

***Relazione tecnica con la descrizione generale della soluzione progettuale dal punto di vista funzionale organizzativo e con la descrizione dei criteri di progetto finalizzati alla sostenibilità ambientale, risparmio ed efficientamento energetico/economico, all'accessibilità, utilizzo, facilità ed economicità di gestione delle soluzioni di progetto; nonché la valutazione del ciclo di vita delle opere.***

## **INDICE**

<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
<b>1 IL PROGETTO DEL NUOVO SISTEMA DI TRAPORTO PUBBLICO</b> .....	<b>5</b>
1.1 Descrizione delle tratte tranviarie .....	5
1.2 Aree Significative, Manufatti Speciali, Nodi Viari, Aree a Verde .....	6
1.3 Le Aree Significative .....	7
1.4 I Nodi Viari .....	8
1.5 I Manufatti Speciali .....	8
<b>2 GEOLOGIA, GEOTECNICA ED IDRAULICA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Assetto geologico .....	8
2.2 Assetto geomorfologico .....	9
2.3 Idrogeologia .....	9
2.4 Caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni .....	9
2.5 Assetto Idrologico - Idraulico .....	10
2.6 Caratteristiche di pericolosità e rischio idrogeologico .....	10
2.6.1 Rischio geomorfologico .....	10
2.6.2 Rischio idraulico .....	11
2.7 Le tratte di progetto: caratteristiche dei terreni e zone critiche .....	11
<b>3 RAPPORTI OPERE TERRENI E PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b> .....	<b>12</b>
3.1 Deposito / Parcheggio sotterraneo Tratta A .....	17
3.2 Ponte Notarbartolo Tratta B .....	17
3.3 Sovrappassi pedonali Tratta C .....	17
3.4 Ponte Oreto Tratta D .....	18
3.5 Deposito ZEN Tratta E .....	18
3.6 Sovrappassi pedonali Tratta E Tratta G .....	18
<b>4 URBANISTICA E VINCOLI</b> .....	<b>19</b>
<b>5 ARCHEOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
5.1 Inquadramento storico del territorio .....	19
5.2 Elenco delle evenienze archeologiche .....	20
5.3 Criteri di valutazione della potenzialità archeologica .....	21
5.4 Valutazione della potenzialità archeologica .....	21
<b>6 CENSIMENTO INTERFERENZE E SOTTOSERVIZI</b> .....	<b>22</b>
6.1 Fasi di lavoro .....	22
6.2 Presentazione dei risultati e loro utilizzo .....	23
<b>7 ARCHITETTURA E PAESAGGIO</b> .....	<b>23</b>
7.1 La città dei bambini .....	23

7.2	Il Verde - (Allegato: Tabella Aree a Verde) .....	23
7.3	Il Manufatti artistici .....	24
7.4	Le livree .....	24
7.5	Interventi di valorizzazione: le Aree Significative .....	25
7.6	Le fermate.....	26
7.7	I Deposito Zen .....	27
7.8	I materiali adottati .....	28
<b>8</b>	<b>TRATTE TRANVIARIE ED INFRASTRUTTURE CIVILI.....</b>	<b>28</b>
8.1	Premessa e normativa di riferimento.....	28
8.2	Sintesi dei dati principali della rete tram.....	29
8.3	Geometria dei tracciati.....	29
8.4	Sezioni Tipo (cfr. TAV. 60) .....	29
8.5	Le Pavimentazioni .....	30
8.6	Sistemi di collettamento e smaltimento delle acque.....	32
8.7	Sistema di pavimentazione permeabile.....	32
8.7.1	Effetti del sistema di pavimentazione permeabile .....	33
8.8	Armamento .....	34
8.9	Il rotabile (compatibilità con tratte esistenti e future).....	34
<b>9</b>	<b>OPERE D'ARTE: MANUFATTI SPECIALI .....</b>	<b>35</b>
9.1	AM1: Deposito / parcheggio interrato .....	35
9.2	BM1: Viadotto Notarbartolo .....	36
9.3	CM1, CM2: Sovrappassi pedonali V.le Regione .....	36
9.4	CM3: Sovrappasso pedonale Via Ernesto Basile.....	37
9.5	DM1: Ponte Oreto.....	37
9.6	EM1: Sovrappasso pedonale Velodromo.....	38
9.7	EM2: Deposito ZEN .....	38
9.8	GM1: Sovrappasso pedonale Conca D'Oro .....	39
9.9	Opere d'arte minori: canali e opere di sostegno.....	39
<b>10</b>	<b>ACCESSIBILITA', FRUIBILITA' E SICUREZZA .....</b>	<b>40</b>
10.1	Accessibilità dell'infrastruttura .....	40
10.2	Sicurezza dell'infrastruttura .....	41
10.3	Garanzia di fruibilità e continuità dell'infrastruttura.....	42
<b>11</b>	<b>IMPIANTI.....</b>	<b>42</b>
11.1	Trazione elettrica .....	42
11.2	Il sistema di controllo e di sicurezza dell'esercizio .....	43
11.3	Impianti luce e FM .....	44
11.4	Impianti Deposito.....	44
11.5	Impianti di Supervisione e controllo.....	45

<b>12</b>	<b>SICUREZZA E CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>45</b>
12.1	Il Sistema Appitrack di Alstom per la posa delle piste.....	45
12.2	Lo studio di cantierizzazione delle Tratte A, B, C.....	46
12.3	Interferenze con sottoservizi non segnalati .....	48
<b>13</b>	<b>PIANO GESTIONE MATERIE .....</b>	<b>48</b>
<b>14</b>	<b>ESPROPRI: QUANTIFICAZIONE PRELIMINARE .....</b>	<b>49</b>
<b>15</b>	<b>LCA: CICLO DI VITA DELL'INFRASTRUTTURA E DEI ROTABILI .....</b>	<b>50</b>

## **PREMESSA**

Nella presente **Relazione Tecnica** si descrive il progetto delle nuove tratte tranviarie della città di Palermo. Oltre agli aspetti connessi alle **scelte infrastrutturali e trasportistiche**, correlate ai tracciati delle **tratte** e ai **depositi**, vengono descritte le principali **opere civili** (es. *manufatti speciali*), gli **impianti tecnologici** (es. *sistemi di alimentazione dei rotabili*) e le aree più significative in termini di rigenerazione urbana, paesaggistica e di valorizzazione del contesto esistente, anche mediante installazioni artistiche. A questo proposito è utile evidenziare che la realizzazione della nuova rete tranviaria di Palermo rappresenta l'occasione per attuare concretamente diversi **interventi connessi**, in primo luogo, all'integrazione tra le diverse modalità di trasporto presenti (o in corso di realizzazione) nella città di Palermo, in accordo ai più moderni criteri della "smart mobility" e della *sostenibilità ambientale*. Inoltre, sono state recepite le previsioni degli strumenti urbanistici e alcune delle più interessanti proposte in tema di "**mobilità dolce**" (es. percorsi pedonali e ciclo-pedonali) avanzate da Associazioni di categoria (es. FIAB), riferendosi sempre alle condizioni funzionali ed operative della rete viaria cittadina (attuali e tendenziali) desunte, oltre che dal vigente **PGTU**, mediante rilievi geometrici e di traffico *ad hoc*, eseguiti durante lo svolgimento delle attività progettuali.

Le scelte tecniche sono state compiute contemperando molteplici esigenze – in taluni casi tra loro contrastanti – tra le quali si annoverano anche quelle legate ai **vincoli urbanistici** ed alle problematiche connesse con gli **aspetti geologici, geotecnici e idraulici** propri delle vaste aree di incidenza delle nuove infrastrutture tranviarie. Si è posta, poi, particolare attenzione allo studio delle attività di **cantiere**, ritenendo di avere individuato una tecnologia costruttiva in grado di velocizzare significativamente la costruzione delle opere civili (e soprattutto della sovrastruttura tranviaria) limitando, in tal modo, l'impatto negativo che dette attività inevitabilmente determineranno sulla città e sui suoi abitanti.

## **1 IL PROGETTO DEL NUOVO SISTEMA DI TRAPORTO PUBBLICO**

### **1.1 DESCRIZIONE DELLE TRATTE TRANVIARIE**

L'intervento oggetto del presente Studio di Fattibilità Tecnica Economica (SdFTE) costituisce l'**ampliamento delle linee tram** già in esercizio nella città di Palermo. Nello specifico, sulla base delle indicazioni presenti nello SdF dell'Amministrazione Comunale (AC) ed a seguito delle motivazioni ed indicazioni della Commissione fornite ai concorrenti, sono state progettate le nuove sette tratte (A, B, C, D, E, F, G) tranviarie riportate nella planimetria posta a base concorso denominata: "*Rete Tramviaria Palermo, Tracciati condivisi dalla Commissione per il progetto di fattibilità tecnico economico*". Sinteticamente, i percorsi delle tratte della suddetta planimetria risultano i seguenti:

**Tratta A** : Via Balsamo – Piazza Giulio Cesare – Via Roma – Via Puglisi Bertolino (unico binario direzione Nord) – Via Marchese di Villabianca (unico binario direzione Nord) – Via Marchese di Roccaforte (unico binario direzione Nord) – Piazza Leoni (unico binario direzione Nord) – Viale del Fante (unico binario direzione Nord) – Via Alcide De Gasperi (unico binario direzione Nord) – Viale Croce Rossa (unico binario direzione Sud) – Via Libertà (unico binario direzione Sud) – Via Ruggero Settimo (unico binario direzione Sud) – Via Cavour (unico binario direzione Sud) – Via Roma – Piazza Giulio Cesare – Via Balsamo.

**Tratta B** : Stazione Notarbartolo – Via Notarbartolo – Via Duca della Verdura.

**Tratta C** : Viale Regione Siciliana (Calatafimi) – Via Ernesto Basile – Stazione Orleans – Corso Tukory – Piazza Giulio Cesare – Via Balsamo.

**Tratta D** : Stazione Orleans – Via Lodato – Via Carmelo Lazzaro – Via Ernesto Tricomi –Attraversamento fiume Oreto – Via Villagrazia – Via San Filippo – Via Carlo Perrier – Via del Levriere (unico binario) – Via dell'Antilope (unico binario) – Via dell'Ermellino (unico binario).

