLOGIA REGIONALE**

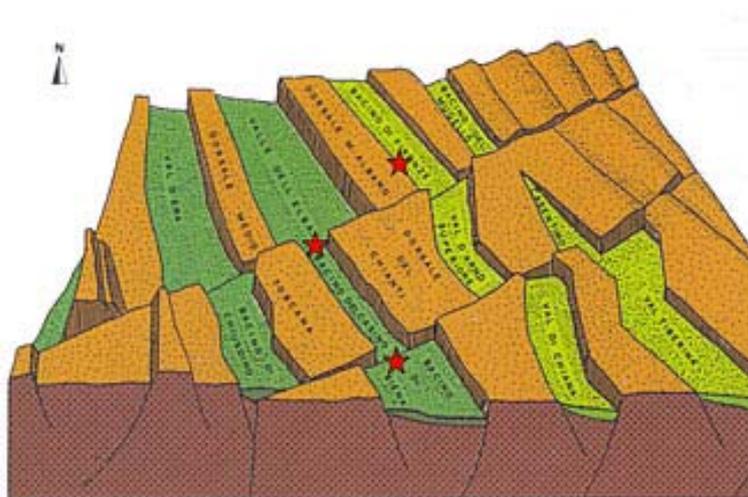
L'area fiorentina è collocata nel settore orientale del bacino di Firenze-Prato-Pistoia che si sviluppa in direzione NW-SE: tale bacino si è individuato a partire dal Pliocene superiore come depressione tettonica, sede di sedimentazione fluvio-lacustre a partire dal Pliocene. L'area è caratterizzata dall'estesa pianura alluvionale dell'Arno orientata in direzione appenninica e posta a circa 45-60 mt. slm, e in parte da rilievi collinari spesso con sommità tabulare.

La depressione morfologica, alimentata dai fiumi Ombrone, Bisenzio e Arno, è riempita quindi da sedimenti fluvio-lacustri plio-pleistocenici e fluviali recenti, che giacciono in discordanza sul substrato litoide costituito da formazioni appartenenti alla Falda Toscana e all'Unità Ligure di M. Morello, affioranti anche sui rilievi di margine del bacino stesso.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

La fase tettonica miocenica-pliocenica provocò nella Toscana meridionale la frammentazione della crosta terrestre lungo una rete di faglie: i blocchi sprofondati divennero dei bacini lacustri o marini, mentre le zone sollevate costituirono delle dorsali che separavano le varie fosse di sedimentazione (vedi l'illustrazione seguente).



Ancora oggi, queste vicende tettoniche determinano lo schema della variabilità litologica e morfologica dei rilievi. In particolare, il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta la sua profondità massima nella zona tra Campi Bisenzio e Calenzano (500-550 m), minori profondità si sono riscontrate tra Prato e Pistoia (400-450 m); le profondità minime sono invece presenti nella zona di Firenze (50 m nel centro cittadino). L'emissario di questo antico lago era probabilmente ubicato alla stretta della Gonfolina: avendo la depressione un carattere endoreico, aveva i principali immissari nella paleo-Ema nella conca di Firenze, nell'Ombrone all'estremo opposto del bacino e nel Bisenzio nella sua parte centrale.

La fase più recente è caratterizzata dalla migrazione del corso dell'Arno che si è spostato da NE verso SW, meandrando ed erodendo alla base le colline di San Miniato e di Bellosguardo.

L'ultima fase evolutiva del bacino vide infine sia l'abbondante sedimentazione di materiali in corrispondenza degli alvei dell'Arno e dei suoi affluenti sia l'instaurarsi di estese zone palustri, specialmente ai margini della pianura neoformata ed in prossimità dei corsi d'acqua principali, alcune delle quali perdurarono fino in epoca storica: in tali ambienti, sedimentologicamente tranquilli, si depositarono sedimenti fini con frequenti intercalazioni torbose.

In tempi preistorici le aree lacustri del bacino risultarono ridotte e – pertanto – Ombrone e Bisenzio, già immissari di un lago poco profondo, divengono tributari dell'Arno. Più o meno nello stesso periodo si



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

completa la formazione della piccola conoide del Fosso delle Grazie (a Nord di Rovezzano) e quella di Ponte a Mensola e (fra Campo di Marte e Coverciano) quella del Torrente Affrico.

A questa attività costruttiva dei piccoli affluenti dell'Arno fa riscontro – nelle ultime migliaia di anni – una prevalente attività erosiva da parte dell'Arno che incide, a monte di Firenze, i suoi stessi depositi formando terrazzi fluviali di due ordini successivi. Il più recente di essi – noto come “Ripa del Bisarno” – era molto evidente fino a circa 30 anni fa prima delle più recenti urbanizzazioni.

Infine, vale la pena ricordare che in passato la zona delle Piagge – che sarà interessata dalla porzione di tracciato tramviario all'esterno del rilevato ferroviario – è stata pesantemente interessata da escavazione di sabbia, necessaria a soddisfare le richieste del mercato edilizio in piena espansione durante il boom economico degli anni '60.

Tale attività creò molte depressioni nell'area, al cui interno si formarono anche alcuni laghetti, che resero inservibile l'intera area. Solo dopo (anni '70-'80) questa recuperata, riempiendo la maggior parte delle depressioni con materiali di riporto antropico e conferendo nuovamente al piano di campagna l'aspetto pianeggiante originario.

Recentemente l'analisi critica di tutti i dati geognostici disponibili, accostata all'evoluzione geologica dell'area, ha reso possibile l'individuazione di diverse situazioni tettonico-sedimentarie distinte nel tempo, ben definite da rapporti di erosione e deposizione; pertanto ognuna di queste è stata considerata un Sistema secondo i vari ambienti fluvio-lacustri o corsi fluviali di afferenza (BRIGANTI et. Alii, 2003).

Sulla base di questa nuova classificazione, l'area in esame ricade all'interno dei **Depositi Alluvionali Olocenici** (vedi Fig.H), costituiti principalmente da ciottolami e ghiaie da puliti a sporchi (matrice sabbiosa e/o limoso-sabbiosa), con livelli e lenti di sabbie anche gradate: i primi 3-5 metri sono costituiti da limi più o meno sabbiosi di esondazione recente, in relazione alla loro distanza dall'alveo.

Nell'area delle Piagge il livello sedimentario limoso-sabbioso superficiale è stato a luoghi sostituito parzialmente o totalmente con il materiale di riporto che fu utilizzato in passato per coprire le depressioni che erano state create dall'attività estrattiva dei “renaioli”.

### 2.3. ASSETTO TETTONICO

Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia appare impostato in corrispondenza di una sinclinale preesistente: sia nei rilievi a NE (dorsale di Fiesole – Monti di Pistoia) sia in quelli a SW (dorsale del Montalbano) si individuano infatti strutture anticlinaliche.

L'assetto tettonico del bacino è quello che caratterizza i bacini intermontani appenninici allineati in direzione NW-SE. Il suo substrato risulta infatti basculato verso NE, con dopocentro lungo una serie di faglie a gradinata tra loro contigue (“*master fault*” di Fiesole), che hanno dato origine ad un rigetto superiore ai 1.000 metri.

Nella porzione orientale del bacino si rilevano le principali faglie di Castello-Scandicci e di Maiano-Bagno a Ripoli ad andamento trasversale rispetto alla catena (NE-SW), che interessano il substrato prelacustre



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

ed i soprastanti depositi fluvio-lacustri villafranchiani. Il sollevamento della conca fiorentina, con la determinazione di un alto strutturale ed il dislocamento dei depositi villafranchiani nel bacino di Firenze rispetto al resto della pianura, è dovuto a tali faglie.

### 2.4. ANALISI GEOMORFOLOGICA

La morfologia dell'area in esame è completamente pianeggiante, con il piano di campagna posto a quote variabili tra i 38 (Piagge) ed i 44 mt. Slm. (Leopolda). L'area interessata – assai vasta - si estende dal centro di Firenze (Stazione Leopolda – Porta al Prato) fino alle estreme propaggini periferiche occidentali (Le Piagge), formatesi tramite una conurbazione che si è creata con successive espansioni abitative miste, a loro volta generatesi attorno ai centri storici maggiori e minori seguendo il reticolo della viabilità antica e nuova.

In considerazione di ciò l'area risulta priva di forme del terreno particolarmente significative; quelle poche che si potevano ritrovare sono state completamente alterate dall'estesa e consolidata attività antropica (edilizia residenziale e sportiva), nonché dall'attività agricola nelle aree periferiche più esterne alla città.

E' importante ricordare che gran parte dell'abitato di Firenze si trova su una vasta coltre di riporto che iniziò ad essere formata alla fine del 1800. In quell'epoca si registrò un'importante espansione urbanistica che portò alla parziale demolizione di antichi edifici del centro storico: i materiali di risulta, non venendo scaricati fuori dalle mura, andavano a costituire la base per i nuovi fabbricati.

Nell'area delle Piagge - in particolare – era attiva sino ad alcuni decenni fa l'attività di escavazione della sabbia scopo edilizio sia in alveo sia, come nel nostro caso, creando profonde depressioni nel piano di campagna (ciò si nota anche nella cartografia IGM riportata in Fig.1).

Tali depressioni furono progressivamente ricolmate con materiale di riporto di vario genere e tipo, sino a ricostituire il piano di campagna originario, al fine di favorire l'espansione edilizia in questa porzione di città. Questo è il motivo per il quale – in quest'area – è possibile ritrovare coltri di riporto spesse anche 8-10 metri.

### 2.5. IDROGRAFIA

Il reticolo fluviale dell'area urbana – fortemente rimaneggiato – è drenante verso SW secondo la massima pendenza, su fronte della dorsale di Monte Ceceri – Monte Rinaldi. Gli affluenti in destra dell'Arno – fatta eccezione per il Mugnone – sono tutti di origine recente, lineari e poco gerarchizzati, impostati in erosione sui depositi fluvio-lacustri villafranchiani ed in stretta dipendenza con la faglia di Fiesole. Questi hanno tragitto breve, molto acclive nella parte a monte e carattere torrentizio; sono attualmente canalizzati, deviati e coperti nell'area urbana.

L'Arno scorre attualmente nell'area meridionale della pianura, con una marcata linearità artificiale ed un approfondimento dell'alveo in relazione ad interventi antropici (estrazione di inerti dal letto e costruzione di dighe): tali opere hanno influito sul bilancio tra portate liquide e solide, causando una riduzione delle ultime e quindi una maggiore incisione dell'alveo e una diminuzione di pendenza. In particolare, il tracciato in



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

progetto sviluppa vicino ad alcuni corsi d'acqua rettificati e arginati facenti parte del reticolo idrografico urbano di Firenze:

- la prima parte di tracciato (da Leopolda fino a dopo il Barco) si sviluppa sub-parallela al corso del Canale Macinante,
- in corrispondenza della fermata Vespucci, il tracciato gira a sinistra, attraversa il Canale Macinante e si trova all'incirca parallelo al tracciato tombato del Canale Goricina,
- circa in corrispondenza della stazione delle Cascine, il tracciato esce dal rilevato ferroviario e – dopo averlo sottoattraversato - si dispone parallelo al corso sub-aereo del Canale Goricina e del Fiume Arno.

### 2.6. CARATTERI IDROGEOLOGICI

#### 2.6.1. Permeabilità dei terreni

La valutazione di una roccia o di un sedimento si basa su un parametro, la permeabilità, che rappresenta la maggiore o minore conduttività dell'ammasso nei confronti di un fluido; essa è definita "primaria" se è dovuta alla presenza di vuoti ed interstizi tra i granuli di un terreno sciolto, "secondaria" se è dovuta alla presenza di fratture nelle rocce lapidee. L'area in esame rientra nella zona di affioramento dei sedimenti alluvionali, fluvio-lacustri e lacustri recenti, sciolti, caratterizzati da permeabilità primaria per porosità variabile in dipendenza della granulometria e del grado di cementazione e/o addensamento della massa sedimentaria.

In particolare i limi e limi argillosi lacustri e fluvio-lacustri sono caratterizzati da valori di permeabilità generalmente modesti, ridotti verso l'alto dall'intensa pedogenesi a pseudogley dei livelli più superficiali.

Invece i termini macroclastici che costituiscono il corpo ghiaioso principale (Orizzonte *Firenze 2* della bibliografia) sono caratterizzati da valori di permeabilità generalmente assai elevati, vengono infatti definiti "acquiferi" in quanto consentono sia il moto (orizzontale e verticale) che l'immagazzinamento dell'acqua.

#### 2.6.2. Inquadramento idrogeologico

Dalla consultazione degli studi allegati alle indagini geologiche di supporto al Piano Regolatore Generale del Comune di Firenze si ricava che nell'area in oggetto la tavola d'acqua profonda si presenta come un piano con debole e costante inclinazione con un gradiente dell'ordine di 1,7% con direzione verso l'Arno.

In particolare, i livelli ghiaiosi grossolani dell'Arno costituiscono il **C.I.S** (Corpo Acquifero Significativo) dell'intera area fiorentina. Si tratta di ciottolami e ghiaia di medie dimensioni in matrice sabbiosa variabile in percentuale: questo livello è caratterizzato da elevati valori di addensamento; circostanza, questa, favorita anche dal graduale aumento dei clasti con la profondità in percentuale ed in dimensioni.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

A valle della zona dell'Anconella - quindi anche nell'area d'intervento - l'Arno risulta essere drenato dalla falda a causa sia alle depressioni causate dagli intensi emungimenti effettuati nel tratto urbano sia dal fatto che il livello del Fiume risulta artificialmente elevato dagli interventi antropici eseguiti in epoche passate (presenza delle pescaie).

- Consultando le cartografie reperibili entro gli studi geologici effettuati a Firenze, si nota che non cambia di molto né la morfologia della tavola d'acqua né la sua profondità dal piano di campagna. Tale falda è di tipo freatico, la cui superficie può quindi oscillare a seconda dell'alimentazione: sulla base di dati a disposizione, possiamo ipotizzare che nell'area in esame il livello di falda si trovi a profondità variabili tra 5 e 8 metri circa rispetto al piano di campagna attuale (vedi Fig.L), direttamente collegato al pelo libero dell'Arno.

La tavola d'acqua si presenta come un piano con debole e costante inclinazione con direzione verso l'Arno; quindi dai dati bibliografici a nostra disposizione, possiamo affermare che, nell'area esame, il flusso dell'acqua dovrebbe scorrere in direzione sud-ovest.

### 2.7. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI COSTITUENTI IL SUBSTRATO

#### 2.7.1. Caratterizzazione stratigrafica

E' necessario premettere che la modellazione geologiche che viene sviluppata si basa sui dati geognostici al momento disponibili, e compiutamente riportati nell'apposita relazione. Nelle successive fasi progettuali il modello geologico qui ricostruito dovrà essere affinato a dettagliato (nelle zone di interesse) grazie all'esecuzione di ulteriori indagini geognostiche finalizzate alla definizione di tutti quegli aspetti che verranno ritenuti necessari.

Sulla base dei dati geognostici disponibili, è stato pertanto possibile suddividere schematicamente il tracciato in progetto in aree all'incirca omogenee da un punto di vista stratigrafico, così come riportato in Fig.M.

Per ogni area omogenea viene riportata una sintetica descrizione dei vari orizzonti stratigrafici ed il loro spessore medio sulla base dei dati a disposizione: la base delle ghiaie viene desunto dai dati contenuti nel S.I.T Sottosuolo del Comune di Firenze.

E' doveroso ricordare che la prima area (area A: Leopolda - Indiano) corrisponde solo al tracciato su rilevato ferroviario più che ad una area stratigraficamente omogenea. La circostanza di trovarsi su un rilevato ferroviario esistente attivo ha infatti reso impossibile l'esecuzione di nuove indagini geognostiche: la caratterizzazione di questo tratto viene quindi effettuata solo sulla base delle indagini di archivio e bibliografia.

In linea del tutto generale, tutto il substrato dell'area interessata dal tracciato è caratterizzata dalla presenza di 3 orizzonti stratigrafici: riporto superficiale, limi sabbiosi e ghiaie in matrice sabbioso-limosa. Tali orizzonti presentano spessori variabili lungo il tracciato: il livello di riporto superficiale – in particolare – è



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

caratterizzato da modalità di messa in opera e natura diverse. Ovunque, quando risulta particolarmente grossolana, tale coltre di riporto può contenere al suo interno livelli idrici sospesi a carattere stagionale.

### 2.7.2. Situazione idrogeologica locale

Sulla base dei dati disponibili, possiamo affermare che il livello della falda freatica oscilla ovunque tra i 5,00 e gli 8,00 mt di profondità rispetto al piano di campagna, con tendenza ad approfondirsi uscendo dalla città.

Come già detto in precedenza, dobbiamo però tenere presente che le abbondanti coltri di riporto presenti lungo il tracciato (soprattutto dopo il viadotto dell'Indiano) possono contenere falde sospese a carattere stagionale, racchiuse nei livelli granulometricamente più grossolani.

E' inoltre doveroso ricordare che non sono disponibili informazioni dirette in situ relative al momento attuale, che potranno essere acquisite nella successiva fase progettuale, in occasione degli auspicabili approfondimenti di indagine.

## 3. GEOTECNICA

### 3.1. CARATTERISTICHE GENERALI DEI TRACCIATI TRANVIARI IN PROGETTO

Le caratteristiche tipologiche della Linea 4.1 non si distaccheranno da quelle adottate per le linee già progettate della Tranvia di Firenze. Il tratto in esame sarà realizzato completamente in superficie - a raso – e sarà caratterizzato dai seguenti elementi caratteristici:

<i>sviluppo longitudinale</i>	<i>circa</i>	<i>6,00</i>	<i>Km.</i>
<i>sviluppo trasversale in rettilineo</i>		<i>6,80</i>	<i>mt.</i>
<i>sviluppo trasversale al capolinea</i>		<i>7,50</i>	<i>mt.</i>
<i>Larghezza sede tranviaria (1 binario)</i>		<i>4,00</i>	<i>mt.</i>
<i>spessore totale della sovrastruttura tramviaria</i>		<i>0,75</i>	<i>mt.</i>
<i>altezza di scavo medio da realizzar nel tratto a raso</i>		<i>1,00</i>	<i>mt.</i>

Come già detto nei precedenti paragrafi, il tracciato dovrà sottoattraversare la linea ferroviaria che corre parallela al corso dell'Arno, tramite l'inserimento di un elemento strutturale in calcestruzzo per la cui realizzazione sono attualmente all'esame tre diverse metodologie esecutive:



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

- ✓ Scavo convenzionale a parete libera, attribuendo un'adeguata pendenza alle pareti di scavo per garantire la loro stabilità gravitativa senza particolari armature.
- ✓ Realizzazione di due paratie laterali di contenimento tramite l'esecuzione di diaframmi continui o micropali/pali, da realizzarsi preventivamente allo scavo: in tale modo le operazioni in trincea potranno avvenire in completa sicurezza.
- ✓ Inserimento di scatolare prefabbricato utilizzando la tecnica cosiddetta "spingitubo": questo prevede lo scavo eseguito per mezzo di scudi meccanici (*boucliers*) con fronte di scavo aperto o chiuso, con posa contemporanea di elementi prefabbricati (*tubolari o conici*). Dette attrezzature possono essere spinte dall'esterno per mezzo di cilindri oleodinamici utilizzando come rinvio i tubi prefabbricati di rivestimento della galleria: in questo caso non possono essere raggiungibili lunghe distanze perché l'attrito aumenta progressivamente sulle pareti del tunnel richiedendo all'esterno spinte insostenibili dai tubi intermedi che dovrebbero trasmettere la spinta allo scudo.

Tali macchinari possono anche avanzare appoggiandosi al rivestimento (conci o getto in opera) del tunnel eseguito nella loro parte posteriore. In questo caso – però - il limite della possibilità di avanzamento è dato dalla capacità di reazione della spinta oleodinamica del rivestimento posteriore.

Le indagini geognostiche eseguite non hanno dato contributi univoci e oggettivi alla determinazione degli spessori del materiale di riporto: infatti i valori registrati hanno messo in evidenza unicamente la massicciata superficiale e i livelli preconsolidati per fenomeni di ritiro stagionale. Informazioni più utili per la determinazione della consistenza del riporto sono invece reperibili dai dati contenuti nel S.I.T. Sottosuolo del Comune di Firenze e nella Carta Litotecnica del Comune di Firenze.

In quest'ultima - in particolare - sono state cartografate le aree ove è stata accertata la presenza di riporto con spessore di 2,0 mt. o superiore (fino a > 6,0 mt): nella restante area urbana è comunque sempre presente una coltre di riporto di spessore oscillante tra i pochi centimetri e i 2,0 metri.

In considerazione dei dati a disposizione, è possibile affermare che l'intero tracciato al di fuori del rilevato ferroviario interessa aree occupate da riporto antropico, di spessore medio variabile da 1,40 mt (tratto Indiano – Via Puglia e tratto Via Veneto – Via Lazio) a 7,50 mt (tratto Via del Pesciolino – Via Veneto).

Per tale motivo è di fondamentale importanza la definizione locale delle proprietà fisico-meccaniche di tali riporti, in modo da valutare se queste sono idonee a sostenere i carichi che verranno trasmessi dalla futura Tranvia. A tale scopo sono quindi utili le prove penetrometriche eseguite che – seppur con tutte le loro limitazioni – forniscono un dato puntuale sulla possibile risposta geotecnica di tali materiali.

### 3.2. TRACCIATO IN SUPERFICIE: CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI COINVOLTI

#### 3.2.1. Individuazione del tetto dell' "Orizzonte Firenze 2"



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

I tracciati tranviari in progetto si troveranno a contatto - lungo tutto il loro sviluppo – con i riporti superficiali o con i limi sabbiosi di esondazione recente: le sottostanti ghiaie costituenti l'“Orizzonte Firenze 2” si trovano infatti più in profondità.

La campagna geognostica eseguita ha consentito di ricostruire con sufficiente precisione l'andamento del tetto di tale orizzonte stratigrafico: nel seguente schema vengono fornite indicazioni sulla maggiore e minore profondità a cui si ritrova questa interfaccia nei vari tratti del tracciato tranviario in progetto.

	<b>Profondità massima (mt)</b>	<b>Profondità minima (mt)</b>
<b>Leopolda - Indiano</b>	7,70	2,00
<b>Indiano – Via Puglia</b>	6,00	3,20
<b>Via Puglia – Pesciolino</b>	7,60	3,20
<b>Pesciolino – Via Veneto</b>	11,0	2,40
<b>Via Veneto – Piagge</b>	11,0	4,50

### 3.2.2. Caratteristiche fisico-meccaniche indicative dei terreni di fondazione della sovrastruttura

### 3.2.3. Individuazione dei tratti critici

Sulla base dei dati geognostici in nostro possesso sulla porzione di tracciato che non si troverà sull'esistente rilevato ferroviario, possiamo affermare che:

- gran parte di questo tracciato verrà imposta su coltri di riporto vario, talora anche di notevole spessore
- i primi metri di questo riporto generalmente non hanno fornito valori di resistenza penetrometrica particolarmente scadenti, risentendo probabilmente anche di fenomeni di compattazione locale e/o di ritiro stagionale

Per tali motivazioni non è possibile individuare un limite penetrometrico al di sotto del quale definire il materiale come non affidabile e quindi passibile di interventi di miglioramento.

E' anche vero che descrivere una coltre di riporto sulla base di parametri fisico-meccanici medi non risulta tecnicamente affidabile, proprio per la natura stessa del riporto, che è stato messo in opera in tempi e con modi diversi da luogo a luogo. Inoltre i materiali costituenti tali coltri sono diversissime e difficilmente individuabili. Per tale motivo – a nostro parere – risulterebbe tecnicamente corretto intervenire su tutti i tratti di tracciato che verranno sicuramente impostati su riporto.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Queste indicazioni hanno ovviamente carattere assai qualitativo, derivando da una campagna geognostica caratterizzata da una maglia d'indagine assai ampia. La definizione circostanziata delle porzioni di tracciato su cui intervenire potrà essere fatta in fase di progettazione definitiva, grazie ad un raffittimento della maglia di indagine.

Solo allora potranno essere definiti anche i reali spessori di terreno che dovranno essere coinvolti negli interventi di miglioramento e/o bonifica.

### 3.2.4. Proposta di opere di miglioramento e mitigazione

Nei tratti con terreno di sottofondo non rispondente alle caratteristiche prestazionali richieste, si procederà alla bonifica del tratto interessato utilizzando due metodologie diverse, alternative tra loro.

#### ✓ **Stabilizzazione con legante idraulico**

La correzione con il legante (calce o cemento) permetterà di fornire al piano di posa caratteristiche fisico-meccaniche omogenee e totalmente controllabili grazie alla percentuale di calce da utilizzare: in ogni caso, il risultato ottenuto sarà sempre superiore a quello delle bonifiche “convenzionali”, e sicuramente più durevole nel tempo.

La compattazione sarà effettuata con rullo liscio o con rullo a piede di montone (a discrezione della D.L.) di peso non inferiore ai 180 q.li, da effettuarsi dopo la livellazione e la baulatura (compresa nella lavorazione) e da effettuarsi dopo almeno 3 ore dalla miscelazione, con opportuna macchina livellatrice. E' compresa altresì la bagnatura fino all'umidità ottima (da prova Proctor Modificata, da eseguirsi a carico dell'impresa) più acqua d'integrazione alla miscela terreno/calce per tutta la durata della reazione pozzolanica. La protezione finale dello strato dalle intemperie e per ottenere una perfetta maturazione, avverrà con emulsione bituminosa spruzzata in ragione di almeno 1,0 kg/mq da effettuarsi al termine della rullatura.

#### ✓ **Sostituzione fino al primo metro di terreno di fondazione con misto**

Il misto cementato sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei (misto granulare) trattata con un legante idraulico (cemento): la miscela dovrà assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole anche in presenza di acqua o gelo. La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa dev'essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti. Le operazioni di



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

compattazione dello strato saranno realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

### 3.3. SOTTOATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO

#### 3.3.1. Caratterizzazione dei terreni interessati

In corrispondenza dell'area ove verrà localizzato il sotto-attraaversamento, le prove penetrometriche hanno fornito rifiuto all'infissione a circa 4,00 mt di profondità: la stratigrafia successiva viene pertanto desunta dalle altre indagini in sito di archivio disponibili.

sarà necessario approfondire l'indagine geognostica, in modo da acquisire dati maggiormente circostanziati in merito ai terreni interessati dal sotto-attraaversamento ferroviario: in particolare, sarà necessario raggiungere maggiori profondità, in modo da indagare il terreno che si troverà al contatto con le fondazioni del futuro sotto-attraaversamento.

Per l'acquisizione dei dati necessari ad inquadrare tutte le problematiche geologico-geotecnico-idrogeologiche indotte da una tale opera d'arte, riteniamo necessaria l'esecuzione di n.2 sondaggi a carotaggio continuo da spingersi alla profondità massima di 20 metri: questi consentiranno il prelievo di campioni indisturbati, l'esecuzione di prove S.P.T. in corrispondenza dei livelli macroclastici, l'installazione di tubi piezometrici per il monitoraggio del livello idrico, nonché l'esecuzione di eventuali prove di permeabilità in foro in corrispondenza dei livelli acquiferi.

#### 3.3.2. Problematiche idrogeologiche

Si ricorda che per il sotto-attraaversamento è previsto uno scavo di circa 8,00 metri di profondità: ciò significa che – sulla base dei dati disponibili – sarà possibile intercettare la falda freatica presente in corrispondenza della parte basale dello scavo.

Per poter lavorare in sicurezza, sarà quindi necessario predisporre dei sistemi di allontanamento o abbattimento del livello di falda, in modo che questo interferisca nel minor modo possibile con i lavori di scavo. Allo stato attuale delle conoscenze, riteniamo che un sistema di "well-points" opportunamente dimensionato possa egregiamente risolvere questo tipo di problematica.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 4. ASSETTO IDROLOGICO E IDRAULICO DELL'AREA

Il tracciato di progetto della linea tramviaria n. 4 si sviluppa in gran parte parallelamente al fiume Arno e in area inondabile, ed è pertanto soggetta alle direttive del P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) redatte dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno e ai vincoli sovraordinati al P.R.G. del Comune di Firenze.