**Tratta E :** Viale Croce Rossa – Viale Strasburgo – Via Lanza di Scalea – Via Luigi Einaudi – Via Patti – Via Senocrate di Agrigento – Viale Sandro Pertini – Viale dell’Olimpo – Piazza Castelforte - Viale Venere (unico binario) – Viale Margherita di Savoia (unico binario) – Viale Regina Elena (unico binario) – Via Mondello (unico binario) – Via Palinuro (unico binario) – Via Ascanio (unico binario) – Viale Galatea (unico binario) – Via Mattei (prolungamento) (unico binario) – Piazza Castelforte - Viale dell’Olimpo.

**Tratta F :** Via Balsamo – Via Lincoln – Foro Umberto I – Via Francesco Crispi – Via Duca della Verdura.

**Tratta G :** Via Lanza di Scalea – Via Nicoletti – Via Sferracavallo – Via del Cedro – Via Palazzotto.

Le **principali caratteristiche** delle tratte tranviarie, interamente progettate e di cui è nota la geometria (cfr. TAVV. 17-33 – Planimetrie e TAVV. 51-59 – Profili longitudinali), possono sintetizzarsi nella seguente tabella che fornisce oltre agli sviluppi complessivi, il numero di fermate per singola tratta, la **tipologia di sede** (binario singolo o binario doppio), il **sistema di trazione** (“con catenaria” o “senza catenaria”):

TRATTA	SVILUPPI, TIPOLOGIA DI SEDE e SISTEMA DI TRAZIONE					
	Lunghezza totale A/R	Fermate	Sede con Binario		Tecnologia di trazione	
Nome	[Km]	[Numero]	Singolo	Doppio	Catenary	Catenary Free
A	12,37	30	12,37	-	-	12,37
B	1,86	4	-	1,86	-	1,86
C	9,11	21	6,98	2,13	3,68	5,43
D	8,98	19	2,68	6,30	8,98	-
E	19,55	45	5,66	13,89	8,11	11,43
F	9,20	22	3,72	5,48	0,00	9,20
G	7,26	15	2,46	4,80	7,26	0,00
<b>TOTALE</b>	<b>68,32</b>	<b>156</b>	<b>33,86</b>	<b>34,47</b>	<b>28,03</b>	<b>40,29</b>

L'intera rete è costituita oltre che dalle 7 tratte tranviarie da n. 2 depositi “Stadio” e “Zen”, rispettivamente in grado di accogliere n. 11 e 24 rotabili. Il deposito Stadio sarà prevalentemente adibito a rimessaggio, capace di ospitare 11 rotabili previsti sulle linee in esercizio. In uno con il deposito, è prevista la realizzazione di un parcheggio sotterraneo circa 600 posti auto, di cui **n. 426 a rotazione** con una **tariffa oraria di 1,50 €** e **n. 174 box chiusi** da vendere o affittare.

Il “**Deposito Zen**” sarà in grado di accogliere n. 24 rotabili ed avrà sostanzialmente le medesime caratteristiche del deposito Roccella a meno di alcune dotazioni speciali (vernicheria, etc).

Il nuovo “Deposito ZEN” si compone di tre edifici principali: il primo destinato al **rimessaggio**, il secondo destinato all'**officina**, il terzo identificato come **edificio servizi**; l'area di **lavaggio** è stata prevista nelle aree del piazzale **esterno**. All'ingresso è presente un piccolo edificio dotato di **guardiania**, ufficio **movimento** e **sala controllo**; infine vi è un ulteriore edificio dedicato ad accogliere la SSE del deposito stesso. Una più ampia trattazione riguardante anche la genesi dei due depositi e le scelte legate al dimensionamento e posizionamento è riportata nell'elaborato “R1 - Relazione illustrativa delle ragioni della soluzione proposta e motivazione delle scelte trasportistiche, architettoniche, di mobilità urbana e tecniche di progetto”. La dotazione strutturale ed impiantistica di entrambi i depositi è riportata nel successivo Cap. 9 “Manufatti speciali”.

## **1.2 AREE SIGNIFICATIVE, MANUFATTI SPECIALI, NODI VIARI, AREE A VERDE**

La progettazione dell'intero sistema di trasporto ha **condotto**, attraverso l'introduzione della nuova sede tranviaria nel contesto urbanizzato ed in particolare in corrispondenza delle sedi stradali esistenti o dei tratti di nuova realizzazione, alla individuazione di **quattro macro gruppi di interventi** identificabili nelle seguenti **entità di progetto**:

**Aree Significative** (ASi, BSi, CSi, ...): interventi di valorizzazione del contesto esistente che consistono in vere e proprie operazioni di rigenerazione urbana che coinvolgono ad ampio spettro i temi della mobilità urbana, dell'architettura, del paesaggio e del verde con interventi mirati alla riorganizzazione del traffico veicolare, alla rivisitazione della sede stradale, alla progettazione dei percorsi pedonali, all'introduzione di piste ciclabili, di traffic calming, al progetto del verde, senza trascurare aspetti legati alla scelta dei materiali, tutti elementi per garantire il miglioramento degli spazi urbani.

**Manufatti Speciali** (Ami, BMi, CMi, ...): si tratta sostanzialmente delle opere d'arte maggiori, ovvero di ponti, viadotti, sovrappassi pedonali, depositi tram, cunicoli sottoservizi; cabine di trasformazione, manufatti artistici, etc. che è stato necessario prevedere nel progetto per l'introduzione del sistema tram all'interno della città di Palermo.

**Nodi Viari** (AVi, BVi, CVi, ...): sono tutti quei nodi viari di maggiore rilievo interessati dall'introduzione della nuova sede tranviaria che hanno richiesto la rivisitazione della geometria stradale e più in generale della riprogettazione o l'introduzione nuove soluzioni (intersezioni, rotatorie, traffic calming etc.) anche per la sola introduzione del sistema di segnalamento e della nuova regolazione semaforica con priorità al tram.

**Aree a Verde** (AVRi, BVRi, CVRi, ...): sono tutte quelle aree interessate dal percorso delle tratte tranviarie in cui sono stati introdotti interventi di progetto riguardanti la rinaturalizzazione, l'introduzione e/o l'integrazione di aree a verde. Gli interventi, progettati con riferimento alle indicazioni del PRG, sono finalizzati al miglioramento ed alla creazione di corridoi ecologici del sistema del verde finalizzato all'aumento del grado di biodiversità (*incremento dei rifugi per la fauna, diversità biologica*).

La tabella seguente riporta una **sintesi** delle **principali entità** che caratterizzano il progetto del nuovo sistema tram di Palermo.

TRATTA	Entità di Progetto			
	Aree Significative	Aree a Verde	Manufatti Speciali	Nodi Viari
Nome	[Numero]	[Numero]	[Numero]	[Numero]
A	4	6	1	6
B	1	1	1	2
C	2	2	3	2
D	2	2	1	5
E	4	7	2	11
F	2	1	0	3
G	3	3	1	3
<b>TOTALE</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>32</b>

### 1.3 LE AREE SIGNIFICATIVE

Si riporta di seguito l'elenco delle aree significative oggetto di rigenerazione urbana per le quali si rimanda, per una più ampia trattazione, alla relazione R1 ed al Capitolo 7 della presente relazione dedicato all'Architettura.

TRATTA	ID	UBICAZIONE GEOGRAFICA	SUPERFICIE	COSTO
A	AS1	Via Balsamo / Stazione Centrale	32.298 m <sup>2</sup>	€ 968.940,00
	AS2	Via Libertà: Piazza Croci / Piazza Castelnuovo		
	AS3	Piazza Giovanni Paolo II / De Gasperi		
	AS4	Piazza Don Luigi Sturzo		
	AS5	Piazza Don Bosco		
B	BS1	Stazione Notarbartolo	11.637 m <sup>2</sup>	€ 349.110,00
C	CS1	Parcheeggio Basile / Via Ernesto Basile	18.220 m <sup>2</sup>	€ 546.600,00
	CS2	Nodo Brasa, Via Gaetano Lodato		

**BANDO DI CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE, CON PROCEDURA APERTA, PER LA PROGETTAZIONE DEL "SISTEMA TRAM PALERMO - FASE II" PROGETTO GENERALE E PROGETTO I° STRALCIO**

D	DS2	Base Ponte su fiume Oreto / fine via Li Bassi	84.833 m <sup>2</sup>	€ 2.544.990,00
E	ES1	Velodromo / Via Lanza di Scalea	27.351 m <sup>2</sup>	€ 820.530,00
	ES2	Via Senocrate da Agrigento		
	ES3	Viale Regina Elena (Mondello) / Via Mondello		
	ES4	Viale Galatea / campo Sportivo Vycpalek		
F	FS1	Foro Italico	7.214 m <sup>2</sup>	€ 216.420,00
	FS2	Via Cavour / Via Crispi		
	FS3	Via Emerico Amari / Fronte porto		
	FS4	Piazza Giachery / Piazza della Pace		
G	GS1	Via Rosario Nicoletti / Via del Cedro	64.810 m <sup>2</sup>	€ 1.944.300,00
	GS2	Via del Cedro / Viale Leone		

#### 1.4 I NODI VIARI

Sono stati ridefiniti e progettati un totale di 31 nodi viari (Avi, BVi, CVi, ...) che comprendono sostanzialmente interventi di adeguamento e progettazione della sede stradale: demolizione e risagomatura di marciapiedi, adeguamento isole di canalizzazione, adattamento di isole centrali di rotatorie esistenti; semaforizzazione e segnalamento, progettazione di nuove intersezioni stradali complete (Tratte B, D, E, F).

#### 1.5 I MANUFATTI SPECIALI

La tipologia delle opere d'arte adottate è ampia e variegata; si riporta di seguito l'elenco dei manufatti speciali progettati per ciascuna tratta (cfr. Cap. 9 di questa relazione, dedicato alle opere d'arte).

TRATTA	ID	DESCRIZIONE	COSTO
A	AM1	Deposito Tram / Parcheggio sotterraneo	€ 7.427.520,00
B	BM1	Ponte su Stazione Notarbartolo	€ 13.120.407,84
C	CM1	Sovrappasso Pedonale Svincolo Calatafimi	€ 667.644,12
	CM2	Sovrappasso Pedonale Via Altofonte	€ 738.230,06
	CM3	Sovrappasso Pedonale Via Basile	€ 407.771,86
D	DM1	Ponte sul fiume Oreto	€ 16.000.000,00
E	EM1	Sovrappasso Pedonale Velodromo	€ 407.771,86
E	EM2	Deposito ZEN	€ 21.346.200,00
F	FM1	Manufatto Artistico	€ 180.000,00
	FM2	Manufatto Artistico	€ 180.000,00
G	GM1	Sovrappasso Pedonale Conca D'oro	€ 407.771,86
	GM2	Manufatto Artistico	€ 180.000,00

## 2 GEOLOGIA, GEOTECNICA ED IDRAULICA

### 2.1 ASSETTO GEOLOGICO

Le sette linee tranviarie attraversano quasi per intero da Sud a Nord la Piana di Palermo. Quest'ultima è impostata su un'ampia depressione morfo-strutturale colmata con **calcarenitico-sabbiosi** quaternari giacenti su un **basamento argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico** e in alcune ristrette **zone carbonatico mesozoico**.

## 2.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

I tracciati delle linee tranviarie si sviluppano su un'area ad andamento pressoché sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità, la cui continuità morfologica viene interrotta dall'incisione del **F. Oreto**. Quest'ultimo scorre nella piana urbanizzata con andamento ondulato e a tratti meandriforme, piuttosto incassato in una valle a fondo piatto delimitata da versanti ripidi. Un elemento geomorfologico che caratterizza in parte alcuni settori dei tracciati tranviari è la presenza di **cavità antropiche** nel sottosuolo. Si tratta di antiche cave di pietra (**muchate**) risalenti al periodo arabo, cavità a imbuto rovescio, pozzi a pianta circolare, quadrata, rettangolare.

## 2.3 IDROGEOLOGIA

Nel territorio palermitano si individuano due acquiferi principali: quello carbonatico, presente lungo le pendici montuose che circondano la Piana, caratterizzato da permeabilità elevata per fessurazione e carsismo; quello calcarenitico-sabbioso, che si estende in quasi tutta la Piana di Palermo, caratterizzato da **permeabilità elevata** per porosità, associata nei livelli fortemente cementati ad una permeabilità per fessurazione. Il substrato argilloso-quarzarenitico, a permeabilità molto bassa o nulla, rappresenta il limite di permeabilità definito per la falda idrica contenuta nei terreni calcarenitico-sabbiosi. Quest'ultima presenta un generale deflusso sotterraneo da Ovest verso Est e mostra profondità variabile da pochi metri in vicinanza della costa a diversi metri nelle parti più interne della Piana. Lungo i tracciati delle tratte tranviarie la **falda idrica** si mantiene quasi sempre al di sotto dei **10 m dal piano stradale**.

## 2.4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E SISMICHE DEI TERRENI

Il Concorrente è in possesso di una **ampia mole di dati geologici**, geotecnici e sismici relativi ad **indagini pregresse** eseguite lungo o in prossimità dei tracciati tranviari di progetto in occasione di precedenti occasioni progettuali. Sulla base di tali conoscenze, correlatamente ai dati riportati in letteratura tecnica, è stata elaborata una sintesi delle **caratteristiche geotecniche** dei terreni interessati dalle opere come di seguito riportato:

**Terreni di riporto** molto eterogenei, costituiti di sabbia, talora limosa, e limo sabbioso, frammisti ad elementi lapidei informi, laterizi e sfabbricidi.  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$   $c' = 0 \div 2 \text{ kPa}$   $\phi' = 25^\circ \div 30^\circ$

**Limi rossi residuali:** più o meno sabbiosi, con sostanza organica e frammentini calcarenitici, poco consistenti  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$   $c' = 0 \div 20 \text{ kPa}$   $\phi' = 23^\circ \div 28^\circ$

**Depositi alluvionali:** costituiti di sabbie limose passanti a zone a limi debolmente sabbiosi con sostanza organica, molto compressibili.  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$   $c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$   $\phi' = 20^\circ \div 25^\circ$

**Terreni calcarenitico-sabbiosi:** comprendenti diversi tipi litologici con caratteristiche meccaniche che variano da quelle dei materiali incoerenti a quelle delle rocce friabili e disgregabili e a quelle delle rocce lapidee compatte. Vi sono identificabili i seguenti litotipi:

*Calcarenite da mediamente a ben cementata*, organogena, a zone vacuolare e *calcarenite nodulare*  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$   $c' = 20 \div 40 \text{ kPa}$   $\phi' = 38^\circ \div 40^\circ$   $\sigma_f = 5 \div 25 \text{ MPa}$

*Sabbia calcarenitica* talora limosa, da mediamente addensata a sciolta, con noduli calcarenitici ben cementati e *calcarenite debolmente cementata*, tenera e friabile

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$   $c' = 0 \div 40 \text{ kPa}$   $\phi' = 35^\circ \div 40^\circ$

**Substrato argilloso-quarzarenitico:** caratterizzato dai seguenti tipi litologici:

*Argilla a scaglie* con giunti striati e lucidi e *argilliti e siltiti* a scaglie prismatiche, da dure e compatte a lapidee molto fratturate, fragili e fissili  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$   $c' = 20 \div 50 \text{ kPa}$   $\phi' = 24^\circ \div 32^\circ$

*Quarzarenite* e *quarzosiltite* ben cementate, in strati e banchi, molto fratturate ed interessate da discontinuità generalmente sub-verticali o a  $45^\circ$ , con superfici piane.  $\sigma_f = 30 \div 100 \text{ MPa}$

**Rocce carbonatiche:** costituite di calcari e calcari dolomitici in strati e banchi o massivi, intensamente fratturati e giuntati, talora milonitizzati. La resistenza a compressione semplice della roccia integra può variare da alcune decine di MPa a circa 100 MPa.

Riguardo alla **caratterizzazione sismica** i dati disponibili derivanti da prove sismiche in foro tipo down-hole, evidenziano che il comportamento di terreni afferenti ad una stessa classe litologica e sottoposti a sollecitazione sismica non risulta uniforme, in relazione alla notevole variabilità litologica che caratterizza i terreni del sottosuolo di Palermo in termini di granulometria, di addensamento, di cementazione, di , etc. Di seguito i range di valori riscontrati:

*Terreni di riporto:* da un minimo di circa 350 m/s Vp e 150 m/s Vs ad un massimo di 1000 m/s Vp e 400 m/s Vs.

*Terreni calcarenitico-sabbiosi:* le velocità Vp e Vs registrate rientrano in un range compreso tra circa 700 - 2300 m/s Vp e 400 - 1100 m/s Vs.

*Terreni argilloso-quarzarenitici:* il range di valori riscontrati varia tra 900 - 2100 m/s Vp e 300 - 1000 m/s Vs.

## **2.5 ASSETTO IDROLOGICO - IDRAULICO**

I tracciati delle sette nuove tratte tranviarie interessano ampi settori del territorio comunale e comportano **interferenze** con **numerosi collettori** principali della rete fognaria. Ulteriori rilevanti interferenze sono quelle con i **canali** che si sviluppano in ambito urbano e che sono il risultato di interventi di regolarizzazione, deviazione e tombatura di linee di deflusso naturali, nonché quella con il fiume Oreto. Nelle **TAVV. 51-59** allegate al presente progetto si dà in dettaglio evidenza di queste interferenze, la cui analisi ai fini della risoluzione deve essere oggetto di specifiche indagini e valutazioni di carattere essenzialmente idraulico, volte a verificare la compatibilità degli interventi previsti in progetto con l'assetto locale delle opere idrauliche esistenti.

## **2.6 CARATTERISTICHE DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDROGEOLOGICO**

### **2.6.1 Rischio geomorfologico**

Le **cavità antropiche** presenti nel sottosuolo possono rappresentare una condizione di **criticità** in relazione ad eventuali problematiche di stabilità derivanti dai continui processi evolutivi ipogei o connesse a fenomeni indotti dalla realizzazione dei lavori per effetto della modifica degli stati tensionali preesistenti. In assenza di informazioni puntuali sulle cavità esistenti, nell' ambito dell' "Aggiornamento del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico" le aree indiziate per la presenza di cavità ipogee sono state classificate quali "**siti di attenzione**", e in tali aree gli eventuali interventi devono essere preceduti da **adeguate approfondite indagini**. La problematica deve essere attenzionata perché il rischio di sprofondamento della sede stradale esiste ed è concreto, tenuto conto che si sono verificati almeno otto casi di sprofondamento stradale in alcune aree urbane della città negli ultimi 40 anni.

Nell'area del **deposito/parcheggio** sotterraneo della tratta A, trattandosi di un'area di limitata estensione è stato previsto di eseguire in fase di progettazione una estesa indagine **geoelettrica tomografica 3D** per la ricerca di vuoti ipogei, su cui, eventualmente, procedere con più dettagliate indagini e analisi onde prevedere in progetto adeguati interventi di **messa in sicurezza**. Dovendo affrontare, invece, aree in cui si hanno indizi di presenza di cavità per diversi chilometri lungo le linee e non ritenendo economicamente e tecnicamente sostenibile una indagine preliminare estensiva di tipo geofisico, si è valutato di demandare la verifica della presenza di vuoti ipogei lungo linea alla fase di realizzazione dell'opera, una volta effettuati gli sbancamenti per la messa in opera della piastra di fondazione. Come già fatto per altre realizzazioni di opere in situazioni analoghe, si potranno effettuare lungo linea dei **fori di piccolissimo diametro**, lunghi 5 m ad interasse 10 m e nel caso di rinvenimento di vuoti si potrà riesplorare il foro relativo per una **video**

**ispezione** per poi provvedere ad adeguate indagini ed analisi per la progettazione degli interventi di messa in sicurezza.

### **2.6.2 Rischio idraulico**

I tracciati delle tratte in progetto interessano due tra le aree in cui, secondo il Piano per l'Assetto Idrogeologico, ricade il territorio del Comune di Palermo: **Bacino idrografico del Fiume Oreto (039)<sup>1</sup>, Area territoriale tra il bacino del Fiume Oreto e Punta Raisi (040)**. In particolare, si rilevano esclusivamente interferenze riguardanti "siti di attenzione", per le quali le Norme di Attuazione del P.A.I. rinviano a successive approfondite indagini di carattere idrologico-idraulico per la definizione della effettiva sussistenza, in ciascun ambito esaminato, di pericolosità idrauliche e quindi di eventuali rischi dello stesso tipo.