L'elaborato PP.02.05\_PP.12 "Vincolo Rischio Idraulico" è costituito da una raccolta delle cartografie di riferimento del P.A.I. e del Comune di Firenze, alle quali è stato sovrapposto il tracciato planimetrico della Linea Tramviaria n. 4, così da consentire una valutazione delle eventuali interferenze del tracciato con le suddette aree vincolate.

L'inquadramento idrografico dell'area interessata dal progetto della linea tramviaria di Firenze n. 4 è piuttosto complesso: in aggiunta al fiume Arno, principale corso d'acqua strettamente affiancato a sud della linea nel tratto compreso tra il Viadotto dell'Indiano e il termine della tratta, si individuano i seguenti corsi d'acqua che scorrono in prossimità della linea tramviaria.

- **Torrente Mugnone:** principale affluente in destra idrografica nel tronco urbano di Firenze del fiume Arno, nel quale confluisce in prossimità del Ponte dell'Indiano; interseca planimetricamente il tracciato della linea tramviaria in progetto in corrispondenza del Ponte del Barco.
- **Canale Macinante:** canale artificiale che scorre parallelamente al tracciato della linea tramviaria lato sud nel tratto iniziale; si presenta in alcuni tratti tombato e sottopassa il Torrente Mugnone mediante una botte a sifone nella zona del Barco, per poi affiancarsi a via de' Vespucci. La sezione trasversale del canale presenta forma trapezia con larghezza pari a 4-5 m alla base e a 10-12 m in sommità, per una profondità di circa 3 m.
- **Fosso della Goricina:** nasce come opera di corredo alla linea ferroviaria per la Stazione Leopolda, con funzione di raccolta delle acque di superficie, ai piedi del rilevato ferroviario. Successivamente esso è stato tombato ed è divenuto parte del sistema fognante del Comune di Firenze. Procedendo verso la Stazione di Porta al Prato, il fosso si sviluppa parallelamente alla linea ferroviaria esistente in sinistra, e quindi anche alla linea tramviaria in progetto, sottopassa il Canale Macinante attraverso un sifone e prosegue fino all'altezza del Torrente Mugnone. Dopo aver sottopassato la ferrovia e il torrente, prosegue in fregio al lato destro del rilevato ferroviario fino all'altezza di Via delle Cascine, dove si raccorda con altri rami della rete fognaria. Il Fosso della Goricina costituisce una delle principali interferenze con l'ipotesi di progetto; è stato necessario prolungare il tratto tombato del fosso, in quanto interferente con il tracciato della pista ciclopedonale in prossimità della Stazione Pesciolino.

#### 4.1. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME ARNO

Con il Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 5 novembre 1999 n. 226 è stato approvato il Piano stralcio relativo alla riduzione del "Rischio idraulico" del bacino del fiume Arno, adottato dall'Autorità di



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

bacino del fiume Arno con la delibera n.131 del 5 luglio 1999. Al Piano Stralcio sono state allegate 3 Cartografie in scala 1:25.000:

- cartografia degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno;
- cartografia delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e degli affluenti;
- carta guida delle aree allagate, redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi 1966-1999.

Dall'analisi delle cartografie di cui sopra, risulta che il tracciato della linea tramviaria n. 4 non ricade nelle aree previste per gli interventi strutturali nelle aree di pertinenza fluviale.

Nella cartografia "Carta guida delle aree allagate, redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi 1966-1999" sono riportate le aree interessate da inondazioni ricorrenti, aree interessate da inondazioni eccezionali e le aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991-1992-1993. Da queste cartografie risulta che l'intero sviluppo del tracciato tranviario ricade unicamente nell'area interessata da inondazioni eccezionali (tempi di ritorno secolari).

### 4.2. PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PERICOLOSITA' IDRAULICA

Il P.A.I. include la cartografia "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25000" e "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10000", in cui la pericolosità idraulica è definita secondo una scala di livelli a pericolosità crescente da P.I.1 a P.I.4.

Le definizioni dei livelli di pericolosità sono riportate di seguito:

- **P.I.4:** pericolosità idraulica e molto elevata, comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- **P.I.3:** pericolosità idraulica elevata, comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- **P.I.2:** pericolosità idraulica media, comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni;
- **P.I.1:** pericolosità idraulica moderata, comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni.

L'area oggetto del presente progetto è definita a livello di dettaglio in scala 1:10000.

Il tracciato attraversa, nel tratto iniziale, aree a pericolosità moderata e media, tranne che per un breve tratto nella zona del Barco, in corrispondenza del quale attraversa un'area a pericolosità molto elevata; lungo tali tratti, però, il tracciato ricalca la livelletta della ferrovia esistente; inoltre, come dichiarato nel progetto di Variante nuova viabilità Ponte del Barco stradale, la pericolosità idraulica P.I.4 decadrà a seguito del collaudo degli interventi di adeguamento idraulico.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

In corrispondenza del viadotto dell'Indiano, nel tratto in cui la livelletta è in fase di discesa a monte del sottopasso, il tracciato attraversa un'area a pericolosità idraulica elevata.

L'Autorità di Bacino del fiume Arno ha provveduto alla implementazione di un modello idraulico finalizzato alla definizione dei livelli di piena del fiume Arno associati ai differenti tempi di ritorno. In corrispondenza del Viadotto dell'Indiano e appena a valle dello stesso, la quota di esondazione del fiume Arno è +41.99 m s.l.m.m. per un tempo di ritorno di 100 anni, critico per un'area a pericolosità idraulica elevata. La sede ferroviaria esistente si colloca ad una quota di circa +42 m s.l.m.m, e infatti è compresa nell'area a pericolosità idraulica media. La livelletta della linea tramviaria in progetto è stata quindi mantenuta ad una quota di sicurezza idraulica di +42 m.s.l.m.m. fino al punto di discesa al sottopasso. A tale scopo, anche la testa muri ad U del sottopasso è stata mantenuta alla stessa quota, a protezione della linea in progetto, che non concorre ad aggravare la condizione di rischio.

A valle del sottopasso, le aree attraversate dal tracciato della linea tramviaria sono caratterizzate da una pericolosità idraulica media.

### 4.3. VINCOLI SOVRAORDINATI AL P.R.G. DEL COMUNE DI FIRENZE

Ai fini della valutazione della compatibilità al vincolo di rischio idraulico, si sono analizzate anche le mappe dei vincoli sovraordinati al P.R.G. del Comune di Firenze, che richiamano la Delibera Regionale della Regione Toscana n. 230 del 21.06.1994: "Provvedimenti sul rischio idraulico ai sensi degli articolo 3 e 4 della L.R. 74/84 - Adozione di prescrizioni e vincoli; Approvazioni e direttive".

La Delibera Regionale definisce nell'Articolo 2 gli Ambiti di applicazione delle prescrizioni e vincoli:

- *L'ambito denominato A1* definito "di assoluta protezione del corso d'acqua" che corrisponde agli alvei, alle golene, agli argini dei corsi d'acqua, nonché alle aree comprese nelle due fasce della larghezza di ml. 10 adiacenti a tali corsi d'acqua, misurate a partire dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda.
- *Ulteriore ambito denominato "A2"* di "tutela del corso d'acqua e di possibile inondazione" da applicarsi ai corsi d'acqua che hanno larghezza superiore a 10 m, misurata fra i piedi esterni degli argini oppure, ove mancanti, fra i cigli di sponda. Tale Ambito corrisponde alle due fasce immediatamente esterne all'ambito "A1" che hanno larghezza pari alla larghezza del corso d'acqua definite come sopra, con un massimo di 100 m.

Nell'Articolo 5 della Delibera sono invece definiti gli Ambiti di applicazione delle direttive, dove viene definito l'ulteriore ambito denominato "B", comprendente le aree potenzialmente inondabili in prossimità dei corsi d'acqua che possono essere necessarie per gli eventuali interventi di regimazione idraulica tesa alla messa in sicurezza degli insediamenti. Tale ambito corrisponde alle aree a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a due metri sopra il piede esterno d'argine o, in mancanza, il ciglio di sponda. Il limite esterno di tale ambito è determinato dai punti di incontro delle perpendicolari all'asse del corso d'acqua con il terreno



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

alla quota altimetrica come sopra individuata e non potrà comunque superare la distanza di metri lineari 300 dal piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda. Ove esistano difficoltà nell'individuazione del piede esterno dell'argine o del ciglio di sponda va applicata l'ipotesi corrispondente alla maggior larghezza.

In base alla citata delibera, da parte di Comune di Firenze è stata redatta la cartografia contenente gli ambiti di applicazione della delibera n. 230 su base cartografica, dove sono stati riportati gli ambiti di applicazione delle prescrizioni e vincoli (ambiti A1 e A2), gli Ambiti di applicazione delle direttive (Ambito B) e le classi di pericolosità per l'intero territorio comunale.

Il tracciato di progetto ricade, nel tratto compreso tra le progressive 0+950 e il Ponte del Barco, e nel tratto compreso tra il Viadotto Indiano e il termine della tratta, nell'ambito di vincolo fluviale B.

### 5. COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

Il presente capitolo si propone di descrivere le soluzioni adottate al fine della raccolta e dello smaltimento delle acque meteoriche scolanti lungo la linea tramviaria e nell'area del deposito in prossimità del capolinea in località Le Piagge.

#### 5.1. ANALISI IDROLOGICA

Al fine di fornire uno strumento base per la progettazione legata al dimensionamento dei manufatti di drenaggio delle tramvie fiorentine, era stata effettuata, in fase di progettazione delle linee precedenti, un'analisi dei dati di pioggia, determinando le curve pluviometriche caratteristiche per diversi tempi di ritorno, e per le durate di pioggia comprese tra 10 minuti e 1 ora, e tra 1 ora e 24 ore.

Per l'analisi statistica dei dati di pioggia era stata scelta la stazione pluviografica di Ximeniano, per la quale è 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, che ha condotto alla definizione delle curve di probabilità pluviometrica del tipo  $h = a \times t^n$ , valide per vari tempi di ritorno. Le curve di pioggia così ottenute sono riportate in **Tabella 1** e in **Tabella 2**.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

**Tabella 1 – Stazione Osservatorio di Ximeniano – Curve caratteristiche per la durata di pioggia inferiore a un'ora**

TEMPO DI RITORNO (anni)	CURVA CARATTERISTICA (t in min, h in mm)
2	$5.44 * t^{0.377}$
5	$5.82 * t^{0.449}$
10	$6.15 * t^{0.471}$
20	$6.51 * t^{0.503}$
25	$6.62 * t^{0.509}$
50	$7.00 * t^{0.526}$
100	$7.37 * t^{0.540}$

**Tabella 2 – Stazione Osservatorio di Ximeniano – Curve caratteristiche per la durata di pioggia da 1 a 24 ore**

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

**5.2. COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DALLA SEDE TRAMVIARIA**

Per la determinazione delle portate meteoriche di progetto si è applicata la formula razionale:



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

$$Q = A * i * C$$

dove:

Q = portata di pioggia in l/s;

A = superficie espressa in m<sup>2</sup>;

i = portata di pioggia specifica (relativa al Tempo di ritorno e durata di pioggia assunti) espressa in l/s/m<sup>2</sup>;

C = coefficiente di deflusso, considerato pari a 1 nel caso di pavimentazione in lastre di porfido e pari a 0.7 nel caso di massetti autobloccanti posizionati su sezione ferroviaria esistente.

Una delle ipotesi alla base della formula razionale è quella secondo cui la durata dell'evento meteorico da considerarsi come critico, sia pari al tempo di corrivazione del bacino.

Per il dimensionamento delle opere di raccolta lungo linea, quali le canalette grigliate, si è assunto un tempo di corrivazione pari a 5 minuti, mentre per il dimensionamento dei collettori, sia posizionati lungo linea che di collegamento con il punto di recapito, si è assunto un tempo di corrivazione pari a 10 minuti.

Il tempo di ritorno per il collettamento e lo smaltimento delle portate meteoriche di linea è stato assunto pari a 50 anni.

Le opere di collettamento e smaltimento acque meteoriche dalla sede tramviaria sono state differenziate sulla base delle 4 tipologie di sezioni differenti:

- Sezione tipo 1: sezione di dimensioni standard lungo linea;
- Sezione tipo 2: sezione di dimensioni standard lungo linea su ballast esistente;
- Sezione tipo 3: sezione in corrispondenza della stazione di Porta al Prato, su ballast esistente;
- Sezione tipo 4: sezione di transizione tra la stazione di Porta al Prato e la sezione standard di linea, su ballast esistente.

Le precedenti tipologie di sezione possono essere sostanzialmente raggruppate, per quanto riguarda la tipologia degli interventi, secondo le due macro-tipologie di sezione:

- sezione tramviaria su ballast esistente (da km 0+000 a km 1+500 circa, Fermata Cascine);
- sezione tramviaria su nuova pavimentazione (da km 1+500 a termine tratta).

Nel primo caso, al fine di evitare la movimentazione del ballast esistente, è stato adottato un sistema di raccolta delle acque laterale poco invasivo, mediante canalette longitudinali grigliate in calcestruzzo polimerico con sezione ad U.

## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

In corrispondenza dei punti di scarico si prevedono inoltre tre segmenti di canaletta grigliata trasversale alla linea, due per la raccolta delle acque meteoriche tra le rotaie e dalla gola delle rotaie stesse, e il terzo per la raccolta delle acque nella parte centrale della sede tramviaria. La portata convogliata dalle canalette trasversali viene scaricata, mediante pluviali verticali, in un collettore diretto al recapito finale.

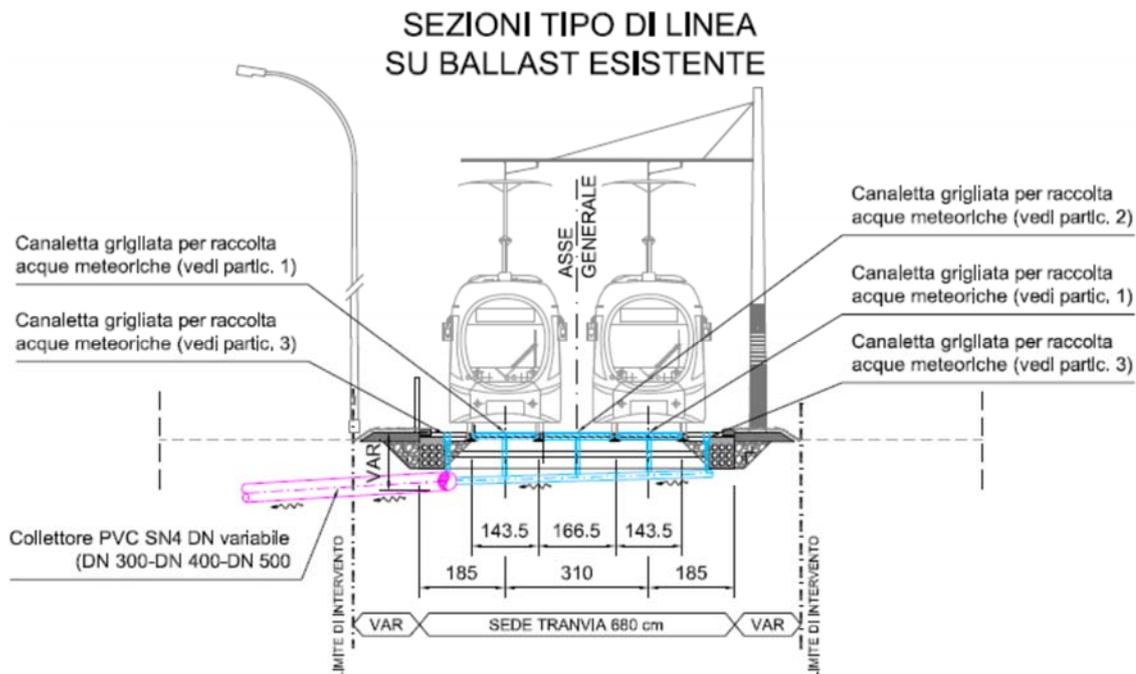
In **Figura 1** è riportato il sistema di collettamento acque meteoriche per la sezione tipo di linea su ballast esistente.

**Figura 1- Collettamento acque meteoriche - Sezione tipo di linea su ballast esistente**

Nel secondo caso, la raccolta delle acque meteoriche di linea avviene unicamente mediante la predisposizione di canalette trasversali grigliate in calcestruzzo polimerico con sezione ad U. Le canalette sono disposte ad interasse di 50 m nel caso di pavimentazione in lastre di porfido, dal km 1+500 (Fermata Cascine) al km 1+775 circa (Fermata Manifattura Tabacchi) e dal km 3+500 circa in poi; invece tra la Fermata Manifattura Tabacchi e il km 3+500, tratto in cui la pavimentazione è realizzata mediante autobloccanti, le canalette sono disposte ad interasse di 100 m.

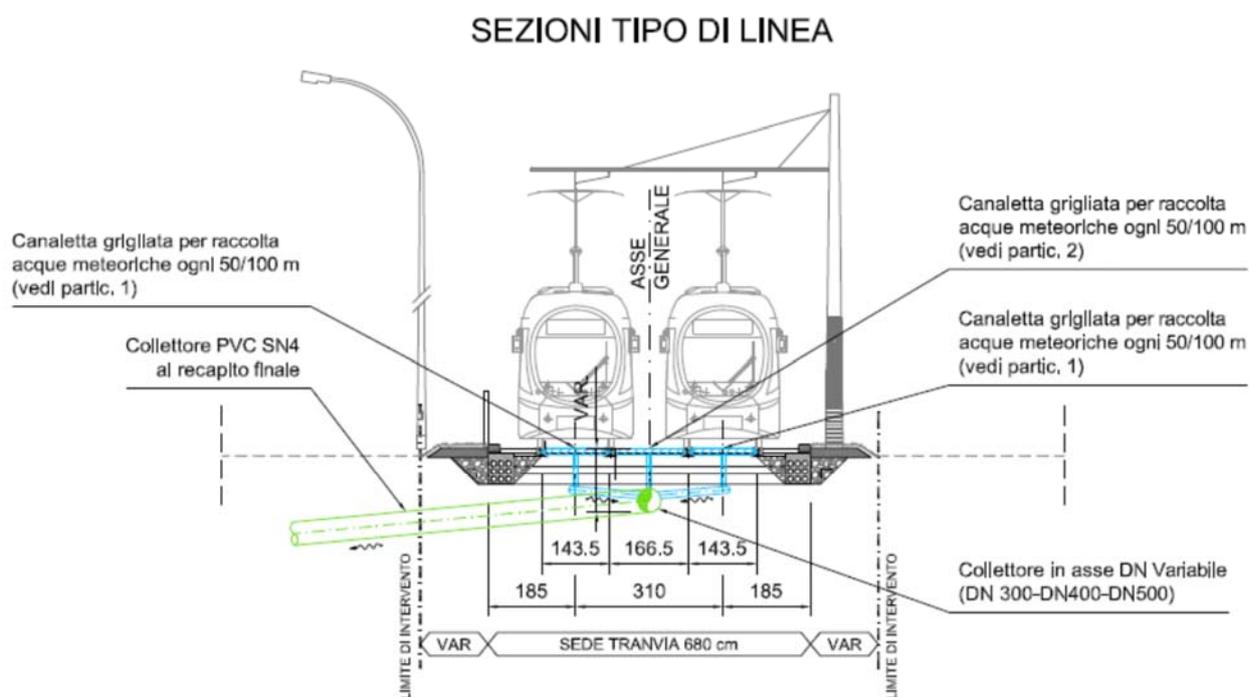
La portata convogliata dalle canalette trasversali viene scaricata, mediante pluviali verticali, in un collettore in cls ubicato centralmente alla linea, che convoglia poi le acque al recapito finale.

In  
**Figura**  
**2** è



riportato il sistema di collettamento acque meteoriche per la sezione tipo di linea su nuova pavimentazione.

## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

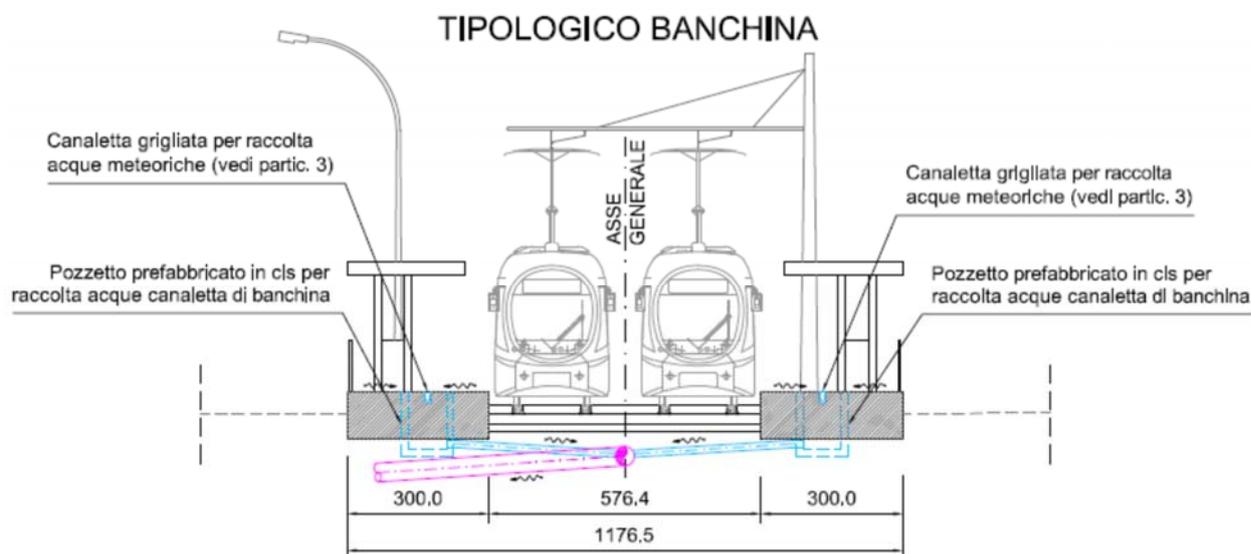


**Figura 2- Collettamento acque meteoriche - Sezione tipo di linea su nuova pavimentazione**

Ove possibile, si è privilegiato lo scarico in corsi d'acqua per non sovraccaricare la fognatura esistente; negli altri casi è stato previsto il recapito della portata in fognatura.

In corrispondenza delle banchine di stazione si adottano canalette grigliate longitudinali per la raccolta delle acque meteoriche.

In **Figura 3** è riportato il sistema di collettamento acque meteoriche per la sezione tipo in corrispondenza delle banchine di fermata.

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1**


**Figura 3- Collettamento acque meteoriche - Sezione tipo in corrispondenza delle banchine di fermata**

**5.3. COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DEL SOTTOPASSO**

In corrispondenza del Ponte dell'Indiano, la linea tramviaria si discosta dalla sede ferroviaria esistente per poi sottopassarla in direzione ortogonale mediante un manufatto a spinta.

Le rampe di monte e di valle del sottopasso sono comprese tra muri ad U o tra diaframmi, secondo la profondità delle rampe stesse dal piano campagna.

La raccolta delle acque meteoriche di linea lungo le rampe del sottopasso avviene mediante caditoie disposte lateralmente alla linea (su entrambi i lati) ogni 10 m, che scaricano la portata in collettori in PVC serie pesante classe di resistenza SN4 con diametro DN 200 mm.

Lungo il sottopasso è stato previsto un identico sistema di raccolta ma con tubazioni di diametro DN 250 mm, data la pendenza molto inferiore del tracciato rispetto alle rampe.

Le acque meteoriche scolanti sulle rampe sono convogliate ad una vasca di raccolta, ubicata sotto la sede tramviaria a monte del sottopasso nel punto di compluvio del tracciato al km 4+200 circa. La portata viene sollevata, mediante un impianto di pompaggio, ad un pozzetto di calma da cui è recapitata al fiume Arno con un collettore a gravità.

Ai fini del calcolo della portata scolante sulle rampe del sottopasso si sono considerati un tempo di ritorno di 50 anni e un tempo di corrivazione pari a 5 minuti.

Si è assunto un volume netto della vasca di raccolta pari a 90 m<sup>3</sup>, corrispondente al volume di un evento meteorico di durata 30 minuti e 50 anni di tempo di ritorno. Tale volume equivale a quello di un evento meteorico di durata oraria e tempo di ritorno decennale.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Sulla base della valutazione delle portate affluenti, si prevede un impianto di sollevamento costituito da n. 2 pompe funzionanti + 1 di riserva, ciascuna con portata nominale di 30 l/s e prevalenza circa 12 m.

Il funzionamento in parallelo delle pompe consente di attivare soltanto la prima pompa nel caso di eventi con portata meteorica bassa, ottimizzando così l'utilizzo delle pompe e contenendo i costi di gestione dell'impianto.

La portata viene sollevata ad un pozzetto di calma da cui è convogliata al recapito finale (fiume Arno) mediante un collettore a gravità in PVC serie pesante DN 400 mm.

### 5.4. COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE DELL'AREA DEPOSITO

L'area destinata a deposito ubicata in prossimità del capolinea Le Piagge, comprende un piazzale pavimentato in bitume su cui sono ubicati edifici prefabbricati destinati alla manutenzione dei mezzi, ad uffici e ad una sottofermata elettrica.

La acque meteoriche scolanti sulle coperture di tali edifici sono raccolte mediante pluviali ubicati in corrispondenza dei pilastri, che convogliano la portata ad una tubazione in PEAD DN 315 mm; tali acque non necessitano di trattamento.

La portata meteorica scolante sulla superficie pavimentata del piazzale deve essere soggetta ad un trattamento di dissabbiatura e disoleatura per la rimozione delle sabbie mediante sedimentazione e delle sostanze oleose.

L'area del piazzale destinata al lavaggio dei tram richiede un impianto per la raccolta e il trattamento delle acque di lavaggio dei mezzi.

Il collettamento delle acque meteoriche scolanti sulla pavimentazione del piazzale avviene mediante una rete di canalette grigliate carrabili (griglia classe D400) con sezione ad U di dimensioni circa 0.30 m x 0.30 m, in calcestruzzo polimerico, che convogliano la portata in un collettore sottostante in PEAD mediante scarichi verticali ogni 20 m circa.

In accordo alla Legge Regionale della Regione Toscana L.R. 20/2006 (e relative modifiche L.R. 28/2010) "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento" e al Regolamento Regionale della Regione Lombardia n. 4/2006 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52 della Legge Regionale n. 26/2003", promulgate in attuazione del D.L. 152/2006 "Norme in materia ambientale", si è assunto un valore di portata limite allo scarico pari a 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Per quanto riguarda i valori finali di concentrazione allo scarico, la normativa fa riferimento alla Tabella 3 dell'Allegato 5 del Decreto legislativo Acque n.152/2006 Parte Terza, che riporta i Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

Sia le acque scolanti sul piazzale (che necessitano di trattamento di dissabbiatura e disoleatura) che le acque scolanti sulle coperture (che non necessitano di trattamento), confluiranno in una vasca di accumulo dalla quale saranno sollevate in fognatura con una portata che rispetti i suddetti limiti allo scarico.

Si è ritenuto opportuno, viste le dimensioni del piazzale, prevedere il trattamento delle acque meteoriche di piazzale in continuo, ossia dell'intera portata scolante e non soltanto del volume di "prima pioggia", definito dalla normativa come il volume costituito dai primi 5 mm di pioggia caduti sulla superficie scolante. Infatti, il trattamento del solo volume di prima pioggia potrebbe comportare, in questo caso, il fatto che le acque scolanti sulle superfici più distanti dal punto di raccolta non subiscano il trattamento, in quanto convogliate al trattamento a vasca già piena. L'impianto di trattamento in continuo delle acque meteoriche di piazzale ha portata nominale di 500 l/s, relativa ad una durata dell'evento di 15 minuti e tempo di ritorno 10 anni.