## **2.7 LE TRATTE DI PROGETTO: CARATTERISTICHE DEI TERRENI E ZONE CRITICHE**

**Tratta A:** Si sviluppa prevalentemente su terreni calcarenitico sabbiosi ricoperti da terreni di riporto di spessore dell'ordine 0.5-3.00 m. Nel tratto tra Via Divisi e Piazza S. Domenico sono presenti terreni di riporto con spessore di diversi metri a copertura dei terreni alluvionali limoso-sabbiosi dei paleoalvei ritombati Kemonia e Papireto. Il tratto tra Via Turati/Dante e il terminal Via De Gasperi rientra in un sito di attenzione per presenza di cavità ipogee previsto nel PAI.

**Tratta B:** Si sviluppa prevalentemente su terreni calcarenitico-sabbiosi ricoperti da terreni di riporto di spessore dell'ordine 0.5-3.00 m. Il tratto tra Via P. Mattarella e Via Libertà rientra in un sito di attenzione per presenza di cavità ipogee previsto nel PAI.

**Tratta C:** Si sviluppa prevalentemente su terreni calcarenitico sabbiosi ricoperti da terreni di riporto di spessore medio dell'ordine 1.00-2.00 m. e più elevato, dell'ordine di alcuni metri, in Via Re Ruggero-Corso Tukory, in corrispondenza del Canale del Maltempo ricolmato. Il tratto Via Re Ruggero-Stazione Centrale rientra in un sito di attenzione per presenza di cavità ipogee previsto nel PAI. Ad inizio tratta, zona Corso Calatafimi, la linea è vicina ad un'area classificata nel PAI come sito di attenzione per la presenza di cavità ipogee e si ha notizia che, con qualche sondaggio eseguito lungo la Circonvallazione in zona Villa Tasca, sia stata rinvenuta qualche cavità ad una profondità di circa 2 m dal piano stradale.

**Tratta D:** Si sviluppa prevalentemente su terreni calcarenitico-sabbiosi ricoperti da terreni di riporto di spessore variabile tra 1.00-6.00 m; sono presenti depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi nel fondovalle del F. Oreto. Il tratto Corso Tukory-Via Li Bassi rientra in un sito di attenzione per presenza di cavità ipogee previsto nel PAI.

**Tratta E:** Si sviluppa prevalentemente su terreni calcarenitico-sabbiosi ricoperti da terreni di riporto di spessore variabile tra 0.50-1.50 m; nella zona di Mondello i terreni di riporto ricoprono depositi limoso-sabbiosi palustri e depositi sabbiosi di spiaggia o dunali. Il tratto tra Via Gran Bretagna e Piazza Alcide De Gasperi rientra in un sito di attenzione per presenza di cavità ipogee previsto nel PAI.

**Tratta F:** Si sviluppa prevalentemente su terreni calcarenitico - sabbiosi ricoperti da terreni di riporto; lungo la Via Cala e per un breve tratto della Via Crispi, in corrispondenza del Molo S. Lucia, si rinvengono terreni di riporto a copertura dei depositi alluvionali limoso-sabbiosi dei corsi d'acqua ritombati. Lo spessore dei terreni di riporto varia tra 1.00 ed oltre 8.00 m in relazione alle profonde modificazioni antropiche attuate in area costiera. Il tratto tra Via Scinà e Via M. di Villabianca rientra in un sito di attenzione per presenza di cavità ipogee previsto nel PAI.

---

<sup>1</sup> La numerazione che si riporta è quella assegnata nel P.A.I. alle unità idrografiche in cui è stato suddiviso l'intero territorio siciliano.

**Tratta G:** Si sviluppa prevalentemente su terreni calcarenitico-sabbiosi ricoperti da terreni di riporto di spessore variabile tra 0.70-1.50 m; nel tratto tra il bivio di immissione alla A29-Via del Cedro ed il tratto terminale di Via Palazzotto e per un breve tratto di Via Lanza di Scalea in prossimità di Villa Raffo sono presenti calcari dolomitici fratturati e milonitizzati; nella Borgata Sferracavallo, per un breve tratto tra Via del Cedro e parte di Via Palazzotto, sono presenti argilliti a scaglie e siltiti grigie fissili. La tratta non è interessata da situazioni di criticità degne di nota.

### **3 RAPPORTI OPERE TERRENI E PROBLEMATICHE GEOTECNICHE**

Nel presente capitolo vengono individuate le problematiche geotecniche in rapporto alle opere da realizzare, siano esse tratte tranviarie di superficie, opere d'arte quali depositi, ponti, sovrappassi pedonali etc. in dettaglio, per ogni opera, in funzione:

1. del volume significativo dell'opera;
2. dei dati geologico - tecnici a disposizione;
3. del modello geologico e geotecnico in relazione alle condizioni idrogeologiche, geologiche e geomorfologiche, alla caratterizzazione geomeccanica dei litotipi presenti in termini parametri geotecnici di resistenza e deformabilità, ai rapporti stratigrafici;
4. della caratterizzazione sismica dell'area in oggetto in termini di pericolosità sismica di base (posizione sito, vita nominale e classe d'uso dell'opera), delle possibili amplificazioni stratigrafiche (categoria di sottosuolo tipo A, B, C, D, E S1-S2) e topografiche (categoria T1-T2-T3-T4);
5. alle verifiche di sicurezza e delle prestazioni in funzione degli stati limite geotecnici, strutturali ed idraulici considerati (GEO, STR STAB, EQU, UPL, HYD), ultimi (SLU) e di esercizio (SLE) in condizioni statiche e sismiche (SLV), in rapporto alle azioni di carico;
6. delle condizioni al contorno, quali opere o edifici esistenti adiacenti o nella zona d'influenza dove sono ubicate fasi di scavo per la realizzazione dell'opera.

Sono state definite le opere geotecniche necessarie in termini di scelta delle tipologie fondali superficiali e/o profonde, opere provvisorie degli scavi quali berlinesi di micropali, paratie provvisorie, consolidamento dei terreni il tutto nel miglior rapporto costi benefici. Le caratteristiche fisico meccaniche dei litotipi presenti lungo l'intera rete sono riassunte nella tabella seguente. Le stesse verranno specializzate in funzione della Tratta e dei manufatti speciali.

<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO</b>										
<b>LITOLOGIE</b>		<b>CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE</b>								
<b>Descrizione Litologia</b>	<b>H<sub>Soil</sub> [m]</b>	<b>γ [kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b>wn [-]</b>	<b>wp - wl [-]</b>		<b>E - E<sub>ED</sub> [MPa]</b>		<b>c' [KPa]</b>	<b>φ [°]</b>	<b>K [cm/s]</b>
Terreni di riporto	1-2 6-8	17-18	-	-	-	-	-	-	30	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-2</sup>
Terreni di copertura	-	18-19	0.38 0.50	0.20 0.24	0.43 0.54		1.5 6.0	0	26 30	-
Terreni del complesso calcarenitico-sabbioso quaternario	-	22-23	-	-	-	100-5000		-	45	10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-4</sup>
Substrato argilloso - marnoso	-	20-22	0.07 0.23	0.14 0.23	0.27 0.54	>10.0		20-50	24 32	-
Complesso carbonatico mesozoico	-	27	-	-	-	>100.0			37-48	-

#### **CARATTERISTICHE SISMICHE**

Il territorio comunale di Palermo risulta incluso nell'elenco dei Comuni classificati sismici in Zona 2 di cui alla Delib. G.R. n. 408 del 19/12/2003, di recepimento ed attuazione dell'Ord. P.C.M. n. 3274 del

20/03/2003. Analizzando i risultati delle prove sismiche Down-Hole è possibile, in maniera quasi inequivocabile, differenziare il comportamento sismico dei terreni di riporto, pur con una loro variabilità interna, dal bedrock roccioso, sia esso costituito dal complesso calcarenitico-sabbioso o dal complesso argilloso-marnoso-quarzarenitico. Il range di valori riscontrati varia, infatti, da un minimo di circa 350 m/s Vp e 150 m/s Vs ad un massimo di 1000 m/s Vp e 400 m/s Vs. Per quanto riguarda i terreni afferenti al complesso calcarenitico-sabbioso CL, le velocità Vp e Vs registrate rientrano in un range compreso tra circa 700 - 2300 m/s Vp e 400 - 1100 m/s Vs. I valori di velocità sismica riguardanti le calcareniti cementate poco si discostano da quelli registrati per le sabbie calcarenitiche. Al di sotto dei terreni di cui sopra si riscontrano i terreni argilloso-quarzarenitici del Flysch Numidico. Sulla base dei dati sismici acquisiti è stato possibile caratterizzare sismicamente tali terreni. Il range di valori riscontrati varia tra 900 - 2100 m/s Vp e 300 - 1000 m/s Vs. Ai fini della amplificazione stratigrafica la categoria di sottosuolo misura dal  $V_{S30}$  è variabile da **A( $V_{S30}>800$  m/s)** a **B( $360<V_{S30}<800$  m/s)**. Di seguito si descrivono le **caratteristiche fisico meccaniche dei terreni** coinvolti e le zone critiche per singola tratta tranviaria:

<b>TRATTA TRANVIARIA A</b>	
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	<u>Tratti Via Balsamo-Via Divisi e Piazza S. Domenico-terminal Via Croce Rossa:</u> terreni di riporto (spessore 0.5-3.00 m) su terreni calcarenitico-sabbiosi. <u>Tratto Via Divisi-Piazza S. Domenico:</u> terreni di riporto con spessore di diversi metri su terreni alluvionali limoso-sabbiosi.
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale. Tratto Via Turati/Dante-terminal Via Croce Rossa: area caratterizzata da presenza di cavità antropiche.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto di 5.00-10.00 m dal piano stradale, ad eccezione di Piazza Borsa dove si mantiene a profondità di circa 1.50-2.00 m dal piano stradale.
<b>CRITICITA'- PERICOLOSITA'</b>	Dal PAI: <u>Tratto Via Divisi-Piazza S. Domenico:</u> sito di attenzione per problematiche di natura idraulica. <u>Tratto Via Turati/Dante-terminal Via Croce Rossa:</u> sito di attenzione per presenza di cavità ipogee.
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratte con terreni di riporto sostanziali su terreni alluvionali: in questo caso i carichi trasmessi dalla sovrastruttura tranviaria in condizioni ultime e di esercizio potrebbero creare ridotti margini di sicurezza rispetto al collasso della fondazione per carico limite e cedimenti differenziali non compatibili con la sovrastruttura. In questo caso per i tratti interessati può essere necessario consolidare il terreno con tecniche che ne aumentino la resistenza e deformabilità quali jet-grouting, deep mixing, colonne di ghiaia per una profondità massima di mt 10-12.</li> <li>• Tratta con presenza di cavità antropiche: nel caso in cui venisse riscontrata qualche cavità in vicinanza dello scavo vanno effettuate indagini di caratterizzazione geomeccanica mirata sia per il terreno sovrastante che la cavità. Noto ciò se i carichi trasmessi dalla fondazione al sottosuolo non creano incrementi significativi dello stato tensionale e deformativo della cavità non necessitano interventi opportuni dopo un'analisi di stabilità. In caso contrario la cavità è superficiale o comunque nel volume significativo dell'opera, si può intervenire riempiendo la stessa di materiale opportuno (esempio pompaggio di argilla espansa) se superficiale o consolidare la calotta tramite cunicoli di appoggio per eseguire iniezioni cementizie anche armate e impermeabilizzazione, rinforzi intradossali tramite materiali fibrosi etc.</li> <li>• Tratti con falda idrica superficiale: nel caso di falde idriche superficiali conviene tenere il piano di posa della fondazione al di fuori del livello di</li> </ul>