L'impianto di trattamento delle acque di lavaggio tram è costituito dai comparti di dissabbiatura, disoleatura a monte del comparto di depurazione che comprende le sezioni di ossidazione biologica, di accumulo e rilascio al filtro al quarzo e di accumulo e rilascio al filtro a carbone. La filtrazione è necessaria al fine di prevedere la possibilità di riciclo dell'acqua di lavaggio. La portata in uscita, già trattata, è convogliata alla vasca di accumulo.



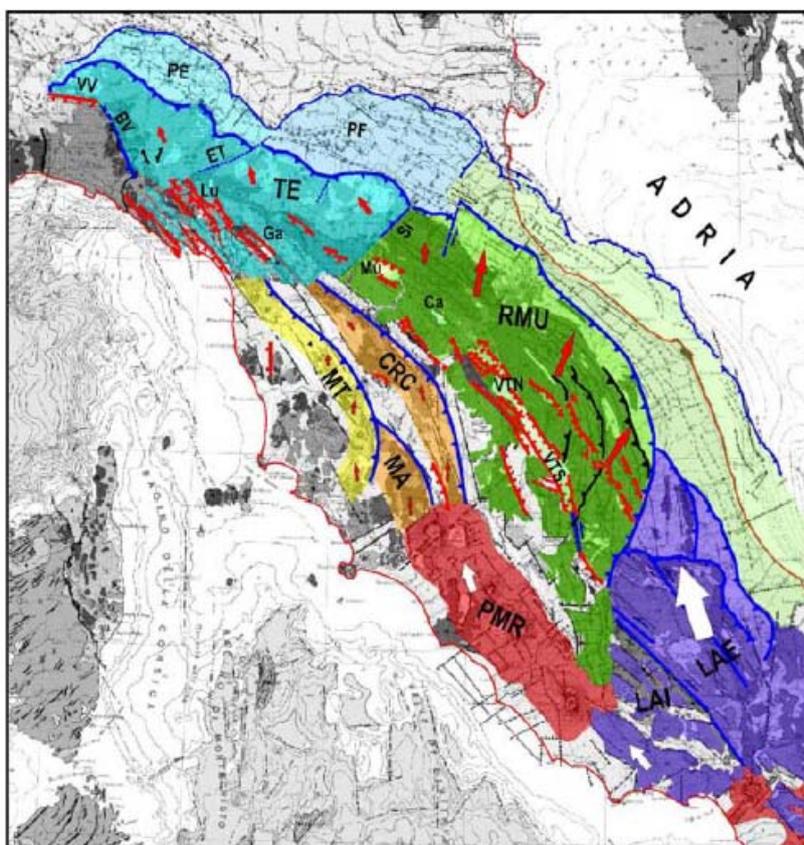
## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 6. SISMICA

#### 6.1. SINTESI DEL QUADRO TETTONICO

La storia sismica conosciuta di una zona permette di identificare solo una piccola parte delle faglie che si sono sviluppate durante la sua storia evolutiva, in tempi geologici: quindi, questa informazione parziale può essere largamente insufficiente per valutare in modo realistico la potenzialità sismogenetica della zona in oggetto.

Per cercare di mitigare gli effetti di questa difficoltà nella stima della pericolosità sismica in Toscana, è necessario sfruttare nel modo più efficace tutte le informazioni attualmente disponibili, al fine di riconoscere la reale potenzialità delle strutture sismogeniche nella regione in oggetto. In particolare, è necessario effettuare un'attenta valutazione del quadro tettonico attuale, che vengono sinteticamente riportate nello schema seguente.





## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Considerando i blocchi crostali attualmente implicati nel quadro tettonico, la loro presunta cinematica e la distribuzione dei terremoti principali, è possibile riconoscere cinque principali zone sismiche della Toscana: (Lunigiana-Garfagnana, Mugello, Appennino Forlivese, Alta Valtiberina e Chianti-Montagnola Senese).

I comuni più sismici sono quelli a NE della Provincia in cui l'accelerazione massima prevista per un tempo di ritorno di 475 anni è di 0,25g mentre per i comuni nella parte sud occidentale l'accelerazione prevista è 0,12g. In termini di Intensità macrosismica **per un periodo di ritorno di 475 anni, si attendono eventi di intensità VIII MCS nella parte nord-orientale e fino a intensità VI MCS nella parte centrale e meridionale della Provincia.**

### 6.2. RISCHIO SISMICO NELL'AREA FIORENTINA

Scendendo nel dettaglio dell'area di Firenze, possiamo affermare che - pur non avendo memoria di forti eventi sismici nella storia - la città non può essere comunque ritenuta un'area a rischio sismico nullo o comunque molto basso, risentendo della relativa vicinanza di importanti sorgenti sismiche, poste a nord ed a sud della città. La prima, capace nel passato di generare terremoti di magnitudo Ms compresa tra 5 e 6, si situa nel bacino del Mugello (come già detto in precedenza) a nord di Firenze (circa 30-40 km dal centro cittadino).

La seconda, con magnitudo storiche stimate più basse, si situa invece a sud della città, relativamente più vicina al nucleo urbano rispetto alla precedente (circa 15 km di distanza dal centro). Proprio questa costituisce l'area sismogenetica responsabile dei maggiori effetti macrosismici risentiti a Firenze e zone limitrofe. In particolare il terremoto del 18 maggio 1895 (e replica del 6 giugno) rappresenta l'evento più importante finora documentato per la città di Firenze, ed ha avuto un'intensità stimata e corretta del VII grado della Scala MERCALLI-CANCANI-SEBEL: per questo motivo tale evento può essere considerato il terremoto di progetto per l'area fiorentina, di riferimento per le valutazioni qualitative e quantitative dell'impatto sismico sul territorio del Comune. Dall'analisi dei terremoti registrati a Firenze e dintorni, a partire da quelli storici fino a quelli attuali in un intorno di 30 Km di raggio (vedi Fig.A), si nota che:

- Il maggiore evento è stato registrato nel 1919, con epicentro a Vicchio e magnitudo  $M = 6,18$
- I terremoti attuali sono stati tutti caratterizzati da magnitudo molto inferiori rispetto a quelle dei terremoti storici, generalmente sempre inferiori a  $M = 4,00$

Il Comune di Firenze ricade tra i 105 Comuni che vengono trasferiti dalla Zona 3S alla **Zona 3**, caratterizzata dai seguenti parametri.



PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

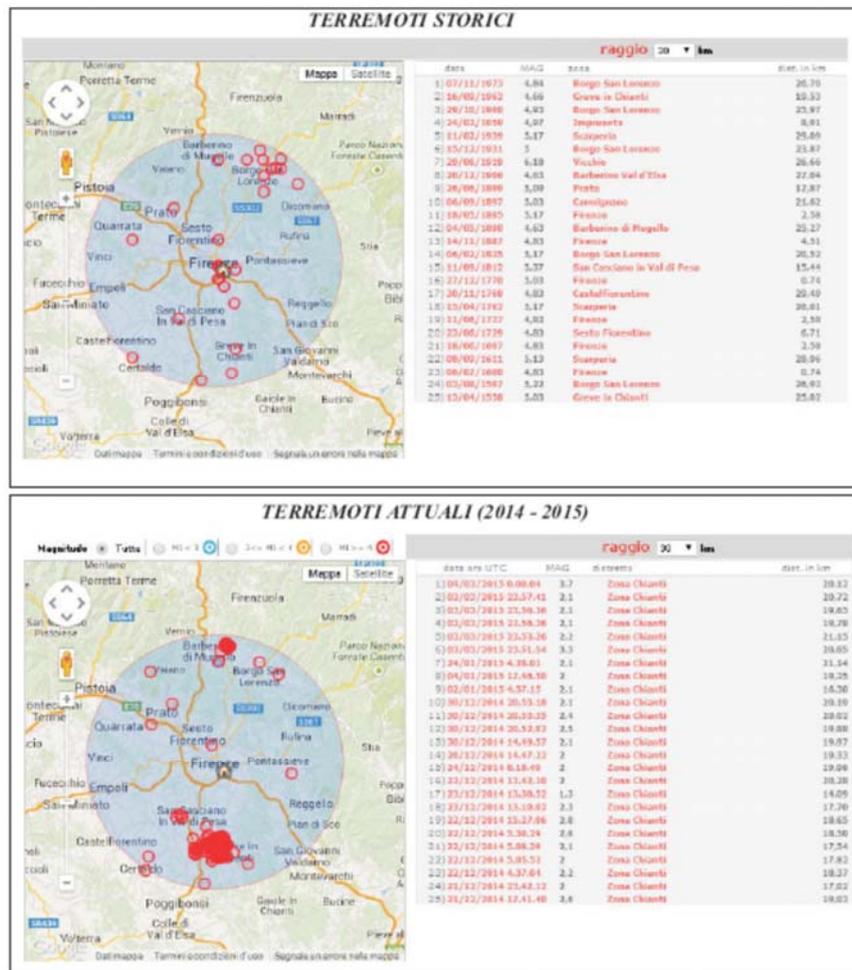


Fig.A - Terremoti storici nei dintorni di Firenze (fonte:portaleabruzzo.com)

Decreti fino al 1984	Grado di sismicità	<b>9</b>
Classificazione 2003	Accelerazione orizz. di ancoraggio spettro di risposta elastico	<b>0.25</b>
Proposta classificazione	Sottozona di riferimento	<b>3.4</b>
Toscana 2012	Accelerazione con prob. superamento del 10% in 50 anni	<b>0.125-0,150</b>



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

**6.3. PERICOLOSITÀ SISMICA**

Studi di pericolosità sismica di base sono stati condotti a livello nazionale dall'INGV, in particolare dal Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa di Pericolosità Sismica in ottemperanza ai disposti dell'O.P.C.M. N°3274 del 2003 (“*zonazione sismica*”): è stata sviluppata una nuova zonazione sismogenetica – denominata **ZS9** – a partire da un ripensamento della precedente zonazione ZS4 alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. Il risultato è stato una *mappa interattiva di pericolosità sismica* che consente di visualizzare mappe del territorio nazionale in cui la pericolosità sismica è espressa su una griglia regolare con passo di 0.05°.

Ogni zona sismogenetica è caratterizzata da una propria **Mw – Magnitudo Momento** – grandezza assoluta che esprime la quantità effettivamente liberata dal terremoto in profondità. Nel nostro caso – in particolare – ci troviamo all'interno della **zona sismogenetica n.916 (Versilia – Chianti)**, caratterizzata dalla seguente Mw:

$$Mw_{\text{zona 916}} = 6,14$$

Tale valore dà la misura della pericolosità sismica di base del sito in oggetto. Scendendo nel dettaglio dell'area in esame, in considerazione della posizione relativa del sito di interesse nella griglia, è possibile risalire alla magnitudo media attesa:

$$M = 4,90$$

**6.3.1. Pericolosità sismica locale**

Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio “**sito-dipendente**” e non più tramite un criterio “**zona-dipendente**”. Ciò comporta non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative. Pertanto la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

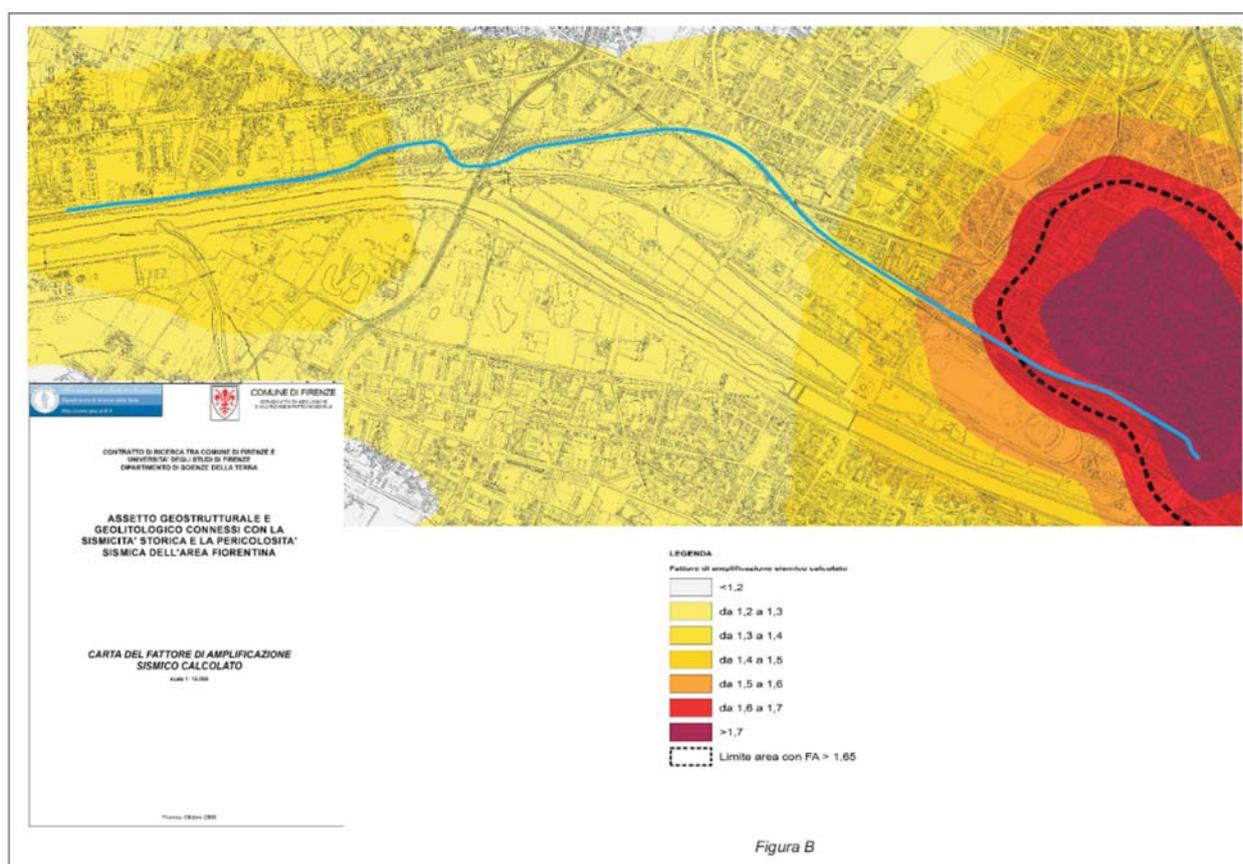
Il passaggio dalla pericolosità sismica di base alla pericolosità sismica locale può essere definito determinando con esattezza gli “**effetti locali di sito**”. Il moto sismico generato da un terremoto alla superficie di un determinato sito dipende da un insieme di fenomeni fisici che schematicamente possono essere raggruppati in tre categorie fondamentali:

- ❖ meccanismo sorgente
- ❖ propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito
- ❖ effetti di sito

## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Nel caso del sottosuolo fiorentino, la valutazione degli effetti di amplificazione è stata eseguita nel corso di uno studio dell'Università di Firenze, dove è stato utilizzato uno specifico programma di calcolo automatico. Tale programma ha fornito elaborazioni in accordo con la recente normativa regionale (D.P.G.R. n°26/R del 27.04.2007). L'elaborazione dei dati geognostici e dei dati sismici ha portato alla redazione - da parte dell'Università di Firenze - delle seguenti cartografie tematiche

1. **“Carta del Fattore di Amplificazione Sismico Calcolato”**, al cui interno la divisione in classi ha tenuto conto dei criteri di analisi ed elaborazione, delle assunzioni fatte e della situazione geologica.



2. **“Carta dei possibili Effetti Sismici Locali”** (vedi Fig.C), ricavata grazie all'elaborazione di tutte le componenti per individuare i possibili effetti sismici locali. Come si nota da tale cartografia, il tracciato in esame attraversa aree dove si possono registrare i seguenti effetti locali:
  - amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura o dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica
  - cedimenti diffusi (zona Piagge)

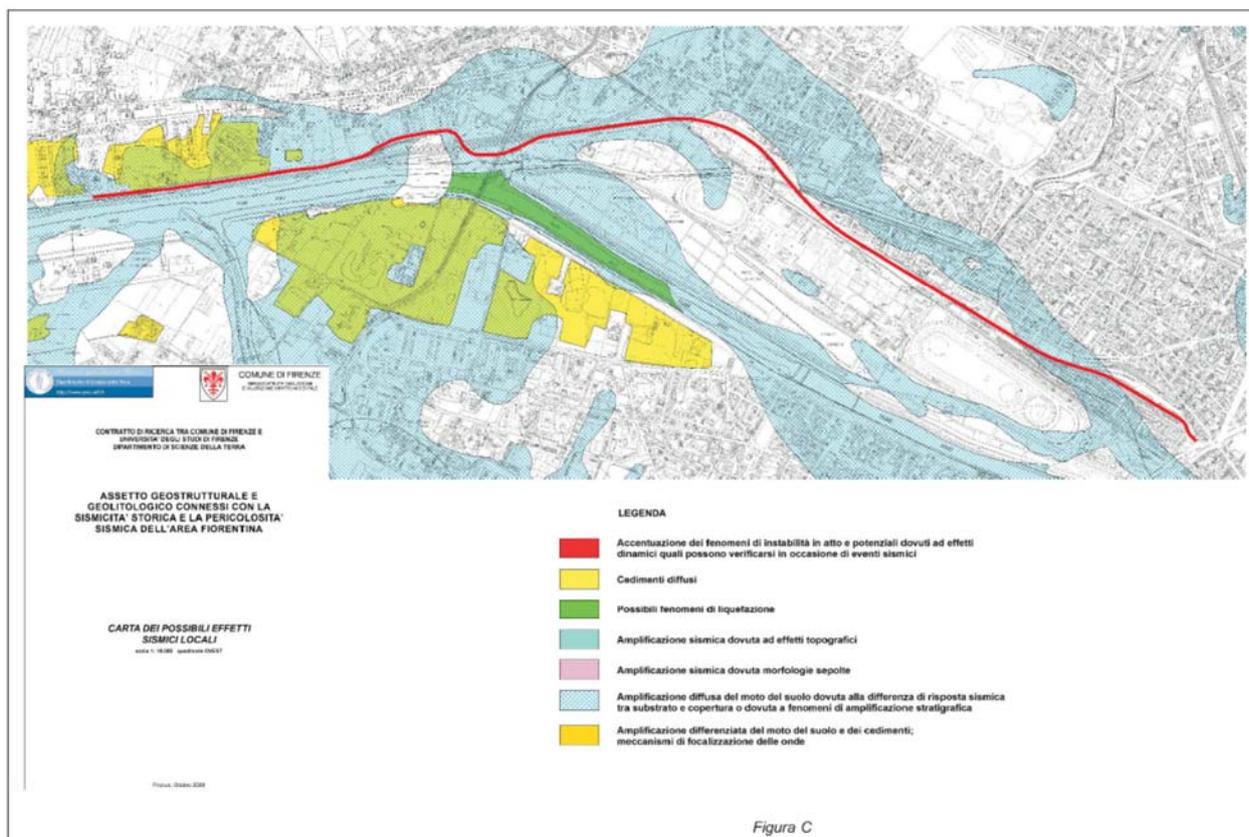
**PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1**


Figura C

per il dettaglio e l'analisi di tali mappe tematiche si rimanda all'elaborato specialistico PP.02.03.RT.01.

**6.3.2. Determinazione dei parametri sismici**

L'azione sismica, secondo l'impostazione delle Norme 2008 è caratterizzata da tre componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra loro indipendenti.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico. Di seguito si forniscono i valori dei vari coefficienti necessari a determinare lo spettro di risposta elastico caratteristico dell'azione sismica del sito.

<b>Categoria</b>	<b>di</b>	<b>AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA</b>
<b>C</b>	Fattore $S_s$	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot (a_g/g) \leq 1,50$
	Fattore $C_c$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

<i>Categoria di sottosuolo</i>	<i>AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA</i>	
<b>C</b>	<i>Fattore <math>S_T</math></i>	1,00

<i>Categoria di sottosuolo</i>			
<b>C</b>	<i>Periodi di vibrazione (s)</i>	<i>Coefficiente TE</i>	6,00
		<i>Coefficiente TF</i>	10,0

<i>Categoria sottosuolo</i>	<i>di</i>	<i>SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE</i>	
		<i>Fattore <math>S_s</math></i>	1,00 s
<b>C</b>		<i>Fattore TB</i>	0,05 s
		<i>Fattore TC</i>	0,15 s
		<i>Fattore TD</i>	1,00 s

#### 6.4. LIQUEFAZIONE

Ai sensi del punto 7.11.3.4 delle “Norme Tecniche per la Costruzioni” per **liquefazione** si intende un processo di accumulazione della pressione del fluido interstiziale che causa in un terreno non coesivo saturo (sabbia, ghiaia, limo non plastico) la diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative.

Ai sensi di tale norma, deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione in presenza di terreni granulari e di falda acquifera in prossimità della superficie topografica. Altresì la verifica può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle circostanze previste.

Nel nostro caso, in considerazione della massima magnitudo attesa al suolo ( $M < 5$ ), **la verifica alla liquefazione viene omessa** in quanto non sussistono le condizioni di sollecitazione dinamica per l'innescio di tale fenomeno.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 7. URBANISTICA E VINCOLI

Il presente capitolo risulta essere un estratto di quanto contenuto ed analizzato nello Studio Preliminare Ambientale, al quale si rimanda per la trattazione completa e per approfondimenti.

Sotto il profilo della ammissibilità pianificatoria e vincolistica, non sussistono divieti prestabiliti che precludano, in via assoluta, la possibilità di realizzazione del progetto della Linea 4.1..

L'analisi dei vincoli è stata svolta tramite riferimento agli strumenti pianificatori in essere.

Da un punto di vista urbanistico Il Regolamento del Comune di Firenze, adottato con deliberazione C.C. 2014.C.00013 del 25/03/2015 (in seguito anche R.U.) ed approvato con emendamenti dal Consiglio comunale del 02/04/2015, quale dispositivo operativo del Piano Strutturale, risulta essere lo strumento tecnico dotato di un linguaggio convenzionale complesso, che attraverso elaborati grafici individua aree ed edifici con proprie regole e con cui i soggetti pubblici e privati devono rapportarsi ogniqualvolta sia necessario intervenire con opere che abbiano rilevanza urbanistico/edilizia.

Risulta essere il più importante atto di governo del territorio della città, che costituisce, insieme al Piano Strutturale, quello che storicamente ha rappresentato il Piano Regolatore Generale.

Nel R.U. è quindi contenuta la previsione di un sistema tramviario costituito da n. 6 linee, in grado di raggiungere tutte le zone a maggiore domanda della città e di garantire non solo i collegamenti di tipo centro-periferia, ma anche le ricuciture trasversali fra i poli attrattori di maggiore rilevanza e le nuove centralità urbane.

In questo scenario si inserisce la realizzazione della Linea 4, lotto 1, che si fonda sull'ipotesi di trasformazione dell'attuale Linea ferroviaria Firenze Porta a Prato-Empoli, nella tratta compresa fra la Stazione Leopolda e l'interconnessione con la Linea Firenze-Pisa all'altezza della Stazione delle Cascine, in prossimità del viadotto del Ponte all'Indiano (tratto A1), per poi proseguire mediante costruzione di un binario dedicato in affiancamento al rilevato ferroviario della Firenze-Pisa fino al quartiere Le Piagge (tratto B2).

Le principali fermate, in corrispondenza dell'Officine Grandi Riparazioni, di piazza Puccini, della "Ex Manifattura Tabacchi", Pergolesi, del Barco e delle Cascine, garantiscono l'accessibilità di aree rilevanti sotto il profilo della domanda di mobilità, o perché densamente popolate, o perché sedi di importanti processi di trasformazione urbana, o perché poli attrattori di livello urbano per le attività ricreative e del tempo libero, mentre il prolungamento verso Le Piagge consente di raggiungere con il trasporto pubblico su ferro aree popolate della città (via Pistoiese e Quaracchi).

Il R.U. contempla anche una possibile estensione della Linea 4.1, da realizzarsi attraverso il lotto 4.2, che potrebbe consentire di raggiungere con il trasporto pubblico su ferro aree popolate verso San Piero a Ponti e Campi Bisenzio, alla ricerca di un asse portante nei collegamenti fra i centri più popolosi della piana ed il capoluogo.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

Dall'analisi di quanto previsto nel Piano risulta pertanto essere prevista la realizzazione della linea 4.1 della Tranvia, peraltro, emendamenti presentati con la recente approvazione del Regolamento Urbanistico in Consiglio Comunale del 2 aprile 2015 hanno perfezionato e localmente affinato le fasce di progetto previste dal R.U. per la linea tranviaria 4.1 al presente progetto preliminare.

Per quanto riguarda gli aspetti vincolistici, innanzitutto si fa riferimento al nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (di seguito P.I.T.) toscano con valenza di Piano paesaggistico. Infatti, la Regione Toscana ha scelto a suo tempo, analogamente ad altre regioni italiane, di sviluppare il proprio piano paesaggistico non come piano separato, bensì come integrazione al già vigente piano di indirizzo territoriale (PIT), avviando nel 2007 un procedimento a ciò dedicato. Come espresso dallo stesso termine "integrazione", si trattava del non facile compito di far convivere norme di indirizzo, ad una scala regionale piuttosto alta, con norme anche prescrittive a scale assai più dettagliate.

La *Carta dei caratteri del paesaggio* individua l'ambito in cui si sviluppa il tracciato in esame come insediamenti civili, mentre lungo alcuni tratti del vicino fiume Arno indica la presenza di vegetazione ripariale.

Il contesto di progetto, infatti, è rappresentato da un ambito completamente antropizzato.

Il tracciato di progetto non interessa aree sottoposte a vincolo paesaggistico (art. 142 del D. Lgs. 42/2004) o beni architettonici vincolati (Parte II del D. Lgs. 42/2004), ma interessa parzialmente beni paesaggistici, definiti come "immobili ed aree di notevole interesse pubblico ai sensi degli artt. 136 e 157 del D. Lgs. 42/2004", come rilevato sia a livello regionale (Piano di Indirizzo territoriale) che a livello locale (Piano Strutturale di Firenze).



PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1



Figura 4- Beni paesaggistici. Aree di notevole interesse pubblico D. Lgs. 42/2004, art. 136. (Fonte: sito web Regione Toscana)

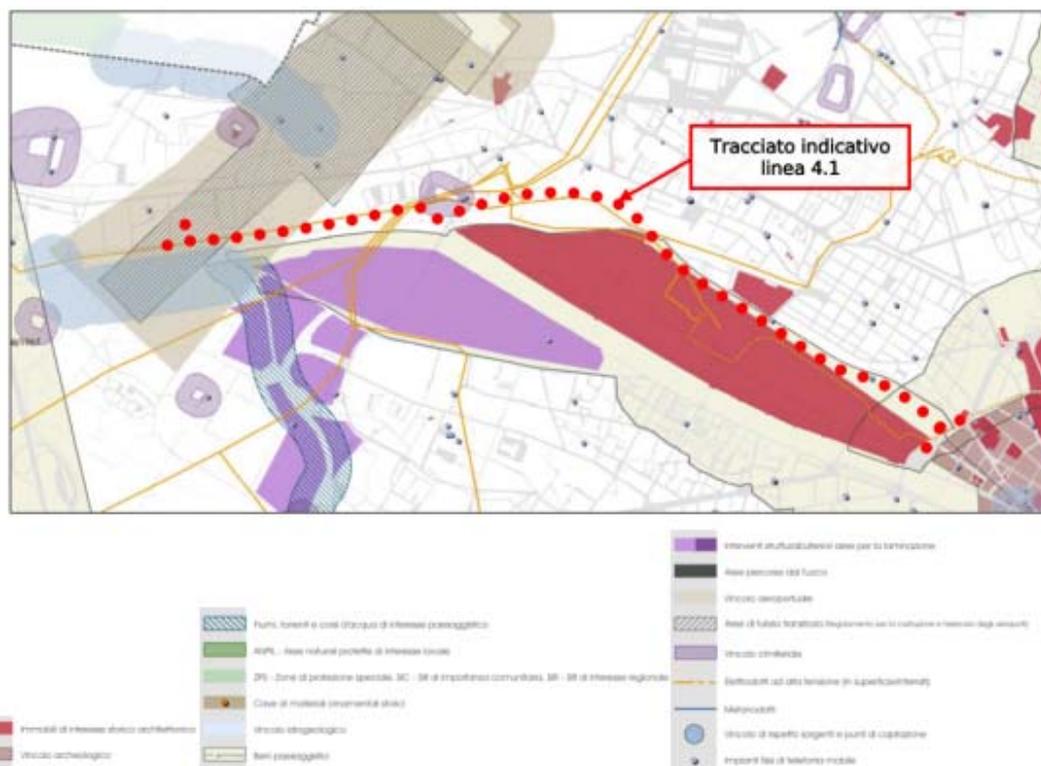


Figura 5- Tav. 1 Vincoli. Piano Strutturale 2010 approvato Firenze

PROGETTO PRELIMINARE



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

Nel dettaglio le aree di notevole interesse pubblico ai sensi degli artt. 136 e 157 del D. Lgs. 42/2004 sono riferite alle seguenti zone:

- sponde nord e sud dell'Arno nell'ambito del Comune di Firenze
  - codice identificativo vincolo: 218-1953
  - codice regionale vincolo: 9048136
  - motivazione: ...le zone predette formano un complesso di cose immobili che compongono un caratteristico ambiente avente valore estetico e tradizionale, costituendo inoltre una successione di quadri naturali e di punti di vista accessibili al pubblico dai quali si gode uno spettacolo di rara bellezza.
  