	<p>oscillazione della stessa, oppure metterlo in falda con opportuni accorgimenti di impermeabilizzazione. Nel caso di falde più profonde la valutazione di pressione neutra indotta dai carichi tranviari può essere assorbita da dreni verticali o pali di ghiaia, in ogni caso bisogna valutare i cedimenti a breve e lungo termine in presenza di fabbricati esistenti o altre infrastrutture, e se necessario intervenire per ridurre i cedimenti indotti.</p> <p>Nell' esecuzione degli scavi in ambiente fortemente urbanizzato e adiacenti ad edifici esistenti si rende necessario o stabilizzare la fondazione in modo da evitare cedimenti durante lo scavo oppure si scava tramite palancole infisse puntonate.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>TRATTA TRANVIARIA B</b>	
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Terreni di riporto (spessore 1.00-3.50 m) su terreni calcarenitico-sabbiosi.
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale. <u>Tratto Via P. Mattarella-Via Libertà:</u> area caratterizzata da presenza di cavità antropiche.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto dei 10.00 m dal piano stradale.
<b>CRITICITA'-PERICOLOSITA'</b>	Dal PAI <u>Tratto Via P. Mattarella-Via Libertà:</u> sito di attenzione per presenza di cavità ipogee.
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tratta con presenza di cavità antropiche: nel caso in cui venisse riscontrata qualche cavità in vicinanza dello scavo ... omissis (<b>come precedente</b>) ... tramite materiali fibrosi etc.</li> </ul> <p>Nell'esecuzione degli scavi in ambiente fortemente urbanizzato e adiacenti ad edifici esistenti si rende necessario o stabilizzare la fondazione in modo da evitare cedimenti durante lo scavo oppure si scava tramite palancole infisse puntonate.</p>

<b>TRATTA TRANVIARIA C</b>	
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Terreni di riporto (spessore 1.00-2.00 m) su terreni calcarenitico-sabbiosi; spessore elevato in Via Re Ruggero/Corso Tukory in corrispondenza del Canale del Maltempo ricolmato.
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale. <u>Tratto Via Re Ruggero - Stazione Centrale:</u> area caratterizzata da presenza di cavità antropiche.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto dei 10.00 m circa dal piano stradale.
<b>CRITICITA'-PERICOLOSITA'</b>	Dal PAI <u>Tratto Via Re Ruggero-Stazione Centrale:</u> sito di attenzione per presenza di cavità ipogee; ad inizio tratta, zona Corso Calatafimi, la linea passa vicina ad un'area classificata nel PAI come sito di attenzione per la presenza di cavità ipogee e si ha notizia che, con qualche sondaggio eseguito lungo la Circonvallazione in zona Villa Tasca, sia stata rinvenuta qualche cavità ad una profondità di circa 2 m dal piano stradale.
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tratta con presenza di cavità antropiche: nel caso in cui venisse riscontrata qualche cavità in vicinanza dello scavo ... omissis (<b>come precedente</b>) ... tramite materiali fibrosi etc.</li> </ul> <p>Nell' esecuzione degli scavi in ambiente fortemente urbanizzato e adiacenti ad edifici esistenti si rende necessario o stabilizzare la fondazione in modo da evitare cedimenti durante lo scavo oppure si scava tramite palancole infisse puntonate.</p>

<b>TRATTA TRANVIARIA D</b>	
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Terreni di riporto (spessore 1.00-6.00 m) su terreni calcarenitico-sabbiosi. Depositi alluvionali nel fondovalle del F. Oreto.
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale. <u>Valle Oreto</u> : valle a fondo piatto con alveo inciso ad andamento sinuoso, delimitata in sinistra da un versante calcarenitico subverticale e in destra da un versante calcarenitico mediamente acclive e gradonato; entrambi i versanti non mostrano segni di dissesto. <u>Tratto Corso Tukory-Via Li Bassi</u> : area caratterizzata da presenza di cavità antropiche.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto dei 10.00 m circa dal piano stradale.
<b>CRITICITA'-PERICOLOSITA'</b>	Dal PAI <u>Tratto Corso Tukory-Via Li Bassi</u> : sito di attenzione per presenza di cavità ipogee.
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratta con presenza di cavità antropiche: nel caso in cui venisse riscontrata qualche cavità in vicinanza dello scavo ... omissis (<b>come precedente</b>) ... tramite materiali fibrosi etc.</li> </ul> <p>Nell'esecuzione degli scavi in ambiente fortemente urbanizzato e adiacenti ad edifici esistenti si rende necessario o stabilizzare la fondazione in modo da evitare cedimenti durante lo scavo oppure si scava tramite palancole infisse puntonate.</p>

<b>TRATTA TRANVIARIA E</b>	
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Terreni di riporto (spessore 0.50-1.50 m) su terreni calcarenitico- sabbiosi. Nella zona di Mondello terreni di riporto su depositi limoso-sabbiosi palustri o su depositi sabbiosi di spiaggia o dunali.
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale. <u>Tratto Via Gran Bretagna-Piazza Alcide De Gasperi</u> : area caratterizzata da presenza di cavità antropiche.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	In genere nessuna: falda idrica sempre ubicata al di sotto di 15.00-25.00m dal piano stradale, ad eccezione della zona di Mondello antistante il litorale, dove la falda si riscontra posizionata a profondità di 1.00-1.50 m dal piano stradale.
<b>CRITICITA'-PERICOLOSITA'</b>	Dal PAI <u>Tratto Via Gran Bretagna-Piazza Alcide De Gasperi</u> : sito di attenzione per presenza di cavità ipogee. Nella zona di Mondello, tratto tra Via Ciane e Piazza Caboto, sito di attenzione per problematiche di natura idraulica
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratta con presenza di cavità antropiche: nel caso in cui venisse riscontrata qualche cavità in vicinanza dello scavo ... omissis (come precedente) ... tramite materiali fibrosi etc.</li> </ul> <p>Nell'esecuzione degli scavi in ambiente fortemente urbanizzato e adiacenti ad edifici esistenti si rende necessario o stabilizzare la fondazione in modo da evitare cedimenti durante lo scavo oppure si scava tramite palancole infisse puntonate.</p>

<b>TRATTA TRANVIARIA F</b>	
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Presenza di terreni di riporto in genere su terreni calcarenitico- sabbiosi; lungo la Via Cala e per un breve tratto della Via Crispi, in corrispondenza del Molo S. Lucia, si rinvengono terreni di riporto a copertura dei depositi alluvionali limoso-sabbiosi dei corsi d'acqua ritombati. Lo spessore dei terreni di riporto varia tra 1.00 ed oltre 8.00 m in relazione alle profonde modificazioni antropiche attuate in area costiera.
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale.

	<u>Tratto Via Scinà-Via M. di Villabianca</u> : area caratterizzata da presenza di cavità antropiche.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	In genere nessuna: falda idrica ubicata al di sotto di 10.00 m dal piano stradale, ad eccezione della zona di Via Crispi dove si riscontra localizzata intorno ai 2.00 m di profondità dal piano stradale.
<b>CRITICITA'-PERICOLOSITA'</b>	Dal PAI <u>Tratto Via Scinà-Via M. di Villabianca</u> : sito di attenzione per presenza di cavità ipogee. <u>Via Cala</u> : sito di attenzione per problematiche di natura idraulica. L'incrocio Via Lincoln/Via Foro Umberto I viene lambito da un'area caratterizzata da pericolosità bassa P1 per fenomeni di esondazione collegati alla vicinanza col tratto prefociale del F. Oreto.
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratte con terreni di riporto sostanziali su terreni alluvionali: in questo caso i carichi trasmessi dalla sovrastruttura tranviaria in condizioni ultime e di esercizio potrebbero creare ridotti margini di sicurezza rispetto al collasso della fondazione per carico limite e cedimenti differenziali non compatibili con la sovrastruttura. In questo caso per i tratti interessati può essere necessario consolidare il terreno con tecniche che ne aumentino la resistenza e deformabilità quali jet-grouting, deep mixing, colonne di ghiaia per una profondità massima di mt 10-12.</li> <li>• Tratta con presenza di cavità antropiche: nel caso in cui venisse riscontrata qualche cavità in vicinanza dello scavo ... omissis (come precedente) ... tramite materiali fibrosi etc.</li> <li>• Trattati con falda idrica superficiale: nel caso di falde idriche superficiali conviene tenere il piano di posa della fondazione al di fuori del livello di oscillazione della stessa, oppure metterlo in falda con opportuni accorgimenti di impermeabilizzazione. Nel caso di falde più profonde la valutazione di pressione neutra indotta dai carichi tranviari può essere assorbita da dreni verticali o pali di ghiaia, in ogni caso bisogna valutare i cedimenti a breve e lungo termine in presenza di fabbricati esistenti o altre infrastrutture e se necessario intervenire per ridurre i cedimenti indotti.</li> </ul> <p>Nell'esecuzione degli scavi in ambiente fortemente urbanizzato e adiacenti ad edifici esistenti si rende necessario o stabilizzare la fondazione in modo da evitare cedimenti durante lo scavo oppure si scava tramite palancole infisse puntonate.</p>

<b>TRATTA TRANVIARIA G</b>	
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	<u>Tratto Via Einaudi-bivio di immissione alla A29</u> : presenza di terreni di riporto (spessore 0.70-1.50 m) su terreni calcarenitico- sabbiosi. <u>Tratto bivio di immissione alla A29-Via del Cedro</u> , tratto terminale di Via <u>Palazzotto e breve tratto di Via Lanza di Scalea</u> in prossimità di Villa Raffo: roccia calcareo-dolomitica bianco-grigiastra fratturata e milonitizzata, ricoperta da sottili coltri di terreno di riporto. Borgata Sferacavallo, per un breve tratto tra Via del Cedro e parte di <u>Via Palazzotto</u> argilliti a scaglie e siltiti grigie fissili ricoperte da una sottile coltre di terreno vegetale o di terreni di riporto.
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto dei 10.00 m circa dal piano stradale.
<b>CRITICITA'-</b>	Assenza di criticità degne di nota

<b>PERICOLOSITA'</b>	
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	Nell'esecuzione degli scavi in ambiente fortemente urbanizzato e adiacenti ad edifici esistenti è necessario stabilizzare la fondazione in modo da evitare cedimenti durante lo scavo oppure si scava tramite palancole infisse puntonate.