- Zona dei viali di circonvallazione della città di Firenze
  - codice identificativo vincolo: 132-1955
  - codice regionale vincolo: 9048045
  - motivazione: ...riconosciuto che i viali di circonvallazione predetti, insieme con le costruzioni e i giardini formano, per lo stretto rapporto ivi esistenti fra la vegetazione e gli edifici, un complesso caratteristico e singolare di valore estetico e tradizionale.

Inoltre, è stato preso in considerazione, attraverso il "SITAP" Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico, una banca dati a riferimento geografico su scala nazionale per la tutela dei beni paesaggistici messa a disposizione di Ministero per i Beni e le Attività Culturali, nella quale sono catalogate le aree sottoposte a vincolo paesaggistico dichiarate di notevole interesse pubblico dalla legge n. 1497 del 1939 e dalla legge n. 431 del 1985 (oggi ricomprese nel decreto legislativo numero 42 del 22 gennaio 2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio").

Il sistema costituisce uno strumento di lavoro utile come supporto di base per la conoscenza del territorio, per la gestione di beni paesaggistici e per la pianificazione territoriale.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1



**Figura 6 - Vincoli D. Lgs. 42/2004, artt. 136 e 157**

L'analisi degli elementi del paesaggio porta alla definizione di una struttura formata da un insieme di mosaici ambientali collocati secondo una precisa gerarchia territoriale.

L'insieme degli elementi puntuali, lineari e delle maglie paesistiche alle varie scale, definisce tessuti paesaggistici caratterizzati da una stessa matrice territoriale.

Le tipologie individuate degli elementi del mosaico paesaggistico sono distinguibili in unità paesistiche areali complesse, caratterizzate da una matrice estesa e connessa con i "patches" adiacenti e, in unità paesistiche di corridoio, definite al contorno di un elemento lineare, che svolge la funzione di matrice dello sviluppo paesistico e funzionale e di asse portante dell'espansione antropica.

L'unità di paesaggio della periferia metropolitana, nella quale ricade il progetto in esame, è costituita dal tessuto di espansione della periferia della città di Firenze. Si tratta per lo più di zone insediate con destinazione residenziale in cui il tessuto edilizio è il risultato di una stratificazione dell'abitato lungo la viabilità principale che si collega con il centro urbano.

La continua espansione urbanistica residenziale ha portato ad una saturazione delle porzioni di territorio, poste fra i diversi insediamenti, con un tessuto edilizio continuo di matrice residenziale.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

L'Arno costituisce un asse naturale del sistema policentrico della città, per tutto il sistema di valle, così come risulta per il Parco delle Cascine, in cui la natura antropica del disegno del Parco, delle opere di regimentazione delle acque e di costruzione degli argini connotano profondamente il corridoio ecologico permettendone una fruizione superiore a quella di un'area a carattere naturale con vegetazione spontanea.

La marginalizzazione di parti del tessuto rurale a contatto con le zone a destinazione industriale è un fenomeno di frammentazione paesistica diffuso anche in altre aree della piana, come nella zona pratese, e trova origine in una conflittualità di tipo dimensionale, in quanto nei distretti produttivi sono presenti fabbricati volumetricamente importanti che necessitano di infrastrutture viarie di accesso in contrasto e sovradimensionate rispetto la maglia poderale preesistente.

Questa unità di paesaggio, in cui prevale l'alto peso del fattore insediativo, è caratterizzata da una forte eterogeneità tipologica degli edifici. Il tessuto è contraddistinto da una grande frammentazione paesistica dovuta ai fattori sopradescritti ed alla sovrapposizione tra gli assi infrastrutturali di collegamento a grande scala (autostrada, superstrada e ferrovia) e la rete viaria di matrice storica.

Le principali caratteristiche delle moderne arterie di collegamento sono la connessione veloce dei poli maggiori e, per favorire la velocità, la linearità di tracciato che per lo più è articolato in rilevati e viadotti. Il risultato è la realizzazione di manufatti continui senza alcuna relazione con la trama territoriale e che hanno un effetto diga di separazione cesura in diverse parti dello stesso ambito territoriale.

La problematica degli eventuali impatti generabili dal progetto sul paesaggio urbano si traduce nella capacità di non interferire con opere che possono recare danno visivo e tantomeno strutturale ai complessi monumentali.

Il tracciato in esame non interferisce dunque in maniere significativa con aree soggette a vincoli archeologici o paesaggistici ai sensi dell'art. 142 del D. Lgs. 42/2004. Solamente all'altezza della stazione Leopolda sono presenti aree vincolate quali beni paesaggistici.

Infatti, l'Area ferroviaria Leopolda, dove già ha sede il nuovo teatro del Maggio Musicale, è soggetta ad un procedimento di trasformazione della zona ex-ferroviaria in un quartiere vitale e accessibile, integrando le importanti funzioni culturali già presenti con nuovi servizi e attività complementari, in un contesto ben collegato ed inserito nella città.

L'intervento riguarda in particolare l'area ferroviaria dismessa retrostante l'ex stazione Leopolda, tra la linea ferroviaria per Empoli, il canale Macinante e il nuovo Teatro; il progetto complessivo coinvolge il nuovo adiacente quartiere di piazza Bonsanti, nato dalla riconversione dello Scalo merci; le Grandi Cascine, con l'allontanamento dell'ippodromo e l'ampliamento delle aree fruibili del parco; la Stazione Leopolda, con il potenziamento delle sue funzioni culturali; la mobilità urbana, con il prolungamento di via Michelucci (che diventerà la strada di penetrazione Pistoiese –Rosselli) e la trasformazione della linea ferroviaria per Empoli in linea tranviaria.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

In linea generale le previsioni di impatto risultano essere positive in termini di “paesaggio”, in quanto il progetto ricade nel processo di riqualificazione suddetto.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

## 8. ARCHEOLOGIA

## 8.1. INQUADRAMENTO STORICO DEL TERRITORIO

L'area interessata dall'opera in oggetto attraversa contesti territoriali con caratteristiche storiche alquanto differenti. Si tratta infatti di una stretta e lunga fascia di territorio extraurbano che dai viali di circonvallazione, corrispondenti al tracciato murario medievale, si inoltra in zone che ancora oggi presentano, seppur a tratti, evidenti tracce del paesaggio campestre conservatesi integre almeno fino alla prima metà del XX secolo. Il confronto tra le planimetrie storiche e le tavolette IGM realizzate sulla base dei rilievi effettuati nella prima metà degli anni '50 dello scorso secolo, infatti, non mostrano evidenti segni di discontinuità, mentre altra cosa è il confronto con rilievi topografici e foto aeree dei nostri giorni. Il tessuto urbano infatti è considerevolmente cresciuto, in parte cancellando o rendendo di più difficile lettura i segni dei precedenti due millenni di storia, e in particolare della centuriazione romana. Anche per questo motivo si è scelto di prendere in considerazione una fascia di territorio lunga quanto l'opera da realizzare, seguendone il tracciato, ma sostanzialmente più larga, tenendosi mediamente fino ad un chilometro circa di distanza dalla linea progettata.

## 8.2. SCHEDATURA DELLE EVIDENZE ARCHEOLOGICHE

Per la redazione dell'apparato schedografico del presente lavoro si è cercato di razionalizzare il dato archeologico, codificando l'articolazione del modulo in tre parti ben distinte:

- riferimenti geografici (provincia, comune, località);
- descrizione delle evidenze archeologiche (tipologia, descrizione);
- interpretazione del complesso e dei singoli elementi (interpretazione, cronologia).

Chiudono la scheda i campi "Grado di posizionamento topografico" (v. *infra*) e "Bibliografia".

I primi due punti sono da considerare oggettivi e non modificabili; solo il campo "descrizione" è da considerare aggiornabile sulla base di nuovi dati bibliografici o da ricognizione. Il terzo punto, di natura soggettiva, risulta condizionato dal tipo di dato rilevato, dalle condizioni dell'osservazione sul terreno, nonché dalla specializzazione, dalle capacità e dall'esperienza dello studioso.

Per non incorrere in letture soggettive, alcuni campi sono impostati con vocabolari che uniformano la terminologia: tipologia (area di frammenti, materiale sporadico, abitato, strutture murarie, tomba, necropoli, strada, ecc.); grado di posizionamento topografico (certo, approssimativo, incerto). In particolare, quest'ultimo campo vuole indicare il differente grado di precisione cartografica del sito, posizionamento effettuato solamente sulla base dei dati bibliografici recuperati.

Nella stesura della "Carta delle presenze archeologiche", in scala 1:10.000, è stata utilizzata una simbologia semplificata finalizzata alla sola localizzazione topografica dei siti, senza distinzioni tipologiche o cronologiche,



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

indicazioni che vengono ovviamente fornite nelle schede.

Per l'analisi di dettaglio del "Rischio Archeologico", invece, è stata adottata l'ortofoto di progetto in scala 1:1.000 fornita dalla committenza.

N.	1
Provincia	Firenze
Comune	Firenze
Località/Toponimo	Porta al Prato
Tipologia	Rinvenimento archeologico
Descrizione	Resti delle mura urbane del XIII-XIV secolo. Resti delle murature di un bastione cinquecentesco realizzato a rinforzo dell'angolo SO delle mura urbane medievali. Resti della fondazione del muro di cinta daziaria realizzato nella seconda metà del XIX secolo.
Interpretazione	Mura e strutture difensive
Cronologia	XII-XIV, XVI e XIX secolo
Grado di posizionamento topografico	Alto
Bibliografia	

N.	2
Provincia	Firenze
Comune	Firenze
Località/Toponimo	Peretola
Tipologia	Indicazione bibliografica
Descrizione	Rinvenimento di una stele funeraria etrusca (VI sec. a.C.) in pietra serena con scena funebre reimpiegata come materiale da costruzione nella chiesa di Santa Maria; conservata presso il Museo Archeologico di Firenze (n. inv. 73759). 



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

<b>Interpretazione</b>	Rinvenimento di tombe
<b>Cronologia</b>	VI sec. a.C.
<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Basso
<b>Bibliografia</b>	<i>Atlante</i> 1992, p. 115 ss. 77.1-77.2; CERCHIAI 2008, pp. 91-104; MAGI 1932, pp. 11-85 (p. 95, nota 18)

<b>N.</b>	<b>3</b>
<b>Provincia</b>	Firenze
<b>Comune</b>	Firenze
<b>Località/Toponimo</b>	Brozzi
<b>Tipologia</b>	Indicazione bibliografica
<b>Descrizione</b>	<p>Rinvenimento di una iscrizione latina presso la pieve di San Martino a Brozzi, collocata davanti all'altare maggiore della pieve e successivamente andata dispersa. Si tratta di un decreto del 18 d.C. che stabilisce i festeggiamenti per la nascita di Augusto, Tiberio e Livia Augusta</p> <p>TI.CAESARE.TERT.GERMANICO.CAESARE.ITER.COS.  CN.ACCEIO.CN.F.ARN.RVFO.LVTATIO.T.PETILLIO.P.F.QUI.II.VIR  DECRETA  AEDICULAM.ET.STATVAS.HAS.HOSTIAM.DEDICATIONI.VICTIMAE.NATALI  AVG.VIII.K.OCTOBER.DVAE.QUAE.P.P.  IMMOLARI.ADSVETAE.SVNT.AD.ARAM.QVAE.NVMINI.AVGVSTO.DEDIC.  EST.VIII.ET.VIII.KAL.OCTOBR.IMMOLENTVR.ITEM.NATALI.TI.CAESARIS.PERP  ETVE. ACTVRI.DECVRIONES.  ET POPVLVS.CENARENT.QUAM.IMPENSAM.Q.CASCELLO.LABEONE.  IN.PERPETVO.POLLICENTI.VT.GRATIAE.AGERENTVR. MVNIFICENTIAE.  EIVS.EOQVE.NATALI.VT.QUOT.ANNIS.VITULUS.IMMOLARENTVR.  ET.VT.NATALIBVS.AVGVSTI.ET.TI.CAESARVM.PRIVS.QUAM.AD.VESENDVM.  DECVRIONES.IRENT.THVRE.ET.VINO.GENI.EORVM.AD.EPVLANDVM.  ARA.NVMINI.AVGVSTI.INVITARENTVR.  ARA.NVMINI.AVGVSTO.PECVNIA.NOSTRA.FACIENDAM.CVRVIMVS.  LVDOS.EX.IDIBUS.AUGUSTIS.DIEBUS.SEX.IN.FACIENDOS.UVRVIMVS.  NATALI.AVGVSTAE.MVLSVM.CRTVSTLVM.MVLIERIBVS.VICANIS.AD.  BONAM.DEAM.PECVNIA.NOSTRA.DEDIMVS.  ITEMDEDICATIONE.STATVARVM.CAESARVM.ET.AVGVSTAE.  MVLSVM.ET.CRVSTLA.PECVNIA.NOSTRA.DECVRIONIB.ET.  POPVLO.DEDIMVS.PERPETVOQUE.EIVS.DIE.DEDICATIONIS.DATVRO.  NOS.TESTATI.SVMVS.QVEM.DIEM.QVO.FREQVENTIOR.QVOD.  ANNIS.SIT.SERVAVIMVS.VI.IDVS.MARTIAS.QVA.DIE.  TI.CAESAR.PONTIF.MAXIMVS.FELICISSIME.EST.CREARVS.</p>
<b>Interpretazione</b>	
<b>Cronologia</b>	Epoca romana



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Approssimativo
<b>Bibliografia</b>	LAMI 1766, p. 206; LOPES PEGNA 1974, pp. 375-376; <i>Atlante</i> 1992, p. 115, sch. 76

<b>N.</b>	<b>4</b>
<b>Provincia</b>	Firenze
<b>Comune</b>	Campi Bisenzio
<b>Località/Toponimo</b>	San Donnino
<b>Tipologia</b>	Abitato; Edifici ecclesiastici
<b>Descrizione</b>	L'abitato di San Donnino sorse lungo la viabilità che permetteva il collegamento tra Firenze e Signa, in prossimità della omonima chiesa menzionata nelle fonti a partire dall'852. Nell'XI secolo venne edificata, non lontano, la chiesa di Sant'Andrea che, ristrutturata nel XV secolo, conserva al suo interno alcuni affreschi di Domenico Ghirlandaio.
<b>Interpretazione</b>	Edifici ecclesiastici di pregio storico-artistico
<b>Cronologia</b>	Dal IX secolo
<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Approssimativo
<b>Bibliografia</b>	<i>FRATI</i> 1997

<b>N.</b>	<b>5</b>
<b>Provincia</b>	Firenze
<b>Comune</b>	Scandicci
<b>Località/Toponimo</b>	Pieve a Settimo, San Giuliano
<b>Tipologia</b>	Edificio ecclesiastico a tre navate
<b>Descrizione</b>	La pieve, forse esistente già negli ultimi anni del regno longobardo (774), è documentata solo a partire dall'agosto 866 in merito ad alcuni beni posti nel territorio della plebe <i>Sancti Juliano sito Septimo</i> . Situata lungo la via Pisana, al settimo miglio dell'antica <i>via Quinctia</i> che collegava <i>Florentia</i> con <i>Pisae</i> , faceva parte - con la Torre di Settimo - del sistema di controllo del Valdarno a ovest di Firenze. Nell'XI secolo però, con la fondazione dalla Badia di San Salvatore a Settimo, il controllo del territorio venne assunto dalla badia stessa. A partire dal 1483, sotto il patronato della famiglia Mannelli, vennero iniziati lavori di miglioramento che portarono alla ricostruzione della sacrestia e della casa canonica e successivamente, tra il 1656 e il 1666, la chiesa venne rinnovata in stile barocco per iniziativa del pievano Bartolomeo Baldini: vennero costruiti quattro altari (dedicati a Sant'Antonio, al Santissimo Crocifisso, a Santa Lucia e a San Bartolomeo), venne costruita una cappella dedicata a Santa Maria e in facciata venne realizzato il porticato.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

	<p>La chiesa consiste in una basilica a tre navate, divise da sei campate su pilastri quadrangolari e conclusa con tre absidi. La navata centrale, originariamente a capriate lignee, è oggi a volte. È dotata di un campanile ed in origine probabilmente aveva anche una cripta.</p> 
<b>Interpretazione</b>	Pieve romanica
<b>Cronologia</b>	Dal IX secolo
<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Certo
<b>Bibliografia</b>	FRATI 1997

<b>N.</b>	<b>6</b>
<b>Provincia</b>	Firenze
<b>Comune</b>	Scandicci
<b>Località/Toponimo</b>	Via Pisana
<b>Tipologia</b>	Tracciato viario
<b>Descrizione</b>	<p>L'attuale S.S. 67 "via Pisana", percorso di età medievale che permetteva il collegamento tra Firenze e Pisa, ricalca sostanzialmente un più antico tracciato che, proveniente da Fiesole, venne realizzato da <i>T. Quinctius T. filius Flamininus</i>, come indicato da un miliario rinvenuto tra Empoli e Pontedera. Non è chiaro a quale personaggio possa essere attribuita la costruzione della strada, ovvero se al console del 150 a.C. o, piuttosto, al figlio di questo, console anch'esso nel 123. Certo è che la strada svolse un ruolo importante, sia commerciale che militare, per il collegamento con il porto di Pisa anche in relazione alla guerra contro i liguri. La strada infatti, non essendo ancora fondata <i>Florentia</i>, in questo periodo costituiva la naturale prosecuzione della via Cassia che da Roma giungeva fino a Fiesole. I miliari posti lungo la strada ad indicare la distanza da <i>Florentia</i> sono sopravvissuti nella toponomastica del territorio.</p>



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

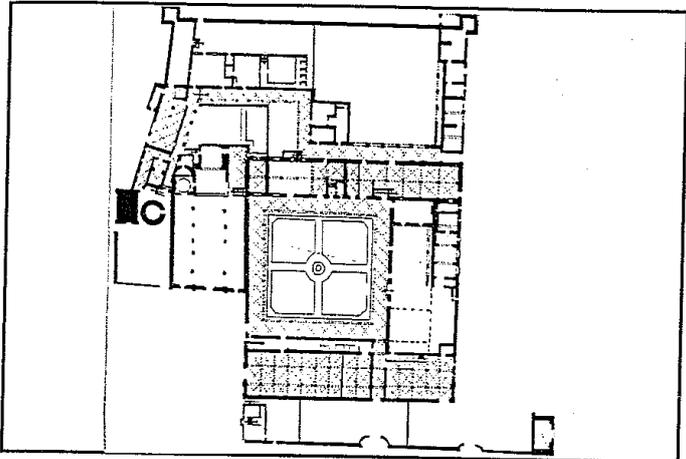
<b>Interpretazione</b>	Strada
<b>Cronologia</b>	Dal II sec. a.C.
<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Certo
<b>Bibliografia</b>	MOSCA 1992; MOSCA 1994;

<b>N.</b>	<b>7</b>
<b>Provincia</b>	Firenze
<b>Comune</b>	Scandicci
<b>Località/Toponimo</b>	Pieve a Settimo
<b>Tipologia</b>	Centuriazione
<b>Descrizione</b>	Nel periodo immediatamente successivo alla fondazione della colonia di <i>Florentia</i> , realizzata dai triumviri Ottaviano, Antonio, Lepido (probabilmente dopo la battaglia di Filippi) in base ad una <i>lex Julia</i> , il territorio fino a Pistoia venne organizzato e suddiviso in centurie, ovvero in quadrati di 20 <i>actus</i> di lato (circa 710 metri). Della centuriazione romana, che presentava un orientamento di circa 30° E per adattarsi alla naturale conformazione morfologica del territorio per il deflusso delle acque, si sono conservati molti dei tracciati stradali antichi - principali e secondari - sia nella viabilità moderna che nella suddivisione delle proprietà terriere.
<b>Interpretazione</b>	
<b>Cronologia</b>	Dall'età imperiale
<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Certo
<b>Bibliografia</b>	CASTAGNOLI 1948; SHEPHERD <i>et al</i> 2006.

<b>N.</b>	<b>8</b>
<b>Provincia</b>	Firenze
<b>Comune</b>	Scandicci
<b>Località/Toponimo</b>	Badia a Settimo
<b>Tipologia</b>	Edificio Ecclesiastico
<b>Descrizione</b>	Il complesso Architettonico di Badia a Settimo si trova a SO di Firenze, nel Comune di Scandicci. L'Abbazia di San Salvatore, viene fondata verso la fine del X sec. da Lotario – figlio di Cadolo della famiglia dei Cadolingi – ' <i>pro remedio animae suae</i> ', come casa benedettina nei pressi di un oratorio dedicato a San Salvatore. L'abbazia di Settimo rispecchia parzialmente lo schema del 'modello ideale' delle abbazia cistercensi; si articola intorno alla chiesa a tre navate e si sviluppa in numerosi Corpi di Fabbrica, due chiostri e alcune strutture produttive. Il 12 luglio 1370 la Repubblica Fiorentina acconsente che il complesso monastico si doti di imponenti mura di fortificazione. L'abbazia subisce alterne vicende nel corso dei secoli successivi, fino al XVIII secolo che segna il suo definitivo declino.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

	
<b>Interpretazione</b>	Abbazia, nota come Castello di Badia a Settimo
<b>Cronologia</b>	Dal X secolo
<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Certo
<b>Bibliografia</b>	CELSO CALZOLAI 1958; ACOMANNI, MATTEI 1988; VITI 1995.

<b>N.</b>	<b>9</b>
<b>Provincia</b>	Firenze
<b>Comune</b>	Scandicci
<b>Località/Toponimo</b>	Grioli
<b>Tipologia</b>	Strutture murarie
<b>Descrizione</b>	<p>Grioli si trova nei pressi di Via Pisana non molto lontano da Badia a Settimo ed è attestato come abitato già dal Mille.</p> <p>Nel 1985, a seguito della demolizione di una casa colonica, furono riportati alla luce i resti di un edificio che si articolava in più unità funzionali. I materiali ceramici, rinvenuti durante lo scavo, permisero di datare il sito tra la fine del XIII sec. ed i primi decenni del XIV sec..</p> <p>La presenza di materiale ceramico con lo stemma di Badia a Settimo e la tipologia di quelli rinvenuti ci fa supporre che l'edificio fosse di uso pubblico, forse un'osteria o uno spaccio legato alle attività produttive del monastero limitrofo; l'edificio risulta alle dipendenze della Badia fino al pieno '500. Successivamente, le fonti iconografiche e scritte settecentesche non fanno più riferimento ad un edificio con l'impianto basso medievale a noi noto.</p>

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1**

<b>Interpretazione</b>	Edificio pubblico
<b>Cronologia</b>	Dal XIII secolo
<b>Grado di posizionamento topografico</b>	Approssimativo
<b>Bibliografia</b>	VITI 1995; BACCI, FIASCHI 2001.

**8.3. CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA**

Ai fini della valutazione del rischio di un determinato territorio è di grande utilità il grado di conoscenza del tessuto insediativo antico, intendendo con questo un complesso ecosistema che si sviluppa nelle varie epoche, composto da reti viarie, relitti centuriali, centri abitati, necropoli, empori commerciali, centri religiosi, impianti produttivi, tutti inseriti in un contesto geomorfologico di riferimento.

I fattori di valutazione per la definizione della potenzialità archeologica si possono riassumere in analisi dei siti noti e della loro distribuzione spazio-temporale, riconoscimento di eventuali persistenze, grado di ricostruzione dei contesti antichi. Questo processo deriva dalle capacità del ricercatore di riunire e valutare le notizie, dal livello di precisione delle informazioni raccolte e dalla quantità delle stesse. Occorre inoltre tenere presente il grado e le modalità degli interventi urbanistici moderni, che possono essere causa del degrado o dell'asportazione dei depositi antichi, sia in termini di livelli di conservazione del giacimento sia in termini di potenzialità distruttiva espressa.

La possibilità di interferire con strutture o depositi archeologici è costituita evidentemente dalla presenza diretta del sito archeologico documentato, dalla distanza fra queste emergenze e le opere in progetto, nonché



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

dal numero e dalla profondità di giacitura di tali presenze in aree limitrofe. Il grado di rischio archeologico può definirsi su tre differenti livelli:

- **BASSO** - aree con scarsa presenza di rinvenimenti archeologici, assenza di toponimi significativi, situazione paleoambientale difficile, aree ad alta densità abitativa moderna.
- **MEDIO** - aree con scarsità di rinvenimenti archeologici, ma che hanno goduto di una condizione paleoambientale e geomorfologica favorevole all'insediamento antico, presenza di toponimi significativi, zone a bassa densità abitativa moderna.
- **ALTO** - aree con numerose presenze attestate di siti archeologici, incluse in un contesto paleoambientale favorevole all'insediamento antico con presenza di toponimi significativi e relitti significativi di persistenze viarie. Aree con numerose presenze archeologiche in ambito urbano, soprattutto laddove il progetto preveda scavi in profondità.

I diversi livelli di impatto archeologico sono determinati anche dalle tipologie di opera in progetto, con l'esame delle eventuali interferenze (dirette ed indirette), dalla distanza, dalla profondità e dalla concentrazione di queste rispetto alle proposte progettuali.

Per la sintesi dei diversi livelli di rischio di ogni intervento, si è tenuto conto di una fascia di rispetto pari a 100 metri per lato.

### 8.4. VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICHE

In base alla documentazione disponibile, la distribuzione dei siti cartografati dimostra chiaramente la scarsa conoscenza del territorio, determinata in gran parte dalle caratteristiche geopedologiche della zona, dalla vicinanza con l'Arno e dal forte incremento edilizio moderno. La carenza di dati, però, non deve essere interpretata come "assenza" di insediamenti archeologici ma solo come "non conoscenza". Si deve infatti tener presente che la sopravvivenza di numerosi assi centuriali, presuppone che il territorio non venne mai completamente spopolato, fattore che porta ad ipotizzare uno sfruttamento continuativo almeno dall'età romana fino al medioevo ed oltre, come dimostrano anche le pur rare testimonianze registrate e gli edifici ecclesiastici sorti lungo la viabilità di età romana in uso anche nelle epoche successive. Tali considerazioni determinano, comunque, un possibile rischio di impatto archeologico dell'opera in progetto.

D'altro canto bisogna tener conto della tipologia dell'opera, di per sé poco estesa ed in gran parte coincidente con il rilevato ferroviario già esistente. In effetti, solo nel segmento iniziale dei viali, prossimo al circuito delle mura difensiva, e nel tratto dal Viadotto all'Indiano fino alle Piagge, la realizzazione della trincea potrebbe interessare i livelli antropici antichi che si rinvergono immediatamente al di sotto dello piano attuale.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

## 9. CENSIMENTO INTERFERENZE

Il presente progetto preliminare della linea 4.1 del sistema tramviario di Firenze si inserisce nell'ambito della più generale progettazione dell'intera rete tranviaria con cui essa stessa si collega; essa si avvantaggia, quindi, di tutta una serie di indagini, rilevamenti ed analisi della rete di sottoservizi esistenti, soprattutto per le zone di viale Fratelli Rosselli.