### 3.1 DEPOSITO / PARCHEGGIO SOTTERRANEO TRATTA A

<b>MANUFATTI SPECIALI</b>	AM1 Deposito Tram Parcheggio sotterraneo
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Copertura: Terreni di riporto di spessore 1-2 m Formazione di base: Calcareniti variamente cementate e calcareniti nodulari in strati alternati a livelli di sabbie con noduli calcarenitici
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale, caratterizzata da probabile presenza di cavità antropiche ipogee.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto di 10.00 m dal piano stradale
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	Il deposito tram in relazione alle litologie presenti può essere posto su una <b>fondazione superficiale a platea nervata</b> previo rimozione dello strato di riporto. Per la realizzazione del parcheggio sotterraneo si preferisce usare tecnologie di scavo e realizzazione tipo top-down tramite la realizzazione di berlinesi di micropali o pali trivellati lungo il perimetro, pali interni all'opera con funzioni di pilastri, cordolo o travi di coronamento, puntoni provvisori, scavo per realizzazione primo impalcato con ripetizione verso il basso. Alla base si preveda una platea di opportuna rigidezza per limitare il sollevamento del fondo scavo se importante.

### 3.2 PONTE NOTARBARTOLO TRATTA B

<b>MANUFATTI SPECIALI</b>	BM1 Ponte su Stazione Notarbartolo
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Copertura: Terreni di riporto di spessore 1-2 m Formazione di base: Calcareniti variamente cementate e calcareniti nodulari in strati alternati a livelli di sabbie con noduli calcarenitici e sabbia fina limosa
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale caratterizzata dalla grande trincea in cui è realizzata la linea ferroviaria della Stazione Notarbartolo delimitata da muri alti circa 10 m
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto di 10.00 m dal piano stradale
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	Si consiglia visto l'impegno statico e sismico del ponte, di usare spalle con fondazioni di pali e se necessario tiranti. Fondazioni di pile se presenti del tipo plinto su pali o su coronella di pali.

### 3.3 SOVRAPPASSI PEDONALI TRATTA C

<b>MANUFATTI SPECIALI</b>	CM1 CM2 CM3
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Copertura: Terreni di riporto di spessore 1-2 m Formazione di base: Calcareniti variamente cementate e calcareniti nodulari in strati alternati a livelli di sabbie con noduli calcarenitici e sabbia fine
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale.
<b>INTERFERENZA</b>	In genere nessuna: falda idrica sempre ubicata al di sotto di 10.00-25.00m dal

<b>FALDA IDRICA</b>	piano stradale
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	In funzione della luce del sovrappasso con passerelle pedonali si consigliano le fondazioni delle spalle di appoggio fondate su micropali.

### 3.4 PONTE ORETO

### TRATTA D

<b>MANUFATTI SPECIALI</b>	DM1 Ponte sull'Oreto
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Copertura: Terreni di riporto e/o terreno vegetale di spessore 1-2 m Formazione di base: Calcareniti variamente cementate e calcareniti nodulari in strati alternati a livelli di sabbie con noduli calcarenitici
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale. Valle Oreto: valle a fondo piatto con alveo inciso ad andamento sinuoso, delimitata in sinistra da un versante calcarenitico subverticale e in destra da un versante calcarenitico mediamente acclive e gradonato; entrambi i versanti non mostrano segni di dissesto.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Nessuna: falda idrica sempre al di sotto di 10.00 m dal piano stradale
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	Si consiglia visto l'impegno statico e sismico del ponte, di usare spalle con fondazioni di pali e se necessario tiranti. Fondazioni di pile se presenti del tipo plinto su pali. Ancoraggio di corpo morto per cavi nei ponti strallati.

### 3.5 DEPOSITO ZEN

### TRATTA E

<b>MANUFATTI SPECIALI</b>	EM2 Deposito ZEN
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Copertura: Terreni di riporto e/o terreno vegetale di spessore dell'ordine di 1-3 m Formazione di base: Calcareniti variamente cementate e calcareniti nodulari in strati alternati a livelli di sabbie con noduli calcarenitici e sabbia fina limosa
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	Probabile: falda idrica posizionata intorno a 4-8 m circa dal piano campagna; si ha notizia di falda idrica subaffiorante nelle vicinanze in zona Via dell'Olimpo
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	Il deposito tram in relazione alle litologie presenti può essere posto su una fondazione superficiale a platea nervata previo rimozione dello strato di riporto.

### 3.6 SOVRAPPASSI PEDONALI

### TRATTA E

### TRATTA G

<b>MANUFATTI SPECIALI</b>	EM1 - GM1
<b>TERRENI INTERESSATI</b>	Copertura: terreni di riporto e/o terreno vegetale di spessore dell'ordine di 0.50-1.00 m Formazione di base: roccia calcareo-dolomitica bianco-grigiastra fratturata e milonitizzata, in superficie alterata e associata a limi rossi residuali come impregnazione o riempimento di fratture
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	area sub-pianeggiante in buone condizioni di stabilità generale.
<b>INTERFERENZA FALDA IDRICA</b>	In genere nessuna: falda idrica ubicata al di sotto di 10.00 m dal piano stradale,
<b>PROBLEMATICHE GEOTECNICHE</b>	In funzione della luce del sovrappasso con passerelle pedonali si consigliano le fondazioni delle spalle di appoggio fondate su micropali.

## 4 URBANISTICA E VINCOLI

Il **quadro dei vincoli** e delle **destinazioni urbanistiche**, ampiamente descritto nella relazione "R5 - Relazione di analisi del contesto e di inserimento nel territorio" corredata da dati bibliografici su accertamenti ed indagini preliminari che caratterizzano il territorio in esame, fa emergere **criticità** più o meno accentuate per le quali si rimanda per un esame legato alla singola tratta alla relazione sull'analisi del contesto qui richiama.

Tali **criticità discendono** in realtà dallo **strumento urbanistico vigente** e sono determinate sia dalla necessità di prevedere **opere non previste** nello strumento urbanistico ma anche dalla circostanza che talune opere, pur conformi alla zonizzazione del PRG, non sono più immediatamente realizzabili, essendo decaduti i vincoli preordinati all'esproprio di tale strumento. Una corretta politica urbanistica imporrebbe che l'insieme delle nuove opere infrastrutturali previste nel progetto della rete tranviaria venissero inserite all'interno delle previsioni di un nuovo PRG; solo in questo modo infatti si avrebbe garanzia di una reale integrazione tra i diversi sistemi della mobilità urbana e tra le nuove opere e l'assetto urbanistico delle aree interessate dai nuovi tracciati e potrebbe garantirsi l'obiettivo, enunciato nel progetto, di far diventare la realizzazione delle nuove infrastrutture occasione per innescare processi di riqualificazione urbana. Si auspica pertanto che si pervenga al più presto alla adozione del nuovo strumento urbanistico, oggi in via di definizione, nel quale le opere progettate trovino un sistema di coerenze interne ed esterne altrimenti impossibile da garantire. Al di fuori di tale ipotesi, per procedere comunque alla realizzazione delle opere, occorrerà **predisporre una variante urbanistica**, nonché per la realizzazione dei depositi e di varie opere complementari. Si precisa che nella descrizione dei vincoli agenti in ogni singola tratta, per quanto attiene i vincoli discendenti dal P.A.I. si è fatto riferimento alle indicazioni dei P.A.I. attualmente vigenti e non a quelli riportati nel PRG vigente, da considerare del tutto superati. Per una più esaustiva illustrazione delle problematiche emerse su ciascuna tratta si rimanda alla relazione "R5".

## 5 ARCHEOLOGIA

La **verifica preventiva** dell'interesse archeologico, legge 109/2005, ha lo scopo di raccogliere tutte le informazioni utili alla **caratterizzazione archeologica** delle aree e/o territori interessate dalla realizzazione di opere pubbliche. Lo studio è stato svolto secondo le procedure indicate dalla normativa vigente: *verifica dell'esistenza di vincoli archeologici; raccolta e studio della bibliografia archeologica e della cartografia storica; studio della geomorfologia; studio delle fotografie aeree e della toponomastica*. Non si è, invece, potuto procedere con la ricognizione sui luoghi in quanto l'intera area interessata dal progetto ricade in zone densamente urbanizzate. Oltre alla normale attività, con il personale della Soprint. ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05 sezione archeologica, si è verificata l'esistenza di eventuali **rinvenimenti archeologici non ancora editi**. L'elevato numero di siti attestati richiederà un ulteriore approfondimento di quanto già elaborato al fine di una maggiore definizione delle strategie di intervento.

### 5.1 INQUADRAMENTO STORICO DEL TERRITORIO

Le aree interessate dall'opera in oggetto si configurano come lunghe e strette fasce di territorio, ricadenti in zone densamente urbanizzate ma con caratteristiche storiche differenti. I percorsi per la maggior parte della loro estensione ricadono al di fuori del circuito murario cinquecentesco, oltre, cioè, i limiti del "**centro storico**" della città di Palermo sottoposto a tutela specifica dal punto di vista archeologico. Per le altre zone attraversate dai tracciati tranviari, grazie alle recenti indagini condotte dalla Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo UO. 05, sta emergendo un'occupazione diffusa dall'età preistorica sino a quella medievale. In considerazione di quanto sopra esposto, nel censimento delle aree di interesse archeologico, si è tenuto conto sia dell'edito che delle segnalazioni della Soprintendenza. L'**elevato numero di presenze archeologiche** ha indotto ad elencare sinteticamente quelle più prossime ai tracciati dando rilevanza alle nuove acquisizioni; in generale, si sono prediletti gli elementi più utili per la corretta valutazione della potenzialità archeologica.