Dette informazioni sono state poi confermate nel corso della conferenza dei servizi convocata dalla Direzione Nuove infrastrutture e Mobilità servizio Ufficio Tramvia / interventi TAV e Autostrade svoltasi in data 26.03.2015, alla quale hanno partecipato le aziende fornitrici e/o concessionarie dei pubblici servizi: Telecom Italia, Wind, Silfi, Terna, Toscana Energia; si riporta, nel seguito, lo stralcio del relativo verbale.

- *TELECOM: si evidenzia la presenza di camerette e di una importante polifora all'intersezione con viale Rosselli.*
- *WIND: E' presente una polifora con fibra che sfrutta la canalizzazione RFI (servitù) tra via delle Cascine e la stazione Cascine.*
- *SILFI: Evidenzia problematiche di gestione dell'intersezione semaforica su viale Rosselli. Solleva la tematica dell'illuminazione della linea. Segnala la necessità di porre una fibra lungo la sede per chiudere l'anello del Quartiere 5. Occorre valutare le problematiche della manutenzione in linea se non c'è una viabilità laterale.*
- *TERNA: Presenza cavo 132 KV su viale Rosselli. Interferenza con traliccio in tutto il tratto delle Piagge.*
- *TOSCANA ENERGIA: Linea di media pressione su viale Rosselli. Presenza di una cabina in zona capolinea.*

Sono state quindi acquisite le cartografie di competenza dei vari Enti Gestori, come riportate negli as-built dei sottoservizi facente parte del progetto esecutivo della Linea 1, dove possibile, le relative informazioni ed osservazioni anche alla parte di tracciato relativa alla tratta ferroviaria esistente; obiettivo dei paragrafi seguenti è sintetizzare quanto emerso in tale sede. Per uniformità di trattazione verranno trattati prima le interferenze riscontrate nella zona di viale Fratelli Rosselli per poi procedere con il resto del tracciato fino alla zona delle Piagge.

Il progetto definitivo consta di due fasi: mappatura dei sottoservizi, e progettazione esecutiva dello spostamento degli stessi.

Per poter disporre di una carta delle reti impiantistiche affidabile è necessario integrare le informazioni fin qui raccolte predisponendo una campagna di indagini, disciplinata da un progetto esecutivo per la realizzazione delle indagini sui sottoservizi che comprenderà:

- rilievo planoaltimetrico delle aree interessate;
- indagini georadar a maglia fitta (strisciate longitudinali e trasversali);
- tomografia elettrica;



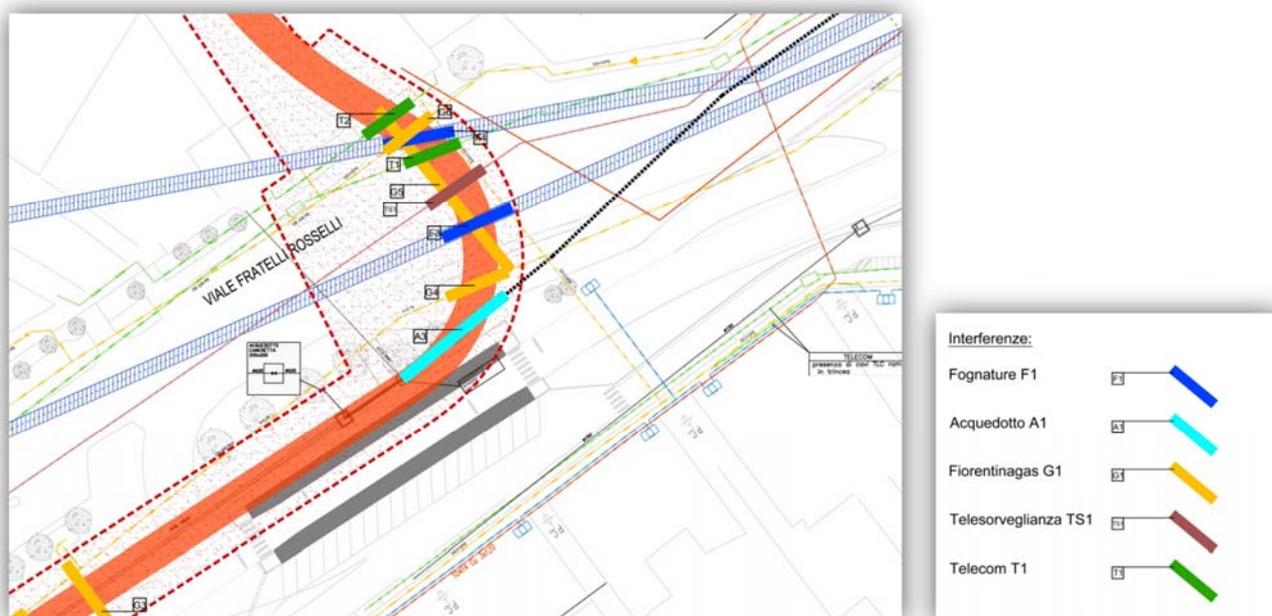
## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

- videoispezione;
- rilievo dei pozzetti;
- saggi e/o sondaggi.

Il progetto delle indagini una volta approvato dal Responsabile del Procedimento dovrà essere appaltato a società specialistiche del settore.

L'attività di indagine presuppone uno scambio continuo di informazioni con gli enti gestori dei sottoservizi i quali hanno già consegnato preliminarmente la mappatura dei sottoservizi di loro competenza e conoscenza.

Il prodotto finale rappresenterà lo stato di fatto del progetto esecutivo di spostamento dei sottoservizi.



PROGETTO PRELIMINARE

**Esempio di planimetrie con interferenze sottoservizi**

Preventivamente alla redazione del progetto esecutivo, verrà costituito un gruppo di lavoro che verrà esplicitato con apposito elaborato in cui verranno riportate oltre ai dati anagrafici e sintetici curricula dei singoli componenti anche le rispettive mansioni e i rapporti gerarchici e relazionali all'interno del gruppo stesso.

La metodologia adottata terrà conto sia delle problematiche legate al coordinamento della progettazione integrata derivante dal gruppo multidisciplinare strutturato così come precedentemente specificato sia delle procedure di controllo del progetto tali da garantire un lavoro in qualità; infine dovrà tenere conto delle



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

modalità di interfaccia con gli enti gestori dei sottoservizi affinché le singole interferenze vengano risolte in un progetto condiviso che sposti sia le necessità derivanti dalla realizzazione della tranvia che le modalità con cui abitualmente gli enti gestori provvedono allo spostamento delle rispettive reti.

Le indagini effettuate per individuare i sottoservizi, saranno del tipo "indirette", ovvero:

- Rilievo georadar per l'individuazione di sottoservizi
- Rilievo geometrico di tombini, pozzetti e caditoie
- Videoispezioni di tratte di condotte comprese tra pozzetti contigui, e videoispezioni in orizzontale.
- Metodologia elettro-tomografica

Data la scarsità delle informazioni disponibili e l'estensione della linea 4.1 in progetto, sulla scorta delle esperienze maturate per le linee 2 e 3.1 e da quanto desunto dal progetto della linea 1 si può stimare un importo adeguato per la risoluzione delle interferenze.

Per le specifiche degli interventi di spostamenti sottoservizi, si rimanda alla relazione specialistica PP 1401 RT01.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 10. PIANO GESTIONE MATERIALI CON IPOTESI DI SOLUZIONE DELLE ESIGENZE DI CAVE E DISCARICHE

Il 6 ottobre 2012 è entrato in vigore il Decreto n°161 “Regolamento recante la disciplina dell’utilizzazione delle terre e rocce da scavo”, che ha di fatto sostituito l’art. 186 del D.Lgs. 152/2006. In conformità alla legge e in seguito alle analisi chimiche effettuate sui campioni, l’Appaltatore gestirà i materiali di risulta dagli scavi secondo diversi scenari:

1. Conferimento presso Centro Autorizzato
2. Recupero Rifiuti (artt. 214 – 216 d.lgs. 152/2006)
3. Reimpiego diretto nel medesimo sito di escavazione ai sensi dell’art. 185 del d.lgs. 152/2006
4. Reimpiego come sottoprodotto (art. 184 bis d.lgs. 152/2006), presentando un “Piano di Utilizzo” (D.M. 10 Agosto 2012 n°161).

I controlli e le caratterizzazioni saranno realizzati da un istituto terzo abilitato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, al fine di garantire la massima trasparenza delle operazioni. Nel caso in cui si preveda il conferimento a un Centro Autorizzato, sarà necessario:

1. Individuare un Centro Autorizzato al recupero o smaltimento terre e rocce da scavo (CER 170504)
2. Individuare l’eventuale deposito temporaneo presso il cantiere di
3. Il trasporto sarà effettuato da ditte iscritte all’Albo Gestori Ambientali
4. Emettere il formulario di identificazione per il trasporto

Gli interventi previsti verranno realizzati utilizzando sia materiale proveniente dagli scavi, sia materiale selezionato proveniente da cave di prestito.

In particolare si prevedono:

- 51.604 mc di terre provenienti dagli scavi (di sbancamento e a sezione obbligata)
- 790,00 mc di demolizioni di pavimentazioni
- 500,00 mc demolizioni di muri esistenti

Di questi:

- 21.924,35 mc (delle terre provenienti da scavi) saranno utilizzati per rinterri
- 28.730,40 mc saranno portati a discarica
- 950,00 mc saranno portati a discarica inquinante

Il materiale proveniente da cava di prestito si prevede essere:

- Rilevato e riempimento scotico: 1.614,32 mc



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 11. QUANTIFICAZIONE PRELIMINARE DEGLI ESPROPRI

La normativa in materia espropriativa cui fare riferimento è il DPR 327/2001 e s.m.i. - Testo Unico delle Espropriazioni.

Il piano particellare di esproprio, sarà costituito da elaborato grafico con mappe catastali su cui saranno inseriti gli ingombri delle opere da realizzare opportunamente campiti con colori differenti in dipendenza delle tipologie delle opere stesse.

Le aree campite determinano le superfici delle zone da occupare con le superfici che saranno riportate in dettaglio sugli elenchi ditte, che rappresentano l'elenco di tutte le particelle interessate dalle opere raggruppate per ditta catastale cui si assegnerà un numero d'ordine identificativo che rimanda alle tavole grafiche di piano particellare. Gli elaborati espropriativi conterranno in un unico documento tutte le aree necessarie ordinatamente suddivise per titoli di occupazione, intendendosi per "titolo" la destinazione finale dei sedimi interessati (sede ferrovia, viabilità, opere a verde, ecc.).

Sia le mappe catastali sia le visure saranno acquisite direttamente dal Catasto per evitare imprecisioni, seguendo la procedura indicata di seguito.

- 1) Acquisite le mappe catastali, le stesse verranno rototraslate sulla cartografia progettuale in modo da ottenere l'indispensabile sovrapposizione tra le due cartografie.
- 2) Nell'ambito di una stessa tavola di piano particellare sarà eseguita una "mosaicatura" dei fogli di mappa cioè saranno corrette le linee di contatto tra un foglio e quelli confinanti.
- 3) La superficie delle particelle misurata sui file rilasciati dall'Agenzie delle Entrate (superficie grafica) potrebbe non coincidere esattamente con la superficie riportata in visura (superficie nominale), l'individuazione delle superfici di occupazione che saranno riportate negli elenchi ditte sarà eseguita con le medesime procedure che si utilizzano per la redazione dei frazionamenti catastali.

Dal momento che l'intervento proposto ricalcherà per buona parte del suo percorso il sedime ferroviario che verrà ceduto per la realizzazione del nuovo tracciato le particelle, sia in termini di terreni che di fabbricati saranno per la maggior parte di pertinenza pubblica.

La rispondenza del lavoro effettuato in questa fase, ovvero la quotazione preliminare degli espropri, verrà presentata negli elaborati relativi (PP1501PPRT01, PP1501PP01\_4).

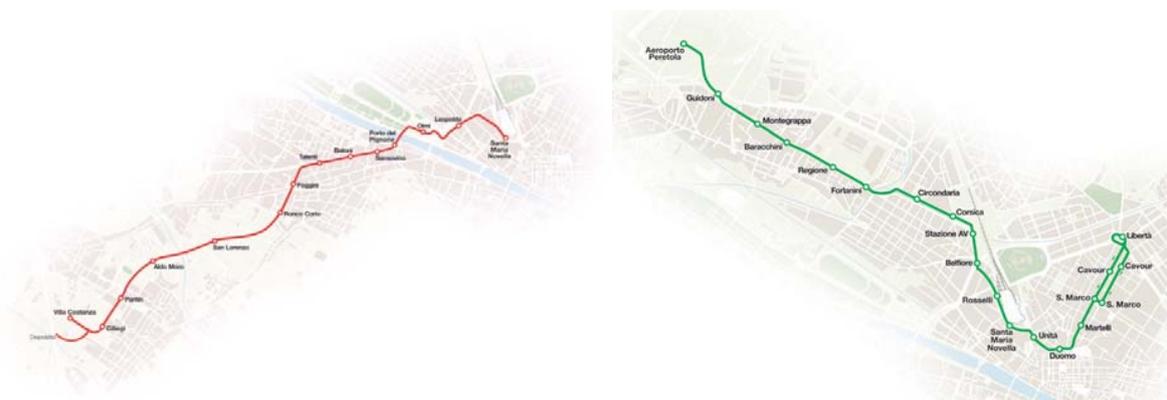


## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 12. ARCHITETTURA E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO

La linea 4.1 appartiene al sistema tranviario fiorentino costituito da 5 linee di cui la 1-2-3 costruite e la 4-5 in fase di progettazione. Il sistema tranviario riattivato nel 2005 si integra con il sistema ferroviario e si dirama in modo radiale sul territorio cittadino mettendo in collegamento il centro storico con la prima periferia.

Le linee 1-2-3 collegano il centro con la prima periferia sviluppandosi in contesto prettamente urbanizzato mentre la line quattro si sviluppa in parte su sede ferroviaria esistente e in parte in un contesto paesaggistico naturale (parco e canale dell'Arno) a delimitazione della periferia e quindi a delimitazione del contesto urbanizzato.



**Figura 7- Linee nel contesto urbano**

Dal punto di vista architettonico e paesaggistico la nuova linea si inserisce nell'alternanza del paesaggio toscano caratterizzato dal centro storico, luogo di cultura ed espressione della vita artistica e letteraria, dalla prima periferia, luogo dell'espansione edilizia anni '70, e dal paesaggio naturale lungo l'Arno, dei suoi affluenti e canali minori.



Centro storico



Espansione edilizia in periferia



Natura

**Figura 8-**



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

Il concept delle fermate è molto semplice in termini di pensilina ed elementi di arredo, proponendo un design formale con elementi orizzontali e verticali, con scelta dei materiali che punta ad una colorazione armonizzante verso il territorio. Per tale ragione è stata scelta l'acciaio corten che grazie al suo colore brunito meglio si inserisce e si mimetizza con gli elementi del territorio e del paesaggio, a differenza invece di una soluzione con elementi cromati che è stata applicata sulle linee urbane.

Il tracciato tranviario percorre l'andamento naturale del terreno caratterizzando le fermate in due tipologie: quella a quota urbana e quella a circa quattro metri sopra il piano campagna, offrendo una lettura del territorio fiorentino secondo due con visuali differenti da valorizza come elementi di attrazione per l'utente.

Il disegno e le finiture delle fermate sono le stesse per una continuità di linguaggio e di identità della linea 4.1 con la variante morfologica e in parte anche funzionale per la tipologia alta, dove per ragioni normative è stato necessario aggiungere un vano scala e un ascensore per superare dislivelli maggiori ai quattro metri e una semplice rampa per superare dislivelli più contenuti.

### Fermate

Il tema delle fermate lungo la linea 4.1. deve svolgere un ruolo di comunicazione e di relazione tra il tessuto urbano e paesaggistico e l'utenza cittadina, per questo si è scelto di differenziare la tipologia architettonica e di design rispetto alle fermate delle linee a carattere prettamente urbano.

Il gioco del contrasto tra "costruito e natura" che caratterizza tutta la linea ha suggerito il tema dell'elemento "cerniera" tra i due contesti, traducendosi in un "oggetto" permeabile alla vista dell'utente dalla città alla periferia e viceversa, facilitando l'orientamento e l'inserimento dell'oggetto stesso all'interno di un contesto così particolare.

La sintesi architettonica assorbe anche la funzione statica in uno schema "primordiale" costituito da elementi verticali con duplice funzione : statica e smaltimento acque meteoriche; e da un elemento orizzontale strutturale, di protezione e allo stesso tempo di coronamento.

Il pieno del costruito si dissolve attraverso gli elementi costruttivi primitivi sintetizzati nella pensilina per scomparire definitivamente nel paesaggio naturale.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

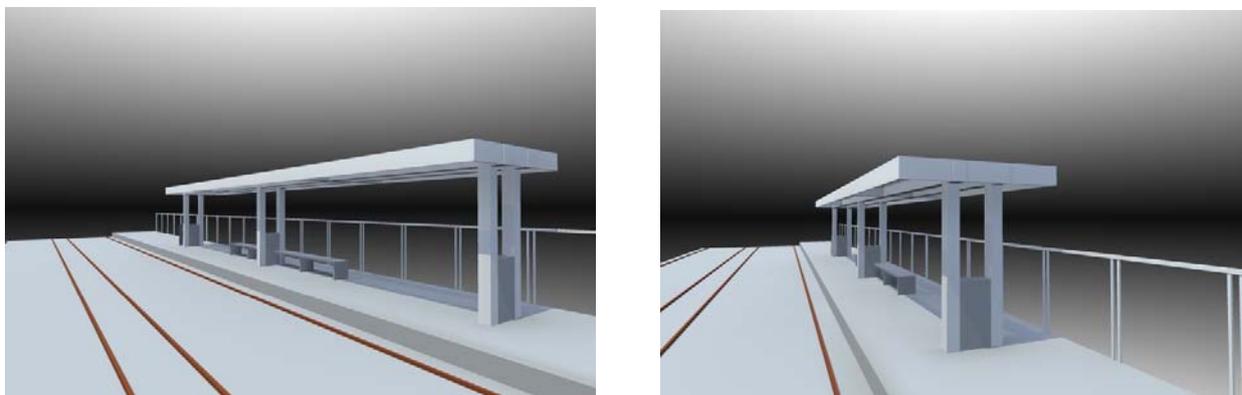


Figura 9-

Il contrasto “volumetrico” tra paesaggio costruito e paesaggio naturale accentua la frattura dei due ambiti territoriali anche dal punto di vista cromatico che si è tentato di smorzare attraverso il colore brunito e sfumato del corten, il cui effetto “ruggine” si avvicina ai colori delle terre toscane e di conseguenza alle tinte presenti sugli intonaci o rivestimenti dei fabbricati urbani e di periferia.

Il gioco cromatico del chiaro scuro si ottiene attraverso il contrasto tra la pavimentazione in pietra serena di colore grigio effetto a spacco (opportunamente trattato per ottenere una superficie antiscivolo visto l’ambiente pubblico) che richiama le pavimentazioni del centro storico fiorentino e l’alzato della pensilina in corten effetto brunito, definendo così in modo inequivocabile il piano orizzontale dall’alzato.

Lo stesso principio cromatico e materico viene ripreso nel design degli accessori della fermata: sedute, pannelli informativi, cestini e parapetti di protezione, corpi illuminanti.



Acciaio Corten

Pietra serena

Figura 10-

Le sedute sono lastre di pietra serena di dimensioni pari a 3,00 m x 0,45 m x 0,08 m, con finitura tipo spazzolata, sostenuta da tre lastre di dimensioni paria a 0,45 m x 0,45 m x 0,08 m, unite tramite piastre in acciaio mascherate nella pietra.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Il cestino è composto da due lastre di pietra serena poste verticalmente di dimensioni pari a 0,80 x 0,90 x 0,08 m incastrate a croce e unite dalla cerchiatura porta rifiuti in acciaio corten.

Il parapetto è composto da montanti doppi in acciaio corten con funzione strutturale e allo stesso tempo decorativa a protezione della banchina, valorizzato dal sistema flessibile di inserimento delle pannellature informative del sistema tranviario. Il pieno del parapetto sarà realizzato in vetro antiscalfatura per consentire il rispetto della normativa di sicurezza e allo stesso tempo i requisiti di trasparenza paesaggistica per un corretto inserimento ambientale ed architettonico.

Il corpo illuminante della banchina è composto da un palo verticale in corten con illuminazione diretta sulla banchina, mentre l'illuminazione della fermata avviene attraverso corpi illuminanti a led mascherati nella struttura di copertura in modo tale da filtrare la luce e renderla indiretta nell'area di attesa.

La pavimentazione delle banchine sarà disposta a correre e integrerà come previsto dalla normativa vigente il sistema loges per non vedenti in ceramica di colore grigio simile alla tonalità della pietra serena.

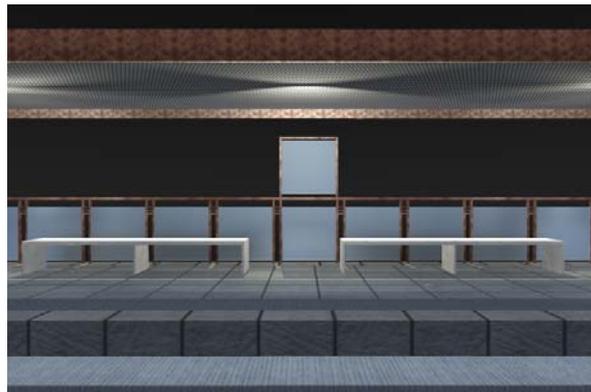


Figura 11-

### Fermata Leopolda e Porta al Prato

La fermata Leopolda pur assumendo un ruolo strategico di interconnessione delle linee tranviarie del sistema trasporti fiorentino è prevista la realizzazione della banchina con gli accessori ma senza struttura di copertura vista la posizione all'interno del centro storico. La banchina sarà pavimentata con pietra serena disposta a correre con cordolo di delimitazione della sede della banchina in pietra, e sistema loges per non vedenti integrato. Gli accessori sono le sedute in pietra serena, i cestini e l'illuminazione della banchina, pannelli informativi sistema tranviario.

Il raccordo tra la quota della banchina e la quota strada sarà realizzato con un rampa con pendenza minore del 5% delimitata da cordolo in pietra e pavimentazione in pietra serena a correre.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

La fermata di Porta al Prato, essendo già presente e non essendo previsto alcun intervento dal punto di vista architettonico rimane inalterata.

### Fermate Visarno – Pesciolino – Via Veneto – Le Piagge – Via Puglia – Ex manifattura Tabacchi - Pergolesi

La fermata ricade in zona urbana a quota strada pertanto tipologicamente ricade in quelle basse costituite da banchine raccordate con rampe con pendenza minore del 5% posizionate agli estremi delle banchine verso il centro storico dove si collegherà con la viabilità urbana, consentendo un naturale deflusso delle persone. La banchina sarà pavimentata con pietra serena disposta a correre con cordolo di delimitazione e alla sede della banchina in pietra, e sistema loges per non vedenti integrato. Gli accessori sono le sedute in pietra serena, i cestini e l'illuminazione della banchina, pannelli informativi sistema tranviario. La banchina sarà dotata di pensilina di protezione dagli agenti meteorologici in corten.



Figura 12-

### Fermata Cascine – Indiano – Il Barco - Vespucci

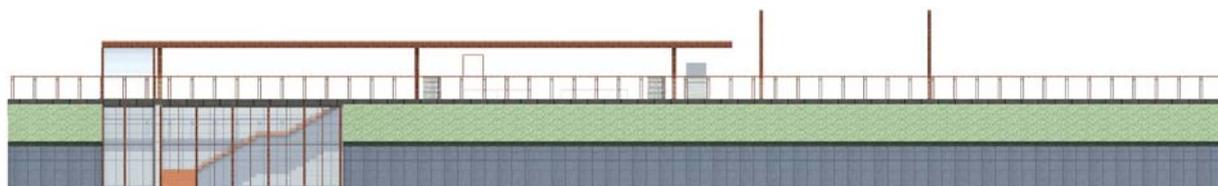
La fermata Cascine risulta quella più significativa del tracciato per la peculiarità della doppia connessione tra ambito urbano/artigiane e ambito naturale a parco oltre ad essere collocata a circa quattro metri di altezza rispetto al piano campagna. Il problema del superamento del dislivello è stato risolto per entrambi gli ambiti territoriali mediante un ascensore e un vano scala che mette in collegamento il piano campagna con il piano binari. Da punto di vista architettonico e di mitigazione ambientale dell'intervento si è cercato di rendere attraente il punto di connessione e allo stesso tempo sicuro per incentivare le persone ad utilizzare il mezzo pubblico, attraverso un vano scale completamente trasparente che diventi un punto di luce durante le ore notturne e un luogo piacevole per lasciare le biciclette durante le ore diurne. Inoltre la trasparenza del vetro oltre ad essere coerente con il contesto paesaggistico naturale risulta un elemento di qualità per il paesaggio urbano catturando l'attenzione del passante. La scala sarà in calcestruzzo colorato in modo tale da diventare un segno leggibile, di comunicazione e di collegamento attraverso la trasparenza del vetro di chiusura del vano scale.

La banchina sarà pavimentata con pietra serena disposta a correre con cordolo di delimitazione e alla sede della banchina in pietra, e sistema loges per non vedenti integrato. Gli accessori sono le sedute in pietra serena, i



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

cestini e l'illuminazione della banchina, pannelli informativi sistema tranviario. La banchina sarà dotata di pensilina di protezione dagli agenti meteorologici in corten.



**Figura 13-**

Le altre fermate Indiano, Il Barco e Vespucci, rientrano nella tipologia in quota ma con la possibilità di un solo accesso/uscita verso il centro urbano. La scelta di convogliare i flussi solo da un lato è determinata dal contesto in cui si colloca la fermate e di conseguenza dalla possibilità di utenza proveniente dal centro periferico. In questi contesti il lato verso il paesaggio naturale è privo di collegamenti viabilistici pertanto non risulta necessario il doppio accesso/uscita della linea tranviaria.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

## 13. LINEA TRAMVIARIA ED INFRASTRUTTURE CIVILI

## 13.1. PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La geometria del tracciato della linea tranviaria 4 di Firenze è descritta nei suoi elementi standard e prestazionali da parametri che rientrano entro i valori previsti dalle norme UNI-Unifer per tranvie e metropolitane leggere. In particolare si sono considerate e rispettate le indicazioni della norma UNI 7156 *“Tramvie urbane ed extraurbane. Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile ed interbinario”* e della norma UNI 8379 *“Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera e tramvia). Termini e definizioni”*.

Inoltre gli elementi del tracciato sono condizionati dai dati tecnici e prestazionali del materiale rotabile (accelerazione, potenza, sagoma, ecc.); in analogia alle altre linee tranviarie cittadine, per uniformità di criteri progettuali e per le caratteristiche di interconnessione tra le linee, sono stati considerati in particolare i limiti della larghezza della vettura (di larghezza pari a 2400 mm) ed dall'altezza del piano del pavimento delle vetture dal piano ferro (stabilito in 300 mm, poiché si prevedono convogli del tipo a piano ribassato).

Nella definizione della velocità massima si è fatto riferimento alla norma UNI 8944 *“Materiale rotabile per sistemi di trasporto leggeri su rotaia in aree urbane. Dimensioni, caratteristiche, prestazioni”* che prevede una velocità massima consigliata di 70 km/h.

Nelle curve non si è inserita la sopraelevazione in analogia alle altre linee tranviarie di Firenze.