## **5.2 ELENCO DELLE EVENIENZE ARCHEOLOGICHE**

Nell'elencazione dei siti si è proceduto con una suddivisione in **sei zone affini** dal punto di vista storico/topografico.

### **A) Zona Viale dell'Olimpo – Viale Venere**

L'area considerata è posta a notevole distanza dal centro storico di Palermo, tuttavia sono noti numerosi rinvenimenti; ricadenti lungo il tracciato sono segnalati due siti:

**1A) Viale dell'Olimpo** - Quana - Fonte: Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**2A) Viale Venere** - Sepolture età del rame - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

Vanno inoltre ricordati il complesso delle "Grotte dell'Addaura" posto immediatamente ad Est di Viale Venere e le grotte del Monte Gallo poco più a Nord entrambe le aree sono sottoposte a vincolo archeologico.

**B) Zona Via Crispi - Foro italico Umberto.** Area di grande rilievo archeologico è sicuramente la zona compresa tra via F. Crispi ed il Foro italico Umberto I; in questa zona il tracciato si attesta in prossimità della linea di fortificazioni cinquecentesche, a titolo esplicativo possono citarsi i seguenti siti:

**1B) Foro italico Umberto I, carreggiata Ovest** - Fortificazioni cinquecentesche; Bastione del Tuono e Bastione Vega; età medievale - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**2B) Castello a Mare** - Fortificazioni e necropoli, età medievale.

**3B) Via Guardione** - Rinvenimento di sepolture e strutture età tardo antica e medievale - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**4B) Kalsa** - Diverse sepolture rinvenute su un'ampia area compresa tra l'Oratorio dei Bianchi, Palazzo Abatellis e via Torremuzza; età medievale.

**5B) Piazza Marina** L'intera area di Piazza Marina è interessata da numerosi rinvenimenti legati alle diverse epoche di vita della città.

**6B) Piazzetta Tarzanà** - Strutture di età medievale - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

### **C) Zona Corso Tukory – Via Lincoln**

**1C) Zona Stazione centrale** – Sepolture e strutture di età medievale, fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**2C) Porta Sant'Agata** - Strutture di età medievale - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**3C) Sant'Antonino** - Strutture di età medievale - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**4C) San Giovanni degli eremiti** - Sito Patrimonio Unesco.

**5C) Ex convento dei Benedettini** - Strutture di età medievale - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**6C) Area Via Archirafi – Villa Giulia** – tombe ad inumazione - Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05

### **D) Zona Via Ernesto Basile**

Lungo la via E. Basile si segnalano:

**1D) Via Ernesto Basile** - Rinvenimento di sepolture, Fonte Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo – UO 05.

**2D) Piazza Stazzone** - Toponimo indicante aree di attività artigianali di età medievali

**3D) Fossa della garofala e del torrente Cannizzaro Compresi Parco Ninnì Cassarà, CUS e Città Universitaria** - Tombe a grotti cella, Età preistorica

### **E) Zone Via Roma**

Di notevole interesse è il tratto di via Roma, almeno sino all'incrocio con Via Venezia, è, infatti, l'unica parte del tracciato tranviario ricadente all'interno del circuito murario cinquecentesco; a titolo esplicativo si ricordano i principali siti posti in prossimità dello stesso:

**1E) Santa Caterina** - Fortificazioni e strutture urbane, età punica e medievale.

**2E) Palazzo Bellini** - Fortificazioni e strutture urbane, età punica e medievale.

**3E) Chiesa di San Antonio Abate** – Fortificazioni, età medievale.

**4E) Chiostro di San Domenico** - Strutture di età medievale.

**5E) Piazza Rivoluzione, Palazzo Trigona** - Strutture età medievale – sepolture di età ellenistica.

**6E) Via Garibaldi, Palazzo Ajutamicristo** - Strutture di età medievale.

7E) Angolo Via Roma-Via Divisi (ex Standa) – Tombe a forno.

**F) Zona Viale della Libertà – Viale Belgio**

**1F) Villa Barbera** – Qanat e pozzo – area vincolata.

**2F) Piazza Leoni** – Tombe a pozzetto – Eneolitico medeo.

**3F) Piazza Edison** - C.d. Pozzo Punico – Il sec. d.C.

**4F) Giardino Inglese** – Pozzo, presenza di fossili.

### **5.3 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA**

Per la corretta valutazione del **rischio archeologico** di un determinato territorio il materiale documentale raccolto deve essere inserito nel contesto geomorfologico di riferimento secondo la diacronia e non tralasciando nessun aspetto del rapporto tra uomo ed ambiente. Il grado di rischio è strettamente legato alla presenza nell'area di progetto e nelle sue immediate vicinanze di siti noti. Nel caso in esame, la possibilità di "prevedere" interferenze delle attività di scavo con depositi archeologici è estremamente difficoltosa per due ragioni: da un lato le diverse tratte si snodano al di fuori dell'antica cinta muraria di Palermo e dunque non è possibile avvalersi della conoscenza degli impianti urbanistici antichi; dall'altro gli stessi percorsi si configurano come trincee lunghe e strette.

Nel presente lavoro il grado di rischio archeologico è stato definito secondo tre livelli:

- **BASSO** - aree con scarsa presenza di rinvenimenti archeologici, assenza di toponimi significativi, condizioni geomorfologiche ed ambientali non favorevoli all'occupazione umana, presenze di infrastrutture moderne che già hanno alterato i giacimenti archeologici;

- **MEDIO** - aree con scarsità di siti archeologici noti, ma favorevoli all'insediamento antico, presenza di toponimi significativi, zone in cui la mancanza di rinvenimenti potrebbe essere legata esclusivamente ad una bassa intensità dell'attività di scavo archeologico

- **ALTO** - aree con numerose presenze attestate di siti archeologici, inserite in un contesto di alta intensità di occupazione.

È chiaro, inoltre, che il rischio archeologico è commisurato anche alla profondità raggiunta dalle attività di scavo in progetto.

### **5.4 VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA**

In base alla documentazione raccolta appare evidente una notevole diversità di conoscenza delle diverse parti di territorio interessate dal progetto; la carenza di dati per le aree più distanti dal centro storico di Palermo non è tuttavia da imputare ad assenza di attività umane ma semplicemente alla non conoscenza in aree non caratterizzate da un tessuto urbano ma, come dimostrano le poche attestazioni, sicuramente interessate da un tipo di occupazione extraurbano. Per quanto sopra riportato appare evidente che **nessuna area può essere considerata a rischio archeologico nullo**; le tratte dettagliate al paragrafo 5.2 sono da ritenersi ad **elevato rischio archeologico**; la zona di Via Libertà è stata tuttavia considerata a rischio medio non per l'assenza di attestazioni archeologiche ma perché queste ultime sono di carattere puntuale con limitate estensioni. Le aree limitrofe a quelle a di elevato rischio sono state considerate a rischio medie; a rischio basso possono essere stimate soltanto piccoli tratti del percorso per i quali non sono noti rinvenimenti, in quadro di conoscenze che, tuttavia, ricordiamo è in continuo ampliamento.

## 6 CENSIMENTO INTERFERENZE E SOTTOSERVIZI

La conoscenza dettagliata della posizione dei sottoservizi è indispensabile per progettare il loro spostamento (ove necessario) e per velocizzare la costruzione delle opere. Si prevede, pertanto, la mappatura dei sottoservizi - in ambiente BIM / GIS – da condividere con l'Amministrazione. Quest'ultima potrà sfruttare tali informazioni anche per future integrazioni ed estensioni nelle aree di proprio interesse anche per ottimizzare gli interventi manutentivi.

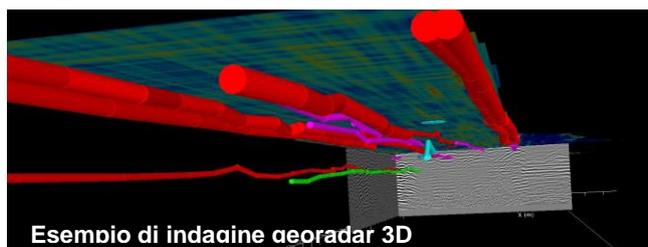
### 6.1 FASI DI LAVORO

Le fasi di lavoro per la mappatura dei sottoservizi sono descritte in dettaglio nell'**elaborato R6** e sono:

- 1) **classificazione dei sottoservizi;**
- 2) **identificazione in campo dei sottoservizi;**
- 3) **indagini di dettaglio per l'individuazione dei sottoservizi e delle cavità sotterranee.**

La **classificazione dei sottoservizi** ed il reperimento presso gli Enti pubblici e privati (AMAP, TERNA, AMG, etc) di tutte le cartografie disponibili per gli impianti a rete è **già stato eseguito** in fase di stesura del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PdFTE). Tutte le informazioni sono state già incorporate in una unica cartografia vettoriale e riportate nei profili longitudinali distinguendo le reti idrica, gas, elettrica ed identificando i sistemi fognario e idrico nonché le loro caratteristiche geometriche; queste reti sono riportate nelle **TAVV. 128-134** inerenti la sicurezza. Inoltre tutti i dati già reperiti sono stati incorporati nel BIM / GIS con contestuale compilazione del "database dei sottoservizi". Il "**database dei sottoservizi**" è infatti collegato alla cartografia numerica in ambiente BIM / GIS e distingue i sottoservizi per tipologia, per profondità e dimensioni. Nello stesso database i sottoservizi vengono classificati per **livello di pericolosità** e per **classi di profondità**. Le classi di pericolosità sono intese come pericolosità per la sicurezza degli operatori e cittadini che percorrono le vie prossime al cantiere. Le classi di profondità sono invece legate alla probabilità del sottoservizio di essere intercettato durante i lavori di realizzazione delle infrastrutture del Tram. Le medesime informazioni riguardanti le interferenze con le reti elettriche, gas e idriche sono state riportate negli elaborati riguardanti la sicurezza ed in particolare sulle tavole 128 – 134 della sicurezza.