Nel progetto della linea 4 si è adottata per le curve di transizione la clotoide, preferendola alla parabola cubica che non si presta favorevolmente ad essere utilizzata in presenza di raggi ridotti come quelli tranviari, che si possono riscontrare lungo il tracciato in corrispondenza dell'interconnessione con la linea 1 e dell'opera di sottopasso delle linee ferroviarie in prossimità del ponte dell'Indiano. In analogia alle altre linee progettate per Firenze, la linea 4 ha utilizzato come parametri dimensionanti delle curve i seguenti dati caratteristici:

- valore massimo di accelerazione trasversale di 1,00 m/sec<sup>2</sup>
- valore massimo di contraccolpo, variazione dell'accelerazione nell'unità di tempo, a 0,40 m/sec<sup>3</sup>.

La velocità massima di ogni singola curva è in funzione del suo raggio secondo la formula utilizzata in ambito ferroviario che lega i parametri Velocità, raggio di curvatura, accelerazione trasversale e sopraelevazione in curva. Definita la velocità della curva attraverso il legame matematico prima ricordato, si è definita la lunghezza minima delle clotoidi in rapporto del tempo di percorrenza della curva stessa, fissato in 2,5 secondi, che corrisponde infatti al valore di contraccolpo 0,40 m/sec<sup>3</sup> (si omette la dimostrazione matematica).

La lunghezza minima delle curve circolari è stata fissata in 12 m per evitare che le turbative dinamiche prodotte al transito del raccordo d'ingresso alla curva non si assommino a quelle indotte dalla curva di transizione d'uscita.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

Lo scartamento linea tranviaria è quello classico in ambito ferroviario di 1435 mm e non sono state previste variazioni di scartamento nelle curve che presentano raggi ridotti.

Si procede con una sintesi dei dati planoaltimetrici della linea 4, la descrizione del tracciato in termini di geometria e relazione con il territorio, sezioni ed armamento.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

## 13.2. SINTESI DATI PRINCIPALI

Le principali caratteristiche tecniche del tracciato tranviario della linea 4 sono riepilogate nella seguente tabella:

LINEA 4 - DATI DI BASE	
Lunghezza linea	km 6+159 m
Scartamento	1435 mm
Larghezza sede in rettilineo a doppio binario con palificata centrale	Min. 7,50 m
Larghezza sede in rettilineo a doppio binario con palificata laterale o sospesa	6,80 m
Larghezza sagoma tranviaria	2400 mm
Interasse minimo intervia con palificata centrale	3,50 m
Interasse minimo intervia con palificata laterale o sospesa	3,10 m
Velocità massima	70 km/h
Velocità minima	15 km/h
Massimo valore di accelerazione non compensata	1,00 m/s <sup>2</sup>
Massimo valore di contraccolpo	0,40 m/s <sup>3</sup>
Minimo raggio di curvatura planimetrico ammissibile da normativa	18 m
Minimo raggio planimetrico adottato (in corrispondenza interconnessione linea 1)	24 m
Lunghezza minima curve circolari	12 m
Raccordi planimetrici a curvatura variabili	clotoide
Sopraelevazione in curva	NON PREVISTA
Pendenza massima ammissibile longitudinale in linea	7,00%
Pendenza massima longitudinale in linea di progetto	6,80%
Pendenza massima ammissibile longitudinale in fermata	3,50%
Pendenza massima longitudinale in fermata di progetto	0,053%
Raccordi altimetrici convessi minimi	500 m
Raccordi altimetrici concavi minimi	400 m
n. fermate	13 (di cui 1 capolinea e 1 di interconnessione con la linea 1)
n. attraversamenti stradali	4
n. attraversamenti ciclopedonali o pedonali (escluse fermate)	5



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 13.3. GEOMETRIA DEL TRACCIATO

La descrizione del tracciato convenzionalmente inizia dalla zona della “Leopolda/Porta al Prato” e si sviluppa fino alla località Le Piagge, nel senso delle progressive crescenti dell’infrastruttura.

Il tracciato della linea 4 inizia in corrispondenza della fermata attuale “Leopolda” sulla linea 1, attestandosi in affiancamento alla stessa e prevedendo comunque marciapiedi propri. I percorsi pedonali attuali vengono riadattati alla nuova configurazione di progetto raccordandosi in modo da conservare l’attuale attraversamento pedonale su via Rosselli. In corrispondenza della fermata è stato inserito anche un tronchino di manovra della lunghezza di circa 70 m, per esigenze di esercizio, che si sviluppa in parallelo alla linea 1 verso l’Arno.

In corrispondenza dell’asse geometrico della fermata è stata indicata la progressiva di riferimento km 0+000.

Il tracciato attraversa via Rosselli con una curva di raggio minimo 25,5 m (in asse tracciato), equivalente a 24 m sull’asse binario interno. Superato l’attraversamento stradale il tracciato si ubica sull’attuale marciapiede tra il fabbricato della vecchia stazione ferroviaria “Leopolda” e la via Michelucci, evitando l’interferenza con il parcheggio interrato “Porta al Prato”, ma richiedendo la ricollocazione del punto informazioni turistiche. Gli attuali cordoli dell’intersezione vanno in parte riposizionati per liberare gli spazi necessari alla tranvia, ovviamente viene rifatta la pavimentazione in corrispondenza dell’attraversamento e la segnaletica orizzontale.

La linea prosegue verso l’attuale stazione ferroviaria di Porta al Prato che viene riconvertita in fermata tranviaria recuperando il sedime dei binari attuali ed il marciapiede centrale tra le due linee di corsa. Per garantire gli standard ferrotranviari l’attuale quota del piano del ferro viene sopraelevata in modo da avere un delta verticale tra la nuova quota del ferro e la quota del marciapiede pari a 300 mm. La fermata di Porta al Prato si trova alla progressiva di riferimento km 0+243.

Particolarità del tracciato della linea 4 è dalla fermata Porta al Prato verso nord la sovrapposizione alla linea ferroviaria Firenze – Empoli, elemento condizionante in termini planoaltimetrici di tracciato, in quanto le curvature della linea tranviaria si sono adagate sul sedime ferroviario, fornendo in questo senso raggi di curvatura piuttosto ampi rispetto alle altre linee tranviari del Comune di Firenze.

Superato l’ambito della stazione ferroviaria si arriva alla successiva fermata “Visarno”, del tipo a banchine laterali: i marciapiedi sono raccordati al piano del ferro da opportune rampe inclinate sul lato verso il capolinea “Leopolda”, mentre su lato verso il capolinea “Le Piagge” la banchina è delimitata da parapetto.

Attraverso un percorso pedonale la fermata è collegata al marciapiede di via Michelucci. La fermata di “Visarno” si trova alla progressiva di riferimento km 0+832.

Il tracciato tranviario prosegue sul sedime ferroviario caratterizzato dalla presenza a sud ovest dell’ambito del Parco delle Cascine e del canale Macinante ed a nord est dalla zona residenziale e dalle attrezzature sportive del circolo del dopolavoro ferroviario. La quota ferrotranviaria si adagia su quella esistente risultando sopraelevata rispetto all’ambito circostante di qualche metro: questa caratteristica si protrae fino alla zona



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Indiano dove si trova la fermata omonima in prossimità della stazione ferroviaria “Cascine”.

La fermata successiva si trova in prossimità della via Cascine ed ha richiesto una particolare attenzione in termini di posizionamento e modalità di collegamento con il contesto urbano. Infatti in questo ambito la linea si trova a circa 3,5 m sopraelevata dal sedime stradale di via Cascine ed ha richiesto per il collegamento della fermata l'introduzione di scale e di ascensori su entrambi i marciapiedi, vista l'importanza della fermata in relazione all'ambito e le programmate trasformazioni urbanistiche. Come per la fermata “Visarno” lo schema della fermata prevede i marciapiedi laterali raccordati al piano del ferro da opportune rampe inclinate sul lato verso il capolinea “Leopolda”, mentre su lato verso il capolinea “Le Piagge” la banchina è delimitata da parapetto.

Il manufatto ferroviario attuale che sovrappassa via Cascine viene mantenuto e pertanto non si ha un attraversamento stradale essendo le due infrastrutture delivellate.

La fermata di “Cascine” si trova alla progressiva di riferimento km 1+516.

Superata via Cascine sulla destra si trova l'attuale Manifattura Tabacchi, oggetto di un'importante trasformazione urbanistica tesa al recupero dell'area con previsione di un'importante edificazione. A differenza dello studio di fattibilità, nel progetto preliminare si è tenuto conto di questa evenienza predisponendo un'apposita fermata intermedia tra le posizioni di Cascine e Pergolesi dello studio di fattibilità. La nuova fermata è denominata “Manifattura Tabacchi” e si trova alla progressiva km 1+763. Come le precedenti (ad eccezione di Porta al Prato) è del tipo a marciapiedi laterali, vista la sua modesta altezza rispetto al piano campagna (poco meno di 2 m) è stata raccordata attraverso una scala ed una rampa inclinata sul lato nord al vicino ex complesso manifatturiero. Nel momento che l'intervento di riqualificazione verrà realizzato si lascia a carico del progettista/costruttore il raccordo con un percorso ciclopedonale all'accesso della fermata.

Considerazioni analoghe in termini di tipologia e caratteristiche altimetriche valgono per la successiva fermata “Pergolesi”: anche in questo caso una scala ed una rampa inclinata poste sul lato nord garantiscono il collegamento pedonale alla vicina via Boito. La fermata di “Pergolesi” si trova alla progressiva di riferimento km 2+084.

Il tracciato tranviario continua ad essere adagiato sulla sede ferroviaria e supera attraverso il manufatto esistente il torrente Mugnone sul ponte del Barco, di recente fattura ed adatto ad ospitare la linea tranviaria. Questa evenienza ha vincolato la livelletta, in analogia al precedente superamento di via Cascine ed al successivo superamento del canale Macinante: questa impostazione (dettata anche da altre considerazioni di tipo idraulico relative alle quote di massima piena del fiume Arno come indicato nel P.A.I.) seppur estremamente vincolante in termini urbanistici in quanto il tracciato risulta in elevazione rispetto al tessuto circostante, ha cercato di superare gli aspetti negativi insiti nella stessa soluzione con un dettagliato studio architettonico delle fermate, come verrà esplicitamente descritto nel capitolo relativo e del quale nella descrizione della linea vengono dati gli elementi principali (posizione, altimetria e modalità di collegamento a terra).



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Superato il ponte sul Mugnone si trova la fermata “del Barco” appena dopo il manufatto di scavalco della via omonima. Anche in questo caso la fermata si trova in quota rispetto al tessuto urbano posto prevalentemente sul lato nord, con un dislivello di poco superiore a 4 m. Il dislivello viene risolto con il posizionamento sul marciapiedi nord di una scala e di un ascensore, con attraversamento pedonale sulla linea sul lato verso il Capolinea “Le Piagge”.

La fermata “il Barco” si trova alla progressiva di riferimento km 2+720.

L’ultima parte del tratto in sovrapposizione alla linea ferroviaria prevede due fermate, “Vespucci” alla progressiva di riferimento km 3+275 e “Indiano” alla progressiva di riferimento km 3+715.

La fermata Vespucci è stata posizionata come da Studio di Fattibilità in corrispondenza del previsto parcheggio scambiatore (non oggetto del presente intervento) che verrà realizzato nell’area compresa tra le linee ferroviarie Firenze Porta al Prato – Empoli e Firenze S. Maria Novella – Pisa.

La fermata Indiano invece rappresenta l’elemento di congiunzione con la linea ferroviaria Firenze Porta al Prato – Empoli che verrà dismessa nel tratto fin qui descritto ma resterà attiva nel successivo tratto dalla stazione di Cascine verso ovest. Sul lato nord la fermata sarà raccordata con un percorso pedonale al marciapiede ferroviario, mentre sul lato sud si prevede una scala ed un ascensore per il collegamento alla sottostante viabilità.

Il tratto dalla fermata Leopolda alla fermata Indiano come detto è in sovrapposizione planoaltimetrica alla linea ferroviaria e pertanto ne conserva i parametri geometrici che risultano così maggiormente performanti rispetto ai parametri geometrici minimi di una linea tranviaria veloce. L’elemento geometrico più vincolante è quello in corrispondenza dell’interconnessione con la linea 1 che prevede una curva circolare di 25,5 m da cui una velocità teorica di percorrenza di 15 km/h, come descritto in precedenza.

Dalla fermata dell’Indiano verso il capolinea ad ovest, la linea 4 si sviluppa in sede propria abbandonando il sedime ferroviario: superata la fermata Indiano, infatti, il tracciato con un flesso planimetrico si sposta “dietro” la stazione ferroviaria Cascine necessitando di un’opera di sostegno sul lato sud per contenere gli espropri verso le proprietà private. Tale necessità di spostamento sul versante dietro la stazione Cascine ha determinato però l’occupazione della strada che collega via S. Biagio Petronio e via Vespucci: la risoluzione dell’interferenza stradale ha necessitato la realizzazione di un tratto di viabilità di circa 270 m.

L’accesso carrabile per la stazione di Cascine viene mantenuto con al realizzazione della rampa di salita riposizionata anticipando la salita rispetto al punto iniziale verso sud.

La linea tranviaria sottopassa il ponte dell’Indiano nella campata più a sud del confine ferroviario, evitando l’interferenza con le pile del ponte, e guadagnando la corretta inclinazione per andare a sottopassare la linea ferroviaria. Infatti appena dopo il ponte dell’Indiano il tracciato piega verso sud ed inizia ad abbassarsi per recuperare il franco verticale necessario a sottopassare il fascio binari. Come sarà evidenziato nel successivo capitolo “Strutture ed opere d’arte”, il manufatto che consente di portare il tracciato tranviario a nord del sedime ferroviario è costituito da diverse parti con caratteristiche dipendenti dalla profondità rispetto al



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

piano del terreno, tenendo conto di necessità e tecnologie costruttive tipiche di queste situazioni.

Va considerata anche come elemento dimensionante la piena potenziale del fiume Arno che determina un sopralzo idraulico rispetto al p.c. che richiede opere massive e a garanzia di tenuta idraulica. Infatti tutto il tratto in trincea viene protetto rispetto alla quota di massima piena dell'Arno (pari al livello di 42 m s.l.m. con un tempo di ritorno di 100 anni) attraverso un manufatto in c.a., come sarà indicato al successivo capitolo *"14. Strutture ed opere d'arte"*.

Schematicamente l'intera opera può suddividersi in tratti all'aperto e un tratto intermedio a sezione scatolare necessario a sottopassare i binari: tale elemento a sezione chiusa sarà realizzato in opera e per una parte con la tecnica a spinta posizionato al di sotto dei binari di corsa senza interrompere l'esercizio ferroviario. I tratti all'aperto, invece, saranno dei manufatti con sezione ad U, con o senza opere profonde a seconda del dislivello rispetto al terreno. In questo tratto le necessità legate al sottopasso della linea ferroviaria governano i parametri geometrici, sia planimetrici che altimetrici, con valori minimi delle curvature orizzontali pari a 55 m e raccordi altimetrici di 450 m per i raccordi concavi e 550 m per i raccordi convessi, e pendenze longitudinali massime pari a 68‰ (massime lungo tutto lo sviluppo del tracciato). Il tracciato tranviario presenta un attraversamento stradale governato da impianto semaforico in prossimità dell'intersezione via Piemonte - via S. Biagio Petriolo.

Il tracciato riemerge a nord del sedime ferroviario per posizionarsi parallelamente alla via Piemonte dove alla progressiva km 4+469 si trova la fermata "Via Puglia", posizionata e denominata come nello Studio di Fattibilità. La fermata mantiene le caratteristiche delle fermate precedenti, cioè con marciapiedi laterali e scivoli di raccordo dalla banchina al piano del ferro ed al marciapiede stradale.

Planimetricamente la linea si sviluppa secondo il corridoio individuato dalla via Piemonte e dal successivo percorso ciclopedonale che si attesta in sommità del fosso della Goricina, dovendo però il tracciato risolvere alcune criticità legate alla presenza di tralicci dell'A.T. e della piscina comunale.

Infatti al termine di via Piemonte la contemporanea presenza della piscina, di un traliccio e del fosso della Goricina a cielo aperto (il tratto precedente del fosso è invece tombato), necessità del tombamento per un tratto di circa 166 m del fosso medesimo per ricollocare il percorso ciclopedonale liberando il sedime necessario alla sezione di progetto tranviaria, senza interferire con le strutture ed il parcheggio della adiacente piscina. Superata questa interferenza il tracciato si allinea in parallelo al percorso ciclopedonale ed al km 5+008 si trova la fermata "Pesciolino", del tutto simile alla precedente fermata di via Piemonte e collegata a sud al percorso ciclopedonale e a nord alla vicina via del Pesciolino.

Se non fosse per la presenza di alcuni tralicci il tracciato tranviario seguirebbe un andamento rettilineo, ma invece per evitare le interferenze ed il relativo riposizionamento dei sostegni elettrici sono stati introdotti alcuni flessi planimetrici.

La successiva fermata di "Via Veneto" si trova alla progressiva km 5+510 e, come la precedente, si collega sia alla viabilità locale (via dell'Osteria-via S. Biagio Petriolo) sia al percorso ciclopedonale.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Dopo un ulteriore flesso planimetrico al fine di evitare l'interferenza con un traliccio, il tracciato si riallinea al percorso ciclopedonale e si attesta al capolinea "Le Piagge" (progressiva km 6+099) collegato alla viabilità adiacente di Via Lazio e al percorso ciclopedonale come le precedenti fermate, di cui conserva l'impostazione architettonica e funzionale. Il tracciato termina con la progressiva km 6+160.

Alla progressiva circa km 5+950 sono previste le comunicazioni di linea verso il deposito che si trova a nord del sedime ferrotranviario. In tale sito sono previste le possibilità di manutenzione ordinaria e pulizia del materiale rotabile come meglio descritto al capitolo dedicato.

--

Il tracciato sopra descritto della linea tranviaria è stato "calato" sul territorio tenendo conto del suo stato attuale ma anche del suo assetto futuro, legato a trasformazioni urbanistiche importanti in parte già in essere ed altre in fase pianificatoria o preprogettuale.

Ne sono esempi le citazioni della riqualificazione del polo della Manifattura Tabacchi per il quale è stata inserita una fermata tranviaria specifica in aggiunta a quella già ipotizzate nello Studio di Fattibilità o del futuro parcheggio scambiatore in prossimità della fermata "Vespucci" che ne garantisce l'intermodalità.

L'elemento di trasformazione più significativo in termini di sviluppo è rappresentato dal collegamento stradale "Pistoiese – Rosselli" dal nome delle vie che saranno collegate. Il percorso si sviluppa per un lungo tratto in affiancamento al rilevato ferroviario attuale e sede futura della linea 4: nelle sezioni trasversali è stata indicata la presenza del collegamento stradale per verificarne al fattibilità, anche se nel progetto stradale questa dovrà tener a sua volta conto della linea tranviaria ed in particolare delle caratteristiche altimetriche della stessa. In questo modo non si determineranno dislivelli tra le due infrastrutture eccessivi e non saranno necessari elementi di disgiunzione (come ad esempio importanti opere di sostegno), risultando così le due opere tra loro coordinate.

E' del tutto evidente che approfondimenti ulteriori dovranno essere condotti nelle fasi progettuali successive, quando sarà peraltro disponibile un progetto della strada "Pistoiese - Rosselli" tale da permettere analisi di maggior dettaglio.

--

Per quanto riguarda i casi di interruzione di linea, sono previste 4 comunicazioni per la parzializzazione del servizio su due semitratte disgiunte. Le comunicazioni, provviste di casse di manovra ad azionamento manuale con ritorno a molla (bistabili), sono localizzate in prossimità delle seguenti fermate:

- Porta al Prato, Cascine, Vespucci superata la fermata in direzione del capolinea di Le Piagge;
- Pesciolino prima della fermata in direzione del capolinea di Le Piagge.

Durante il normale esercizio le comunicazioni presenteranno aghi discosti consentendo la marcia in corretto tracciato; la procedura di Servizio Provvisorio dovrà essere utilizzata solo in caso di anomalie, pertanto le



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

comunicazioni dovranno essere manovrabili solo manualmente tramite leva. Gli scambi di tali comunicazioni sono quindi “a molla”, tallonabili, in modo da limitare sia i costi di installazione che di manutenzione; quando il veicolo tallona lo scambio, questo permette il passaggio del veicolo e successivamente, grazie al meccanismo a molla, ritorna nella posizione in cui era stato configurato prima del passaggio del veicolo stesso.

Dal punto di vista della sicurezza dei movimenti, i due scambi a molla evitano la possibilità di immissione sul binario illegale in ambito di normale esercizio; essi possono, infatti, essere percorsi in deviateda solamente dopo avere seguito una procedura specifica che sarà esplicitata nel regolamento di esercizio. Il Sistema di Segnalamento prevede la segnalazione al conducente attraverso i segnali SP.

Inoltre in prossimità dei capolinea (fermate “Leopolda” - interconnessione con linea 1 e “Le Piagge”) sono stati predisposte le comunicazioni doppie (dette anche “a forbice”) che permettono l’inversione di marcia e cambio binario.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

## 13.4. SEZIONI TIPO

Dal punto di vista normativo il progetto preliminare, ed in particolare le sezioni tipo, della tranvia di Firenze linea 4 segue le esperienze progettuali e costruttive per le altre linee tranviarie comunali, rifacendosi alle normative UNI-Unifer per tranvie e metropolitane leggere. In particolare prima di proseguire è utile fare riferimento alla norma UNI 8379 “*Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera e tramvia) - Termini e definizioni*” che fornisce la terminologia corretta per affrontare la descrizione delle sezioni trasversali tipo adottate in oggetto.

La norma innanzitutto definisce il sistema di trasporto in 5 tipologie come di seguito riportato:

- i. **ferrovia**: sistema di trasporto per persone e/o cose, anche per lunghe distanze e per elevati livelli di traffico, mediante veicoli automotori, veicoli rimorchiati e motrici, a guida vincolata, In sede propria, con circolazione regolata da segnali.
- ii. **metropolitana**: sistema di trasporto rapido di massa, di elevata portata e frequenza nell'ambito delle conurbazioni, costituito da veicoli automotori o rimorchiati dai medesimi, a guida vincolata, con circolazione regolata da segnali e completamente autonoma da qualsiasi altro tipo di traffico.
- iii. **metropolitana leggera**: sistema di trasporto rapido di massa che mantiene le caratteristiche della metropolitana di cui al precedente punto “ii” ad eccezione della portata oraria, che risulta ridotta a causa della limitata capacità dei convogli per ridotte dimensioni dei veicoli e/o per ridotta composizione.
- iv. **tranvia**: sistema di trasporto per persone negli agglomerati urbani costituito da veicoli automotori o rimorchiati dai medesimi, a guida vincolata, In genere su strade ordinarie e quindi soggetto al Codice della Strada, con circolazione a vista.
- v. **tranvia veloce (metrotranvia)**: sistema di trasporto che mantiene le caratteristiche della tranvia di cui al precedente punto “iv”, con possibili realizzazioni anche in tratte suburbane, ma che consente velocità commerciali e portate superiori grazie ad adeguati provvedimenti (per esempio delimitazioni laterali della sede, riduzione del numero di attraversamenti, semaforizzazione degli attraversamenti con priorità per il sistema, ecc.), atti a ridurre le interferenze del sistema con il restante traffico veicolare e pedonale. Essendo questo sistema la soluzione tecnologicamente evoluta del precedente, possono esistere sistemi misti (tranvia-tranvia veloce) composti da tratte di linea funzionalmente concepite con riferimento ai due sistemi. Le tratte di linea afferenti alle diverse tipologie di sistema mantengono le caratteristiche rispettivamente previste e di conseguenza il sistema di trasporto sarà costituito in parte da tranvia ed in parte da tranvia veloce.

Per la linea 4, così come per le altre linee di Firenze, si ricade nella tipologia **v. tranvia veloce (metrotranvia)** con sede dedicata e delimitata lateralmente con cordoli insormontabili e protezioni per i pedoni nelle aree urbanizzate. Definita la tipologia del sistema di trasporto si può proseguire con la definizione degli elementi della sezione tipo e successivamente della geometria del tracciato.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

La sede tranviaria, definita come piattaforma destinata alla circolazione dei veicoli del sistema di trasporto a guida vincolata, può nel caso di linee tranvia veloce (metrotranvia) essere organizzata secondo la seguente tabella:

	Sede						Attraversamento								
	Promiscua			Propria			Libero	Segnalato				Protetto			
	Libera	Riservata	Protetta	Riservata	Protetta	Isolata	a	a	b	c	a	b	c	d	
Ferrovia	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	
Metropolitana	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Metro leggera	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Tranvia veloce	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
Tranvia	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	

Norma UNI 8379 – Prospetto A.1

Per la linea 4, classificata come tranvia veloce (metrotranvia), si riscontrano le seguenti configurazioni:

- **sede propria riservata:** Sede concepita per il transito esclusivo dei veicoli a guida vincolata. La piattaforma non è, in genere, delimitata lateralmente poiché si sviluppa in condizioni difficilmente raggiungibili per altri veicoli o pedoni (per esempio fuori dai centri abitati, in rilevato o in trincea difficilmente accessibile, ecc.). Qualora i rischi di interferenza con altri veicoli o pedoni possano essere sensibili si devono disporre delimitazioni laterali atte a minimizzare i medesimi rischi (per esempio gradini, cordoli, ecc.).
- **sede propria protetta:** Sede concepita per il transito esclusivo dei veicoli a guida vincolata. La piattaforma è inoltre delimitata lateralmente da elementi di separazione fisica atti a ridurre i rischi di invasione della sede da parte di altri veicoli e di accesso indebito dei pedoni. Tali limiti devono risultare ragionevolmente invalicabili per gli altri veicoli e difficilmente valicabili per i pedoni.

La Sede propria isolata, invece, non risulta applicata (la definizione normativa è: realizzata e concepita per il transito esclusivo dei veicoli a guida vincolata; la piattaforma, qualora non sia strutturalmente inaccessibile ad altri veicoli e pedoni, deve essere delimitata lateralmente da elementi di pesante separazione fisica atti a minimizzare i rischi di invasione della sede da parte di altri veicoli e di accesso illecito dei pedoni; non esistono attraversamenti e la sede è segnalata come inaccessibile alle sue estremità).

La sede riservata è da intendersi nel tratto in sovrapposizione alla linea ferroviaria Firenze Porta al Prato – Empoli e la sede protetta nel tratto oltre la fermata Indiano (dopo la stazione ferroviaria Cascine). La sede isolata non si riscontra perché l'isolamento con elementi di pesante separazione fisica non è stato previsto, in quanto gli elementi di separazione adottati in progetto sono cordolo o gradino con eventuale parapetto metallico.

--



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Chiariti gli aspetti di definizione degli elementi dal punto di vista normativo, le sezioni tipologiche sono organizzate come di seguito descritto.

Lo scartamento della linea tranviaria è quello classico di 1435 mm, non sono state previste variazioni di scartamento nelle curve che presentano raggi ridotti (in particolare sulla curva dell'interconnessione con la linea 1 che presenta il raggio minimo in asse di 25,50 m).

Per standardizzare la linea si è optato per la scelta di avere i pali per il sostegno della linea di contatto posti lateralmente ai binari, determinando una sezione tipologia che prevede una distanza tra gli assi binario pari a 3,10 m filante lungo l'intero tracciato, tranne nel caso del posizionamento di fermate con banchina centrale di cui si dirà nel seguito. Con questa scelta, la larghezza minima in rettilineo è pari a 6,80 m (escluso il palo di sostegno) misurata all'esterno dei cordoli di bordo separatori e limitanti la sede tranviaria.

Per quanto riguarda le distanze minime dagli ostacoli si considerati i minimi normativi di

- distanza laterale dagli ostacoli continui mm 800;
- distanza laterale dagli ostacoli discontinui mm 500.

Per quanto riguarda le pavimentazioni si è proceduto con particolare riguardo al contesto di riferimento ed alle problematiche di inserimento dell'opera in un territorio con molteplici valenze. Sono state analizzate in primis le pavimentazioni già impiegate per le altre vie ferrotranviarie di Firenze, definendo il seguente schema:

- Tratto Fermata Leopolda – Fermata Manifattura Tabacchi: pavimentazione in elementi di porfido di forma quadra;
- Tratto Fermata Manifattura Tabacchi – Fermata Le Piagge: pavimentazione in elementi di cls colorato autobloccanti.

I cordoli, che delimitano la sede tranviaria, saranno realizzati in elementi di pietra nella zona pavimentata con porfido, mentre nel restante tratto pavimentato con elementi in cls saranno realizzati in elementi di conglomerato cementizio.

I tratti di attraversamento stradale (come di seguito specificati) saranno invece pavimentati in conglomerato bituminoso per mantenere inalterate le caratteristiche di rugosità ed aderenza della pavimentazione stradale e conservare il piano stradale stesso in termini di quote e pendenze.

In questa fase progettuale preliminare si è ritenuto di considerare gli attraversamenti stradali in piano con la linea ferrotranviaria a raso: in sede di progettazione definitiva si potrà studiare nel dettaglio le quote dell'intersezione e le opportune pendenze trasversali e raccordi.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

Gli attraversamenti stradali sono i seguenti:

- Via Rosselli.
- Via Gabbuggiani (traversa).
- Accesso alla Stazione Cascine.
- Via San Biagio Petriolo.
- Via del Pesciolino.
- Prosecuzione Via dell’Osteria.
- Prosecuzione Via della Sala.

In corrispondenza delle fermate i cordoli laterali vengono sostituiti dai marciapiedi con dimensioni e materiali come descritto nel paragrafo relativo.

Per l’armamento ferrotranviario si rimanda al successivo paragrafo.

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1****13.5. ARMAMENTO**

Oggetto dello studio dell'armamento sono: la fornitura e il posizionamento delle rotaie in linea sia protetta che promiscua (appoggi, profili in gomma, rotaie, saldature, giunti isolanti, ballast, traverse...) compresi tutti i materiali di fissaggio per tutti i tipi di posa realizzati, la fornitura e la posa degli scambi (eccetto i sistemi di manovra, i dispositivi di azionamento motorizzati e gli strumenti di controllo), la fornitura e la posa di materiali anti-vibranti ecc. il tutto sia in linea che in deposito.

Per parametri geometrici di progetto si sono assunti gli stessi utilizzati per la redazione del Progetto Esecutivo delle linee 2 e 3 (I lotto) in quanto la tratta in questione, essendo una semplice variante di tracciato, non potrebbe avere caratteristiche differenti. Pertanto si è assunto quanto segue:

- Tipo di mezzo: veicolo tramviario bidirezionale;
- Scartamento: 1435 mm;
- Alimentazione elettrica: 750 V c.c.;
- Altezza minima del filo conduttore della linea aerea dal piano rotaie: 4,40 m;
- Altezza delle banchine di fermata sul piano del ferro: 30 cm;
- Lunghezza delle banchine di fermata: 40,00 m;
- Distanza tra la soglia della porta e l'orlo della banchina di fermata: 70 mm;
- Dislivello tra la soglia della porta e il piano di banchina di fermata: +50/-20 mm;
- Velocità massima: 70 Km/h;
- Pendenza massima longitudinale in linea: 7,00 %;
- Pendenza massima longitudinale nelle fermate: 3,75 %;
- Raggio minimo planimetrico in linea: 20,00 m;
- Sopraelevazione in curva: non prevista;
- Raccordi di transizione: clotoidali;
- Massimo valore di accelerazione ammesso: 1,0 m/sec<sup>2</sup>;
- Massimo valore di contraccolpo: 0,5 m/sec<sup>2</sup>;
- Raggio minimo dei raccordi verticali concavi: 400,00 m;
- Raggio minimo dei raccordi verticali convessi: 800,00 m;
- Massimo valore di accelerazione verticale ammesso: 0,25 m/sec<sup>2</sup>;
- Interasse minimo intervalla non palificata: 3,10 m;



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Il veicolo previsto ha le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza vettura: 2.400 mm;
- Lunghezza vettura: 31.900 mm;
- Altezza massima cassa vettura: 3.414 mm;
- Altezza pianale, nella zona ribassata, dal piano del ferro: 350 mm;
- Altezza specchio retrovisore dal piano del ferro: 2.002 mm;
- Interperno: 7.100 mm;
- Passo: 1.700 mm;
- Distanza asse carrello – frontale vettura (sbalzo): 4.850 mm;
- Distanza asse carrello – inizio rastrema tura: 3.000 mm;

Le prestazioni principali indicative sono le seguenti:

- Velocità massima di servizio: 70 Km/h;
- Accelerazione di avviamento: 1,0 m/sec<sup>2</sup>;
- Decelerazione in frenatura di esercizio: 1,2 m/sec<sup>2</sup>;
- Pendenza massima superabile in linea: 7,00 %
- Scartamento dei binari: 1435 mm;
- Minimo raggio di curvatura planimetrico ammesso: 18,00 m;
- Raggio minimo dei raccordi verticali concavi e convessi: 350,00 m.

Come per il resto delle linee anche in questa si è privilegiato un tracciato che assicuri il comfort del passeggero limitando al minimo l'accelerazione centrifuga (trasversale) avvertita dai viaggiatori e la sua variazione nel tempo (accelerazione longitudinale, contraccolpo ecc.).

La relazione tecnica specialistica descrive i parametri adottati per il contenimento delle vibrazioni e delle correnti vaganti.

Sotto il profilo progettuale sono state previste 4 tipologie di armamento: L0b, L0, L2 ed L3.

L'armamento L0b presenta un sistema tradizionale di fissaggio di tipo ferroviario su traversine, invece l'armamento L0, L2 e L3 presentano un sistema di fissaggio ERS, tipico della tranvia.

Il **sistema** detto anche **ERS** (embedded rail system) prevede la posa di rotaie rivestite da profili in gomma che vengono posizionate mediante portalini e fissate in opera con un getto di bloccaggio. Tale sistema largamente utilizzato in Europa (Parigi, Madrid, Bruxelles, Atene ecc.) è attualmente quello proposto per la realizzazione delle linee 2 e 3 di Firenze. Variando le caratteristiche delle gomme sottorotaia e dell'eventuale materassino



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

---

sottoplatea il sistema consente una notevole gamma di soluzioni prestazionali. Le recenti applicazioni, quali per tutte quella di Atene, hanno consentito di perfezionare la posa migliorando la precisione nell'allineamento delle rotaie nonché alcuni dettagli costruttivi, rendendolo sicuro e affidabile.

Nei casi in cui il sistema non necessita di particolari accorgimenti antivibranti e quindi può essere realizzato con sistemi di fissaggio tradizionali (attacchi elastici), tenuto anche in considerazione che trovandosi su sedime ferroviario si potrà riutilizzare il ballast esistente, si è ricorsi alla tipologia definita L0b. Tale variante all'ERS è stata limitata alla sola tratta che attualmente insiste su sedime ferroviario. La realizzazione di tale tipologia di armamento potrà essere effettuata anche ricorrendo a sistemi di posa meccanizzati, mediante l'utilizzo di macchinari appositamente progettati.

Si rimanda alla relazione tecnica specialistica per la puntuale descrizione delle tipologie di armamento previste nonché delle relative modalità di installazione e manutenzione.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

### 14. OPERE D'ARTE

#### 14.1. SOTTOPASSO FERROVIARIO

Il tracciato tramviario attraversa le linee ferroviarie Firenze-Pisa e Firenze Porta al Prato – Empoli ad Ovest del viadotto dell'Indiano, mediante sottopasso scatolare che in parte sarà varato a spinta (sotto i quattro binari della linea FI-PI, senza interruzione del traffico ferroviario) e in parte sarà realizzato in opera (sotto i binari della FI Porto al Prato-Empoli, per i quali si prevede l'interruzione temporanea della linea).

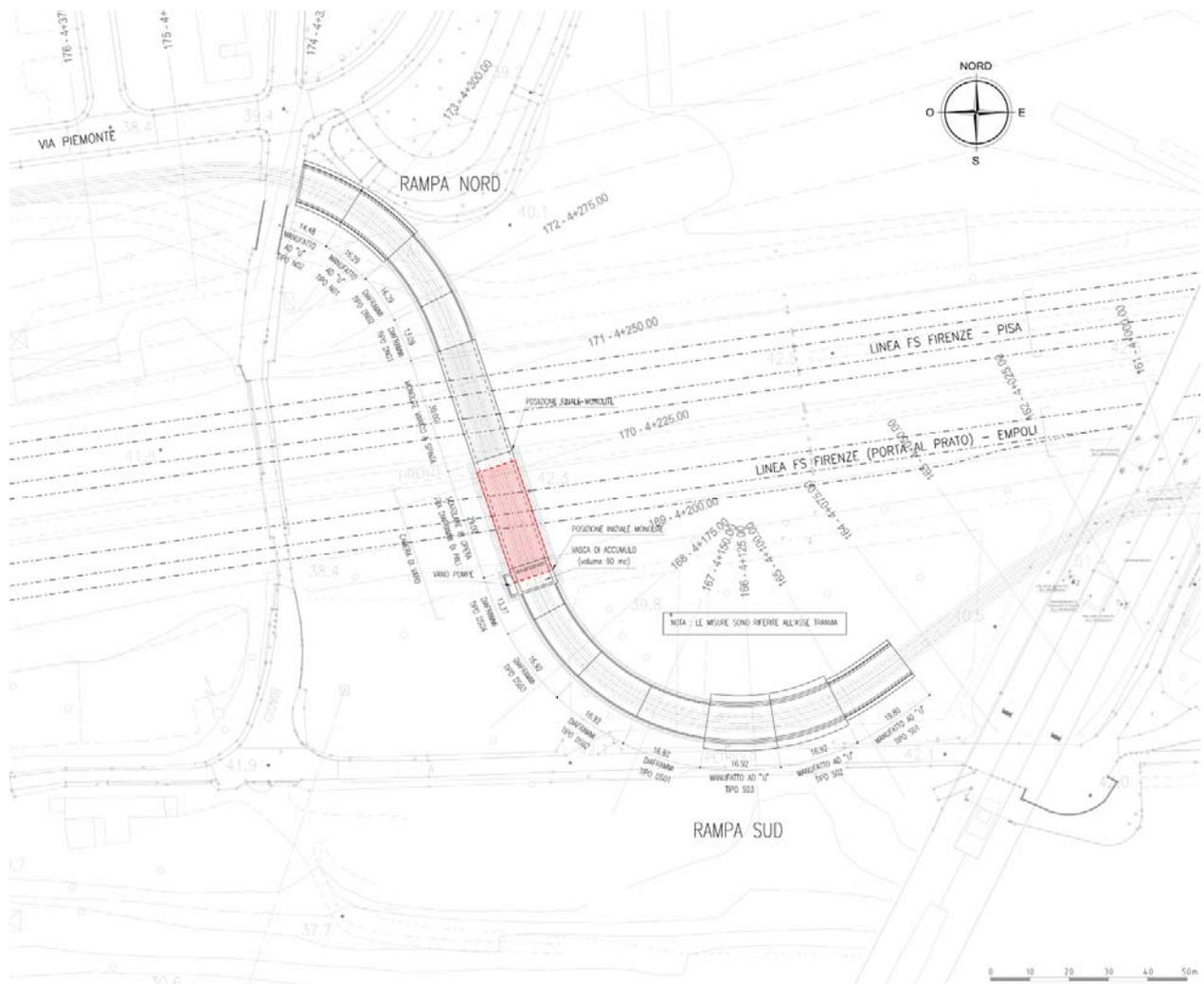


Figura 14- Planimetria sottopasso ferroviario



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

A sud della ferrovia (lato fiume Arno), l'opera interessa una zona definita ad elevata pericolosità idraulica, mentre in corrispondenza della sede ferroviaria e immediatamente a nord è indicata un'area a pericolosità idraulica media.

La zona è infatti esondabile in occasione delle piene del fiume Arno e ciò ha imposto, già in fase di progettazione preliminare, specifici accorgimenti di protezione dalle piene (come manufatti ad "U" antifalda, diaframmi di pali secanti con rivestimento interno, ecc); mentre in fase di costruzione, considerato che la profondità della falda si attesta fra i 5 e gli 8m dal piano campagna, si prevede la realizzazione dell'opera senza particolari precauzioni, se non quello dell'eventuale controllo della falda mediante sistema well-point, durante la realizzazione della parte più profonda del sottopasso.

Per le rampe di accesso al sottopasso si è optato per due sistemi costruttivi: il primo (**Figura 15**), da applicare per profondità di scavo fino a 4m da p.c., è costituito da manufatti ad "U" con pareti verticali che proseguono fuori-terra fino alla quota di massima piena di progetto, assunta pari a +42 m s.l.m.m. per la rampa Sud (lato Arno), e fino a +30cm rispetto al p.c. per quella Nord (lato via Piemonte). Le mensole laterali realizzate alla quota della soletta inferiore hanno lo scopo di "zavorrare" la struttura e garantire la verifica al galleggiamento in concomitanza della piena centenaria. Lo scavo è previsto con trincea a cielo aperto senza controllo della falda.

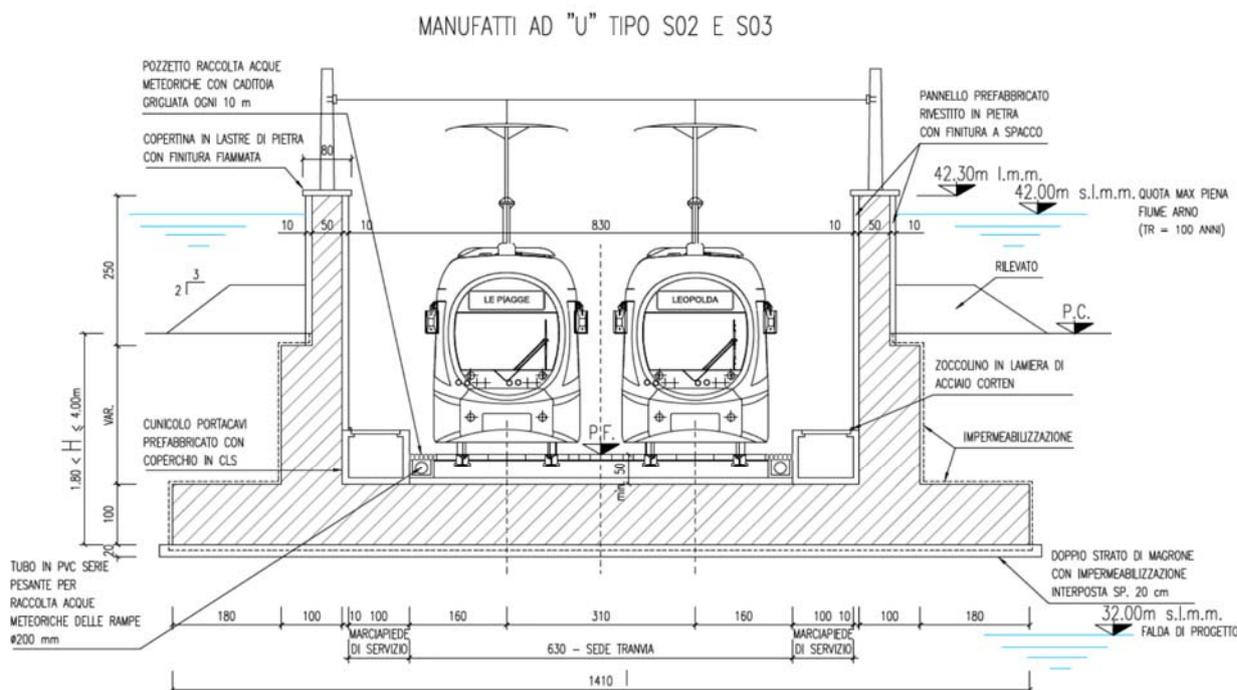
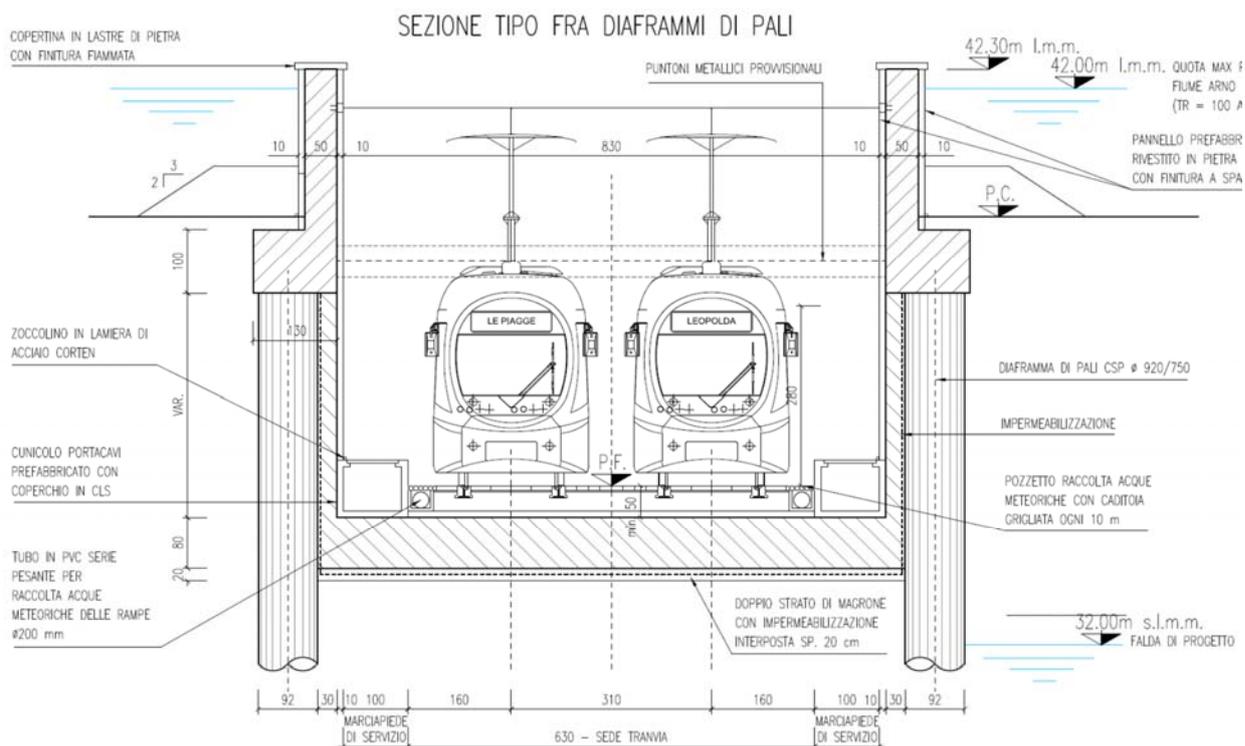


Figura 15- Sezione tipo con manufatto ad "U" per scavo fino a 4m da p.c.

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1**

Il secondo sistema costruttivo (**Figura 16**), applicato per profondità di scavo superiori ai 4m, è costituito da doppio diaframma di pali secanti (diametro 92cm passo 75cm) e rivestimento interno realizzato da una soletta di fondo e da pareti laterali in c.a.; il tutto opportunamente impermeabilizzato con un telo in PVC confinato da geotessuto di protezione.



**Figura 16- Sezione tipo fra diaframmi di pali secanti**

La tenuta all'acqua è garantita, in esercizio e in caso di innalzamento della falda o esondazione del fiume Arno, da contro-pareti di rivestimento in c.a. dello spessore di 30cm che sono solidali alla soletta di fondo e contrastano superiormente sul cordolo di coronamento dei diaframmi di pali. Il rivestimento, in questa maniera, funge anche da vincolo verticale al solettone di base, impedendo che quest'ultimo possa sollevarsi sotto l'azione della spinta idrostatica.

La scelta di utilizzare diaframmi di pali secanti, anziché diaframmi tradizionali, è motivata dal fatto che questa tecnologia, già applicata con successo in terreni simili, non necessita dell'uso di fanghi bentonitici per il sostegno dello scavo e genera poco rumore, assenza o limitate vibrazioni, con conseguente modesto impatto per l'ambiente.

Le fasi costruttive per la realizzazione delle rampe entro diaframmi di pali secanti si possono così sintetizzare:

1. Pre-scavo di circa 1,2m fino alla quota di sommità pali;



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

2. Costruzione di una correa di guida in calcestruzzo armato sagomata;
3. Realizzazione dei diaframmi di pali secanti procedendo per tratti all'esecuzione dei pali primari e, a distanza di almeno 24h, alla realizzazione dei pali secondari con parziale fresatura dei primari;
4. Realizzazione dei cordoli di coronamento;
5. Scavo interno fra i diaframmi previo posizionamento dei puntoni metallici provvisionali alla quota dei cordoli di coronamento ed eventuale abbassamento della falda internamente alla rampa;
6. Getto del magrone, posizionamento dell'impermeabilizzazione, realizzazione della soletta di fondo e dei muri laterali della vasca "antifalda";
7. Rilascio della falda e realizzazione opere di completamento.

Tale soluzione è applicata anche per le pareti della camera di varo ubicata a Sud della ferrovia.

L'opera in sottopasso vera e propria è realizzata da due manufatti scatolari in c.a. impermeabile aventi dimensioni interne 8,5 x 6,0m (**Figura 17**). Il primo, della lunghezza di circa 30m, è varato a spinta sotto la linea Firenze-Pisa che sarà mantenuta in esercizio; il secondo, della lunghezza di circa 29m, sarà realizzato in opera nel tratto occupato dalla camera di varo e costituisce il prolungamento sotto la linea Firenze Porta al Prato – Empoli del monolite precedentemente varato.

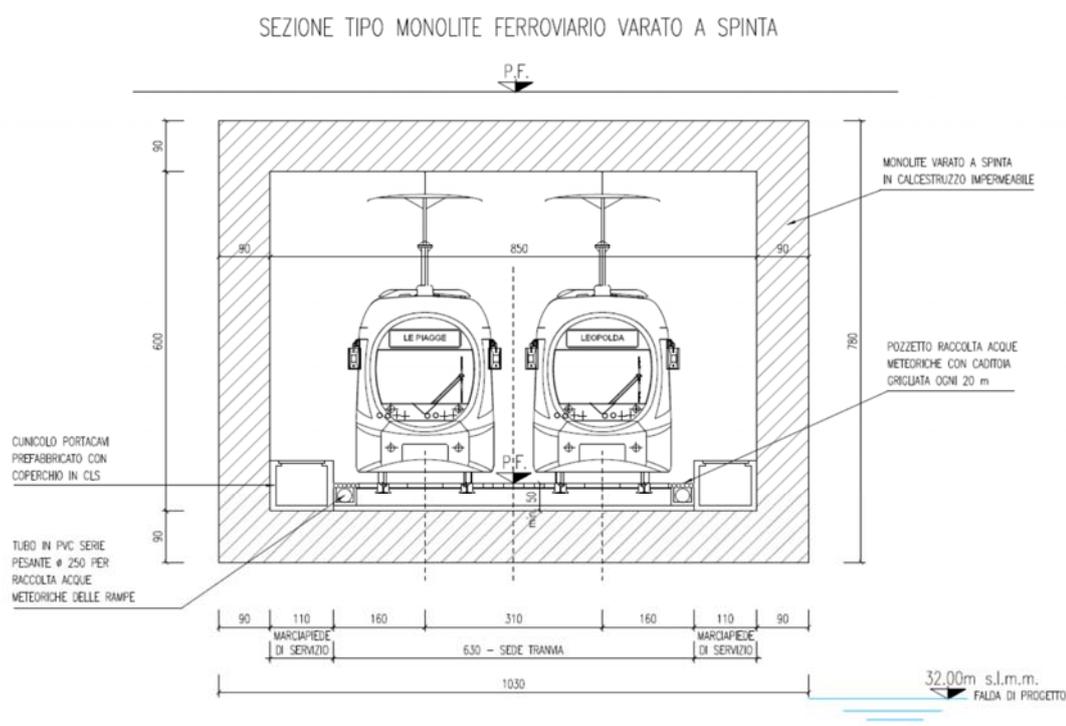
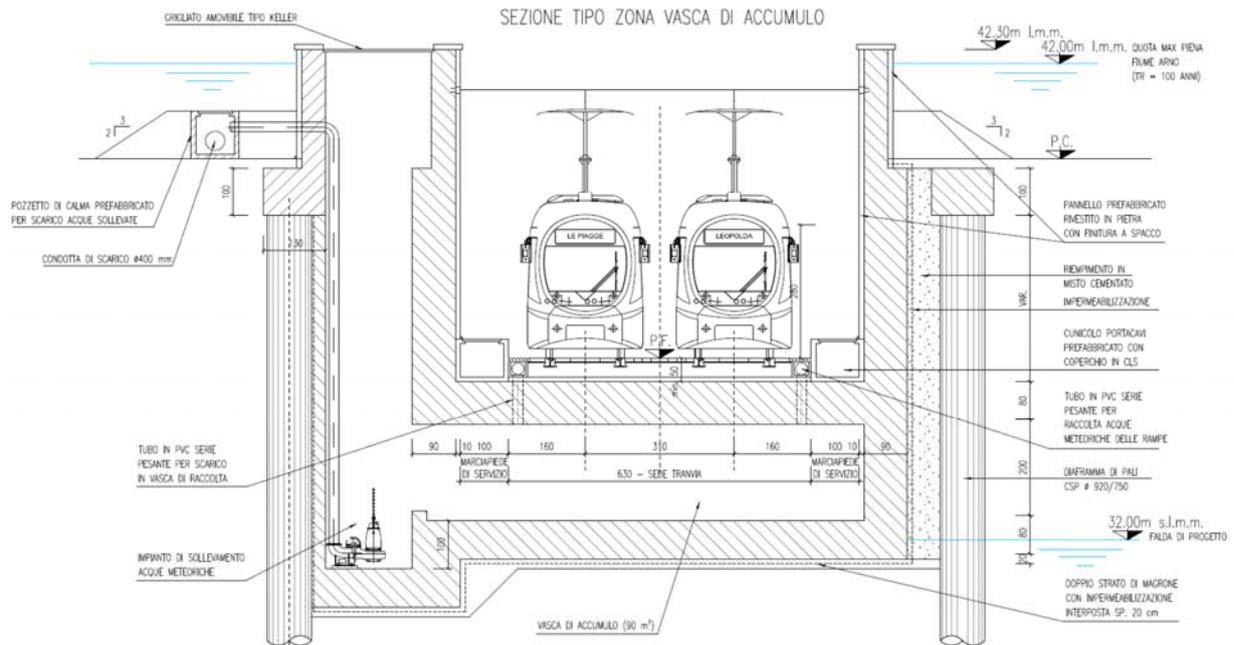


Figura 17- Sezione tipo monolite e sottovia scatolare



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Lungo le rampe del sottopasso è previsto il collettamento, la raccolta ed il sollevamento delle acque meteoriche. A tale scopo il sottopasso è dotato di una vasca di accumulo di circa 90m<sup>3</sup>, posta sotto la sede tramviaria, e di un impianto di sollevamento costituito da pompe ad immersione (**Figura 18**).



**Figura 18- Sezione in corrispondenza della vasca di accumulo e impianto di sollevamento**

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1**
**14.2. DEPOSITO**

Il deposito si compone di due edifici industriali a struttura prefabbricata in calcestruzzo: il **rimessaggio** e l'adiacente **edificio servizi**. L'area di lavaggio è prevista all'aperto, senza involucro strutturale a fianco dell'edificio servizi (**Figura 19**).

L'edificio più grande, adibito a rimessaggio, è a pianta rettangolare di larghezza 25m per 120m di lunghezza e 10m di altezza; occupa quindi una superficie di 3.000 m<sup>2</sup> ed un volume di 30.000 m<sup>3</sup>.

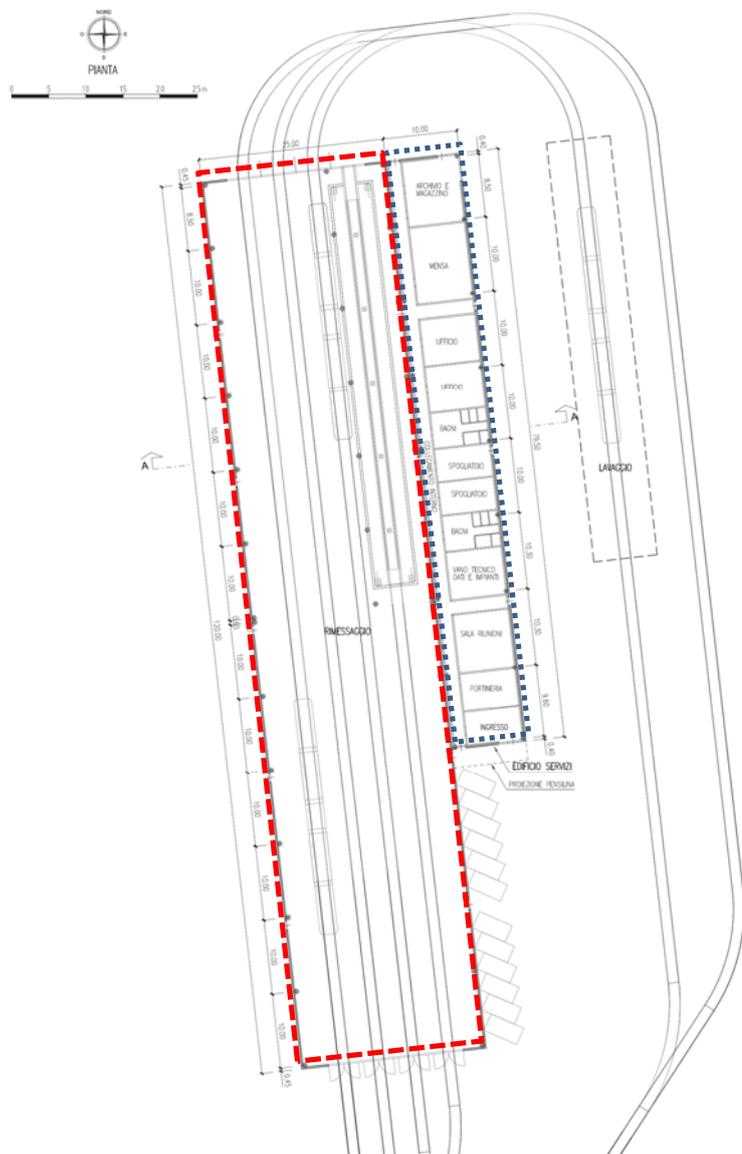
La maglia dei pilastri è di 25m nel senso della larghezza e 10m in quello della lunghezza. Non sono quindi previsti pilastri interni se non quelli a sostegno del carroponte. Nella mezzeria del lato lungo è previsto un giunto strutturale trasversale per dividere l'edificio in due porzioni di lunghezza 60m ciascuna.

La struttura si compone di pilastri in c.a. 50x50cm, travi in c.a.p. a doppia falda di luce 25m con sovrapposti tegoli nervati in c.a.p. orditi longitudinalmente sulle luci da 10m.

L'altro edificio, adibito ai servizi (portineria, sala riunioni, vano tecnico, bagni, spogliatoi, uffici, mensa, archivio e magazzino), è affiancato al rimessaggio e presenta anch'esso una pianta rettangolare di dimensioni 10m per circa 80m e altezza 5m.

La superficie occupata è quindi di circa 800 m<sup>2</sup> ed il volume di 4000 m<sup>3</sup>.

La maglia dei pilastri è di 10m x 10m senza pilastri interni.



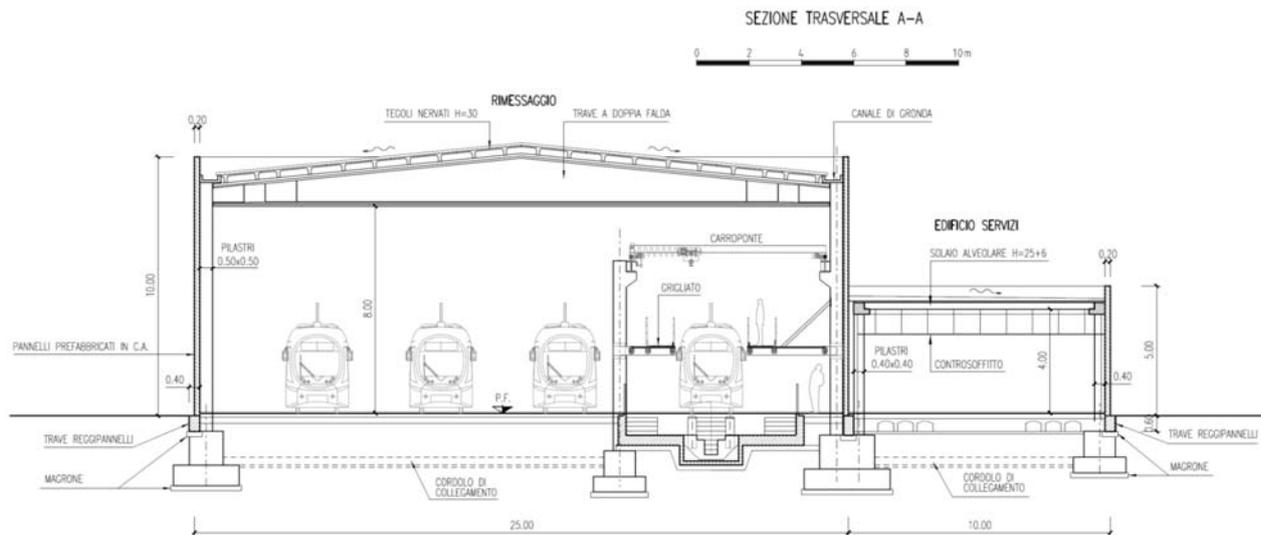
**Figura 19- Schema planimetrico del Deposito**



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

La struttura si compone di pilastri 40x40cm in c.a., travi in c.a.p. disposte sia in senso longitudinale che trasversale e solaio piano realizzato con elementi prefabbricati alveolari completati in opera da una cappa collaborante in calcestruzzo armato.

Entrambi gli edifici sono chiusi perimetralmente da pannelli prefabbricati in calcestruzzo con coibente interno.



**Figura 20- Sezione trasversale edifici del deposito**

## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

## 14.3. PROLUNGAMENTO TOMBINO FOSSO DELLA GORICINA

Fra gli interventi in progetto è previsto il prolungamento verso ovest del tombino esistente sul fosso della Goricina. La foto a lato (**Figura 21**) illustra l'imbocco al quale si attaccherà il nuovo tratto di tombino scatolare.

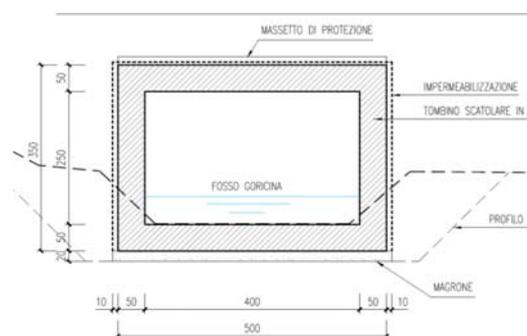


**Figura 21- Tombino esistente**

La sezione interna netta del prolungamento scatolare in c.a. è di 4,0 x 2,5 m (**Figura 22**), leggermente superiore alla sezione del tombino esistente che misura 3,6 x 2,2 m.

All'imbocco, come oggi previsto, sarà installata una griglia metallica di protezione.

La lunghezza del tratto di nuova realizzazione è di circa 166m per permettere lo spostamento della pista ciclopedonale verso il fiume Arno.



**Figura 22- Sezione nuovo tombino**

PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

14.4. OPERE DI SOSTEGNO

Per la realizzazione di alcune fermate e per il contenimento del rilevato nel tratto compreso fra le progressive 3+800 e 3+980, sono previsti muri in calcestruzzo armato con rivestimento del paramento verticale esterno in pietra serena. La **Figura 23** illustra la sezione tipo dei muri con la relativa tabella di dimensionamento in funzione dell'altezza.

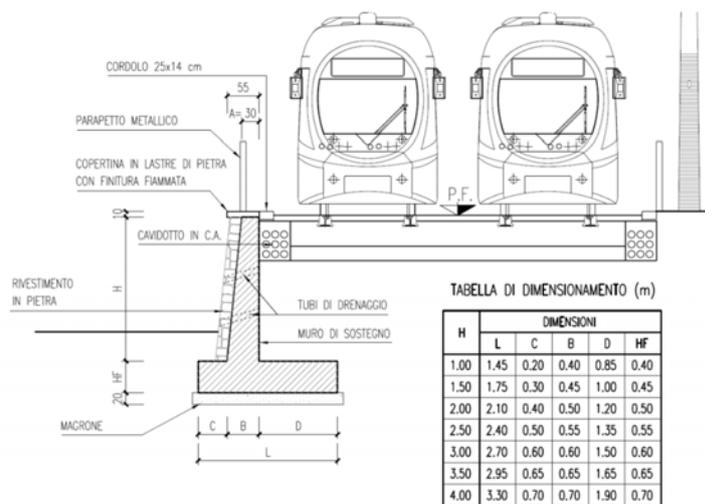


Figura 23- Sezione tipo muri di sostegno

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1****15. CANTIERIZZAZIONE**

Nel progetto della cantierizzazione sono state valutate la tipologia del tessuto urbano e la sua funzione territoriale e soprattutto le interferenze con la viabilità esistente e con l'ambiente attraversato, con particolare attenzione agli insediamenti ed alle attività presenti. Rispetto all'interferenza tra cantiere e strade di transito sono stati valutati i rischi rispetto all'investimento dei lavoratori stessi e delle persone estranee al cantiere. Nell'ambito di tale progetto, sono state quindi individuate le fasi esecutive dell'opera tenendo conto dei seguenti input esecutivi:

- attenzione agli inconvenienti riguardanti la penalizzazione del traffico esistente, in base al quale nelle successive fasi progettuali dovrà essere redatto un apposito calendario dei lavori da rendere noto ai cittadini, per consentire la pianificazione del traffico gommato;
- individuazione delle aree di cantiere definita sulla base delle esigenze legate alle varie tipologie di opere, dell'esame dei collegamenti con la viabilità esistente e dell'accesso all'area logistica;
- individuazione delle aree logistiche e di stoccaggio provvisorio, in relazione al collegamento con la viabilità ordinaria esistente sul territorio e con le aree di lavorazione;
- utilizzo per la realizzazione dell'opera della sola viabilità esistente, escludendo l'apertura di nuove piste;
- indicazioni sulle caratteristiche di realizzazione dei campi base.

Il progetto di cantierizzazione è costituito da una serie di elaborati, che di seguito sinteticamente si riepilogano:

- Relazione tecnica di cantierizzazione e di gestione delle materie;
- Aree di cantiere- planimetria generale
- Aree di cantiere- Macroaree 1 - 2
- Aree di cantiere- Macroaree 2 - 3
- Aree di cantiere- Macroaree 3 - 4 - 5
- Aree di cantiere- Macroaree 5 - 6
- Aree di cantiere- Macroaree 7 - 8
- Aree di cantiere- Macroaree 8 - 9

Si rimanda alla relativa relazione tecnica specialistica per la trattazione del piano di gestione delle materie.

La durata dei lavori prevista, come descritto dal relativo cronoprogramma inserito nella suddetta relazione, è pari a 30 mesi.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

## 16. IMPIANTI

## 16.1. TRAZIONE ELETTRICA

E' stato previsto un impianto tradizionale, nel rispetto di quanto già progettato per le linee 1, 2 e 3 della tramvia di Firenze, secondo un criterio di continuità, ed a tal fine è stato ipotizzato di utilizzare la stessa tipologia di materiali, di tipo commerciale normalmente in uso.

La linea di contatto sarà composta da un solo filo sagomato, della sezione di mm<sup>2</sup> 120, progettata nel rispetto della norma CEI EN 50119 (CEI 9.2), e supportata, per il trasporto dell'energia occorrente, da un cavo a posa interrata (feeder) della sezione complessiva di mm<sup>2</sup> 1.200.

Per il sostegno della linea di contatto è stata prevista, in funzione dei vincoli dettati dal tracciato, dalla viabilità connessa e dalla situazione urbanistica, la sospensione con mensola orizzontale e sostegno poligonale a dodici lati posto lateralmente rispetto alla sede tramviaria.

La posa del filo di contatto è prevista regolata con sistema di contrappesa tura ed i sostegni sono stati posizionati prevedendo campate di 35 metri circa.

La tensione nominale dei gruppi raddrizzatori sarà 750V c.c.

E' stato previsto un feeder di alimentazione costituito da n. 4 cavi di sez. 300 mmq, tipo FG7R 0,6/1 kV in rame, posati lungo linea in polifora interrata.

Il circuito di ritorno di linea è previsto del tipo con binario ad isolamento di terra ridotto, come previsto dalle norme CEI 9-20 e CEI-EN50122-2, per limitare il pericolo di corrosione delle correnti vaganti.

Per la sicurezza delle persone contro i pericoli di tensionamento in caso di cedimento degli isolamenti, è previsto un impianto di messa a terra conforme a quanto previsto dalle norme CEI EN 50122-1 (CEI 9-6) ed 11-1, composto da una corda di rame di 120 mm<sup>2</sup> per il collegamento di tutte le strutture metalliche collocate nella zona della linea aerea di contatto e del pantografo, da una presa di terra per ogni sostegno e da un collegamento, in ogni fermata, del circuito di terra descritto al circuito di ritorno con interposizione di apposito diodo.

Un sistema di alimentazione primaria in Media Tensione garantirà la distribuzione di energia elettrica occorrente per la trazione e per i servizi del prolungamento di linea previsto.

Dal dimensionamento preliminare, che tiene conto della portata oraria, del tipo dei convogli ipotizzato, del profilo altimetrico e delle caratteristiche del tracciato, nonché del recupero di energia in frenatura, è prevista la realizzazione di quattro sottostazioni della potenza installata di 1,5 MW cadauna, in grado di garantire il servizio regolare nel periodo di punta con il cadenzamento massimo dei convogli ed il "fuori servizio", per manutenzione o guasto, di una S.S.E. ogni tre S.S.E. di alimentazione presenti.

Il sistema sarà quindi costituito da quattro sottostazioni elettriche di conversione: Leopolda, Barco, Indiano e Deposito.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Le S.S.E. di conversione sono state previste per garantire l'energia di trazione a 750 V cc e l'energia in bassa tensione per gli impianti di linea. Per la conversione ed alimentazione in c.c. è previsto un monogruppo in ciascuna sottostazione, della potenza di 1500 kW con sovraccaricabilità in classe VI, norma CEI EN 60146.1.1

Per l'alimentazione dei servizi ausiliari è prevista l'installazione di un trasformatore dedicato.

La S.S.E. al Deposito garantirà, con apposita cabina di trasformazione MT/bt, l'alimentazione di tutte le utenze luce e f.m., degli impianti tecnologici e di tutte le attrezzature previste.

### 16.2. SEGNALAMENTO

Il Sistema di Trasporto sarà dotato di un Sistema di Supervisione e Controllo tranviario in grado di essere di ausilio al conducente nella marcia a vista per permettergli di garantire i requisiti prestazionali di sistema richiesti. Il Sistema di Segnalamento assicura i transiti in sicurezza nei tratti singolari di linea quali:

- zone di manovra: capolinea o bivi
- zone a scarsa visibilità: tunnel, sottopassi o curve
- nei tratti di circolazione banalizzata a singolo binario
- intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali)
- intersezioni tra le linee tranviarie.

In tali aree, saranno previsti degli apparati che permettono di ottenere un adeguato livello di sicurezza al fine di garantire i transiti dei veicoli onde evitare collisioni e/o deragliamenti al transito dei veicoli sui deviatoli.

Le caratteristiche principali ed i requisiti funzionali degli apparati del sistema di segnalamento sono tali da garantire le medesime prestazioni e caratteristiche tecniche degli stessi utilizzati per le linee 1, 2 e 3, e per tale scopo sono state previste le stesse logiche e tecnologie già utilizzate.

Il sistema di segnalamento è costituito principalmente dai seguenti impianti integrati nel contesto del modello tranviario:

- impianto di segnalamento di linea
- impianto di localizzazione e regolazione tram
- impianto di priorità semaforica.

Lo scopo di tali impianti sarà quello di fornire uno strumento tecnologico modulare di supervisione e controllo delle numerose e complesse funzioni che coinvolgono molti aspetti di gestione della tramvia, quali l'instradamento, il transito in sicurezza (la logica di controllo da rendere disponibile sarà basata su sistemi a microprocessore in classe di protezione AK6), il parcheggio della flotta di tram, la priorità semaforica agli



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

incroci stradali, la localizzazione e visualizzazione al PCC della flotta tranviaria lungo il percorso della linea, la regolazione del servizio.

Ciascun sottosistema, opportunamente configurato, sarà composto da apparecchiature elettroniche installate presso la centrale di controllo, lungo il tracciato della tramvia ed a bordo dei tram.

Caratteristica importante del sistema sarà la modularità dei suoi impianti, operativamente indipendenti e capaci di comunicare tra loro attraverso la rete di comunicazione.

Le funzioni di localizzazione del veicolo verranno espletate attraverso l'installazione di loop di comunicazione in punti della linea prestabiliti.

Tale dispositivi sono collegati ai relativi apparati di controllo, che provvedono a trasferire i dati di localizzazione al nodo di rete ("switch ethernet") geograficamente più vicino (posto in fermata nell'armadio di telecontrollo).

Attraverso le informazioni ricevute al Posto Centrale di Controllo il Sistema di Segnalamento realizza la funzione di "Train Descriptor", ossia la visualizzazione della posizione del veicolo sul tracciato (fermate, incroci, capilinea) su un opportuno quadro sinottico. Verrà pertanto visualizzata l'intera flotta con l'ID tram e lo stato in cui ritrova il veicolo (anticipo, ritardo, orario, fuori servizio, etc.).

Il Sistema di Segnalamento svolge inoltre la funzione di regolazione del traffico tranviario.

Nel caso di indisponibilità del sistema radio, il sistema di bordo effettua in locale le operazioni di regolazione, determinando autonomamente lo stato di ritardo/anticipo, in funzione di parametri pre impostati. Ciò è possibile in quanto esso dispone delle tabelle orarie previste per un dato servizio e dei dati forniti dall'odometro di bordo.

E' previsto un impianto di priorità semaforica in grado di inviare segnali di input al regolatore semaforico per far predisporre la semaforizzazione stradale in modo da favorire il mezzo pubblico, dopo aver rilevato l'approccio del tram all'incrocio.

La priorità semaforica consente all'Esercente di tendere all'obiettivo principale dell'esercizio che è quello di garantire il rispetto dell'orario teorico, sia per fornire un servizio regolare agli utenti, sia per mantenere invariata la propria organizzazione interna in termini di veicoli circolanti e di personale viaggiante.

E' previsto un sistema di telecontrollo degli impianti fissi costituito da una rete di PLC nelle fermate e da una parte di supervisione al Centro di Controllo (PCC), dedicata in particolare alla supervisione degli allarmi degli impianti TE (Trazione Elettrica) presenti presso le fermate.

Il sistema di supervisione è integrato nella piattaforma SCADA su cui si basa il sistema di telecontrollo di PCC. La raccolta degli allarmi e della diagnostica delle apparecchiature è realizzata mediante PCL distribuiti nelle fermate e nelle SSE. Per i PLC nelle fermate una parte degli I/O sono dedicati alla raccolta allarmi degli apparati di fermata e del quadro elettrico.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Il quadro elettrico di alimentazione delle utenze di fermata è installato presso le pensiline di fermata e viene alimentato o direttamente dalla rete BT dell'ente distributore (Enel). Le utenze di fermata sono costituite dall'impianto di illuminazione e di forza motrice, dalle telecomunicazioni, emettitrici ed obliterate dei biglietti, paline informative e casse di manovra degli scambi prossimi alla fermata. Il sistema di telecontrollo segnala la presenza di tensione al quadro (in arrivo dalla SSE) e lo stato degli interruttori di distribuzione dell'energia.

Il sistema di trasmissione previsto consente il collegamento degli apparati periferici a quelli centrali ed in particolare garantisce lo scambio di informazioni tra i sottosistemi ed il sottosistema di comando e controllo della Tramvia denominato AMOS - Alcatel Metro Operations System in carico a Linea 1.

Inoltre, il sistema di trasmissione garantisce il servizio di remotizzazione in fermata di linee seriali e rende disponibili interfacce Ethernet per ulteriori impianti della Tramvia, quali Sistema di Tariffazione automatica (emettitrici e obliterate di titoli di viaggio), Sistema di Segnalamento e Sistema di controllo semaforico.

Il sistema è costituito da una Rete Multiservizio, basata su Switch di Livello 3 con interfacce ethernet su portante ottica in configurazione ad anello con standard 802.3z Gigabit Ethernet, per il trasporto delle diverse informazioni dalle stazioni periferiche al Posto Centrale di comando e Controllo (PCC), mediante interfacce ethernet 10/100 Mbit.

L'impianto di TVCC previsto ha lo scopo di consentire la videosorveglianza delle fermate dislocate lungo la linea tranviaria da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale (PCC).

L'impianto di Diffusione Sonora invece è inserito nella struttura di telecontrollo della tramvia ed ha lo scopo di consentire l'invio di annunci sonori registrati o dal vivo, da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale, in punti di diffusione quali banchine di fermata e SSE.

Sono stati previsti infine:

- pannelli informativi alle fermate;
- un impianto di sincronizzazione oraria;
- un impianto di comunicazione radio TETRA;
- apparati emettitrici alle fermate.

### 16.3. IMPIANTI LUCE E F.M.

Gli impianti elettrici luce e F.M. di linea a servizio delle fermate situate lungo il prolungamento saranno alimentati dalle nuove sottostazioni elettriche previste, localizzate lungo la linea tranviaria, da rete in bassa tensione 400/230 V - 50 Hz.

Le linee elettriche, realizzate con cavi tipo FG7 0,6/1 KV, saranno suddivise in NORMALE e PERMANENTE in uscita da un quadro già predisposto in ognuna delle S.S.E.; saranno posate all'interno di polifore interrate,



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

raggiungendo le fermate e attestandosi ad un quadro elettrico di fermata dotato di comandi e protezioni per l'alimentazione dei circuiti e delle utenze della fermata stessa (obliteratrici, distributori biglietti, sistemi di telecomunicazione, impianti d'allarme, apparati IS, sezionatori di linea, predisposizione dell'alimentazione per il riscaldamento scambi, illuminazione esterna generale e d'emergenza).

Le suddette linee in partenza dalle SSE ed alimentanti le fermate saranno protette da un dispositivo magnetotermico differenziale dotato di relè differenziale regolabile sia in corrente (Id) che in tempo di ritardo dell'intervento differenziale.

Gli allarmi e le segnalazioni di interruttori aperti confluiranno nel concentratore di fermata e quindi saranno segnalati ad un sistema di supervisione situato nel PCC.

Si prevede infine un impianto di pubblica illuminazione con pali posti lateralmente alla sede tranviaria, con lampade LED alimentate da quadri elettrici con regolatori di flusso luminoso.

### 16.4. IMPIANTI DEPOSITO

La progettazione è stata sviluppata con l'obiettivo di realizzare la massima integrazione di tutte le componenti che costituiscono il sistema con particolare attenzione a:

- massima affidabilità e disponibilità degli impianti in relazione alla destinazione di utilizzo;
- economicità di gestione, da intendersi come ottimizzazione delle risorse disponibili inizialmente in rapporto ai costi di esercizio (energia, manutenzioni, personale per la gestione, ecc.) da sostenere negli anni futuri;
- utilizzo di fonti energetiche alternative;
- salvaguardia dell'ambiente;
- rispetto di norme, leggi e regolamenti vigenti.

Gli impianti dovranno quindi avere elevata affidabilità e disponibilità, o in altre parole bassa probabilità di guasto e, in caso di guasto, capacità di garantire comunque il mantenimento di condizioni minime di esercizio.

Nella valutazione delle soluzioni energeticamente più vantaggiose sono stati presi in considerazione, oltre ai parametri facilmente quantificabili, anche altri fattori di non facile valutazione economica ma di fondamentale importanza per la salvaguardia dell'ambiente. Le soluzioni adottate, che consentono di massimizzare lo sfruttamento dell'energia sono:

- utilizzo di apparecchiature ad elevato rendimento di trasformazione energetica;
- utilizzo di fluidi caldi a bassa temperatura con conseguenti basse dispersioni;

La salvaguardia dell'ambiente è un principio fondamentale della progettazione di impianti ad alto contenuto energetico.



## PROGETTAZIONE PRELIMINARE LINEA TRAMVIARIA – LINEA 4.1

Negli impianti oggetto del presente progetto sono utilizzati, per minimizzare l'impatto ambientale, macchine frigorifere utilizzando gas frigoriferi compatibili con l'ozono atmosferico e ad alto rendimento termodinamico. Inoltre viene sempre garantito il rispetto delle norme vigenti in materia di controllo sull'inquinamento acustico e atmosferico.

Gli impianti sono stati progettati in ogni loro parte e nel loro insieme in conformità alle leggi, norme, prescrizioni, regolamentazioni e raccomandazioni emanate dagli enti, agenti in campo nazionale e locale, preposti dalla legge al controllo e alla sorveglianza della regolarità della loro progettazione ed esecuzione:

Gli impianti al Deposito saranno alimentati da apposita cabina di trasformazione MT/bt prevista nell'ambito della sottostazione elettrica.

Le alimentazioni elettriche all'interno del deposito saranno realizzate con posa interrata e in canalizzazioni a vista; le alimentazioni saranno costituite principalmente con conduttori uni e/o multipolari isolati in gomma EPR e guaina in pvc Rz del tipo butile FG7(O)R. L'isolamento di questi conduttori è del tipo non propagante l'incendio (norme di riferimento CEI 20-22 III).

Per la sorveglianza dei locali tecnologici, dell'area officina e del rimessaggio, è previsto un impianto di rivelazione incendi che utilizza rivelatori di fumo puntiformi e lineari e pulsanti manuali di attivazione allarme.

E' installato un impianto antintrusione e videosorveglianza per il controllo dell'accesso nei vari locali tecnici, normalmente inpresenziati, in maniera permanente e fino a quando non viene identificato tramite lettore di Badge l'accesso di personale autorizzato, ad esempio per operazioni di Manutenzione. L'impianto, gestito da una centrale funzionalmente autonoma ed autoalimentata che si interfaccia con il sistema di supervisione e controllo.

Sarà realizzato un impianto aria compressa a servizio dell'officina di manutenzione e rimessaggio, alimentato da due compressori alternativi a due stadi muniti di impianto di raffreddamento ad aria. L'impianto di aria compressa per le macchine utensili richiede che l'aria fornita ai punti di utilizzo sia nelle migliori condizioni possibili, e cioè pulita, asciutta e con il minimo di perdita di pressione. L'aria introdotta nell'impianto utilizzatore sarà pertanto essiccata e filtrata mediante un refrigeratore ad acqua munito di relativo separatore e scaricatore di condensa, al refrigeratore sarà applicato un termoregolatore che ridurrà al minimo lo spreco di acqua e eviterà sottoraffreddamenti dannosi al funzionamento.

La zona adibita ad uffici sarà dotata di impianto di climatizzazione: allo scopo di realizzare un buon compromesso tra livello di qualità ambientale e costi e' stata scelta, quale tipologia impiantistica, quella di un impianto a fancoils. L'impianto suddetto e' stato scelto per la sua estrema adattabilità, semplicità di funzionamento ed economia di investimento.

Tutta la superficie è protetta da un impianto idraulico a sprinkler e manichette. Le testine, del tipo a bulbo pendent o up-right, sono previste distribuite uniformemente.

L'attività è prevista sia dotata di un adeguato numero di estintori ed è stata prevista l'installazione di un impianto idrico antincendio con idranti UNI45.