L'**identificazione in campo dei sottoservizi** sarà la prima fase di verifica degli stessi e verrà eseguita da operatori dotati di palmari sui quali sarà consultabile il BIM / GIS già elaborato. Tali palmari saranno collegati ad un GPS topografico per la corretta localizzazione sul campo. In particolare sarà verificata in



campo la posizione dei chiusini e delle caditoie e verranno ricercate sul campo le eventuali tracce di scavo o cedimenti della sede stradale riconducibili alla presenza di sottoservizi. Altre squadre dotate di palmari sincronizzati col server centrale verificheranno con gli Enti competenti l'interno dei chiusini caricandone le caratteristiche geometriche su schede interattive collegate al

database centrale. Si prevede di utilizzare georadar **multifrequenza e multiarray** che consentono di individuare i sottoservizi con precisione centimetrica, in maniera molto rapida e generando un modello tridimensionale che è possibile integrare nel BIM / GIS. Inoltre il **sistema multiarray** consente di scansionare rapidamente vaste aree e con il minimo disturbo alla circolazione veicolare in quanto la scansione (eseguita con antenna multiarray) viene effettuata procedendo verso un'unica direzione di avanzamento e, grazie alla particolare disposizione dei dipoli al suo interno, è in grado di ricostruire il modello tridimensionale e le sezioni orizzontali **senza bisogno di eseguire la maglia** di scansioni necessaria invece con il classico georadar. Infine nei casi in cui, con le indagini precedentemente descritte, verranno identificati sottoservizi che non risulta conveniente spostare (per questioni tecniche o burocratiche) ed in quelli in cui gli stessi risulteranno interessati dal bulbo delle tensioni della fondazione del sistema tram, sarà conveniente verificare il loro stato con **videosppezioni** eseguite con telecamere teleguidate che consentiranno di individuare criticità delle tubazioni che potrebbero creare rotture nel breve o lungo termine a causa dei carichi indotti dalle opere da realizzare.

## **6.2 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI E LORO UTILIZZO**

Tutti i risultati saranno integrati nel **BIM / GIS** di progetto e sarà pertanto possibile eseguire l'**intersezione spaziale** della carta della profondità degli scavi di progetto con la cartografia numerica correlata al database dei sottoservizi, generando in maniera rapida ed efficiente una **carta delle interferenze** che consentirà di identificare i sottoservizi sui quali intervenire.

## **7 ARCHITETTURA E PAESAGGIO**

L'interpretazione progettuale di una infrastruttura di trasporto è quella che guarda all'infrastruttura, non solo come una occasione confinata agli aspetti funzionali, ma come un'opera che permetta anche una **interpretazione** delle **componenti** del progetto di **architettura** e di **paesaggio**. Queste componenti sono poste su un piano di importanza condivisa, utili a dichiarare le intenzioni del progetto alla più ampia scala possibile. La componente architettonica e paesaggistica entrano quindi a far parte degli scenari del progetto di infrastruttura, connotandolo con materiali e soluzioni specifiche che hanno la finalità di arricchire la soluzione tecnologico-transportistica in chiave di un vero e proprio processo di rigenerazione urbana. Si propone, per questa offerta, un progetto urbano di architettura e paesaggio con una visione integrata, una specifica attenzione alle soluzioni e ai materiali proposti, una costante attenzione al rapporto tra infrastruttura e utenza (n particolare pedoni e ciclisti). Si e' posta attenzione, quindi, ai **percorsi** e agli **attraversamenti**, all'integrazione con la **mobilità dolce**, alla **sosta** in aree dedicate e specificatamente attrezzate, alla integrazione con i sistemi di **verde**. Oltre le opere dei manufatti speciali, sono state progettate nuove strutture di attraversamento, integrate con il paesaggio esistente e nuovo; sono stati progettati **sovrappassi pedonali specifici** e dotazioni di attrezzature e spazi aperti che si integrano con i luoghi selezionati per gli approfondimenti progettuali. Si è fatto inoltre ricorso a **integrazioni artistiche** per dare maggior valore a luoghi nuovi o "antichi". Si e' lavorato con le **specie vegetali**, operando una mappatura puntuale delle aree verdi esistenti e di nuova realizzazione, costruendo un abaco delle specie reperite in situ e di quelle che si possono integrare, con una attenzione specifica alla facilità di impianto e alla gestione successiva. Un ulteriore aspetto riguarda la cosiddetta "**Città dei Bambini**", luogo fisico e al contempo immaginario, una strategia oltre che una rete, una dichiarazione di luoghi e metodi che integrano l'infrastruttura con spazi dedicati, ma che soprattutto sia un "veicolo" per la crescita dei piccoli adulti.

### **7.1 LA CITTÀ DEI BAMBINI**

In un'epoca in cui il mondo dell'infanzia viene preso in considerazione come mai in precedenza e sviscerato in ogni suo risvolto, ci troviamo di fronte a un bambino *super-attezzato*, oggetto di ogni attenzione dal punto di vista psicologico e culturale, anche allo scopo di rafforzarne l'identità di *consumatore* di giochi intelligenti, libri intelligenti, attività intelligenti. **Questo bambino è però contemporaneamente privato della possibilità di costruirsi, al di fuori delle mura domestiche, qualsivoglia itinerario di conoscenza e di esperienza indipendente:** un soggetto privilegiato, dunque, ma privo di qualunque forma di autonomia nel proprio ambiente. Per queste ragioni **lavorare a una città a misura dei bambini** non **significa** portare alla ribalta un soggetto, esaltandone la particolarità e rivendicandone in chiave unilaterale e corporativa i diritti, ma, all'opposto, **avvalersi di un criterio di misura a priori, e di verifica a posteriori, dei progetti di recupero urbano.** Lo *spazio liberato* dalle macchine potrà così essere restituito alla vita sociale del quartiere, **dando vita alla città dei bambini** capace di rappresentare, operativamente e figurativamente, l'inversione di tendenza posta in essere.

### **7.2 IL VERDE - (ALLEGATO: TABELLA AREE A VERDE)**

Numerosi e diversi sono gli interventi di rigenerazione urbana degli "**spazi verdi**" che si prevede di attuare a seguito dell'inserimento della linea tranviaria nella città di Palermo. Caso per caso si tiene conto delle criticità, dei punti di forza e debolezza, delle caratteristiche specifiche del sito allo stato attuale e nella previsione di trasformazione e della vegetazione esistente. Tutte le aree lungo il tracciato della rete tranviaria sono state individuate e codificate (**VR**) e, per singole tratte, connesse al **verde esistente** e

inserite tra le **proposte progettuali** di riqualificazione urbana. Le tipologie di interventi sono: **TIPO 1** - mantenimento, recupero e/o potenziamento del "verde esistente"; **TIPO 2** - sostituzione degli impianti arborei esistenti; **TIPO 3** - annessione al sistema del verde urbano di nuovi spazi ed attribuzione di nuovi usi; **TIPO 4** - rinaturazione di aree degradate; **TIPO 5** - recupero ambientale. L'infrastruttura tranviaria con la sua specifica linearità, intercetta e congiunge, come il filo di una trama, il tessuto verde della città praticando, in alcuni casi, una vera operazione di "sutura" dei soprassuoli lacerati (es. "**boschetto di lecci**" in EVR3.2), di connessione dei frammenti di vegetazione (**filari di leccio** in EVR1, **alberatura a cipresso in associazione con arbustive e graminacee perenni** in CVR1.2), di ricomposizione dell'antico uso del suolo (es. **riproposizione del paesaggio agrario dei "giardini" della Conca d'Oro con inserimento di piccoli agrumeti delimitati da cipressi frangivento** in GVR.2.1). Le alberate urbane, in particolare, vengono strutturate, non solo per soddisfare l'estetica delle aree antropizzate, ma soprattutto per la loro funzione di "**corridoi ecologici**" e perlopiù intese come frange della vegetazione periurbana e per il passaggio dell'avifauna. Con l'inserimento e/o la sostituzione, soprattutto di specie arboree, si migliora la qualità dell'ambiente disponibile incrementando gli habitat per la fauna attraverso l'introduzione di essenze autoctone e attraenti soprattutto ad habitus arbustivo particolarmente gradite dagli animali per la costruzione di rifugi (es. *cedro, oleandro, mirto, buddleia, lavanda, rosmarino* etc.). Le scelte progettuali mirano: ad una sostenibilità ambientale con l'uso di specie adattabili alle condizioni pedo-climatiche e con l'incremento delle superfici permeabili che migliorano le "**performance ambientali**" (*qualità dell'aria, riduzione inquinanti, inquinamento acustico, regimazione delle acque, l'effetto "isola di calore", ecc.*); al risparmio ed efficientamento energetico/economico con la scelta di specie a basse esigenze idriche e manutentive che consentono di ridurre i costi di gestione e ottimizzano gli aspetti legati alla sicurezza. Infine, ma non meno importante, il sistema del verde qualifica la città anche da un punto di vista estetico ed apporta benefici socio-psicologici alla collettività.

### **7.3 IL MANUFATTI ARTISTICI**

All'interno delle **aree significative** e nei **luoghi di particolare interesse**, il progetto prevede la realizzazione di **opere d'arte** create giocando con la **trasparenza** di una **rete metallica** e con l'impiego di **materiali industriali** per trascendere la dimensione spazio-temporale, riuscendo a creare un dialogo tra arte e mondo, una sintesi visiva che si rivela magnifica nella dissolvenza dei limiti fisici. Lungo le tratte sono previste diverse **opere d'arte** che faranno da arredo, dando origine a una vera e propria **mostra permanente** nello spazio pubblico in cui saranno immerse; la ricerca delle forme e delle opere d'arte si è basata sull'approccio **genius loci** e sullo studio degli **elementi del paesaggio**. Le **opere** sono state progettate per essere inserite in **spazi pubblici**, in contesti archeologici, etc.

Le installazioni sono state collocate sulla "rambla" di **Via Libertà (AS2)**, sulla passeggiata nuova dello **ZEN 2 (ES2)**, sull'area archeologica del **Castello a Mare (FS2)** per dare forza e spessore alla sagoma dei resti antichi della fortezza, nell'area destinata a giardino lungo la **Via Nicoletti (GS1)**.

### **7.4 LE LIVREE**

Al fine di evitare soluzioni ovvie e banali con colori che potessero risultare invasivi e soprattutto di gradimento soggettivo, si è preferito adottare per il design delle livree il colore bianco di sfondo (uguale a quello dei rotabili già usati a Palermo), e riportare sulle vetture delle **vignette** che richiamano uno dei temi principali a cui ci si è ispirati per la progettazione della rete tranviaria di Palermo: la "**città dei bambini**": *Guardare il mondo con gli occhi del bambino è una scelta sicuramente espressiva e al contempo scientifica.*



## 7.5 INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE: LE AREE SIGNIFICATIVE

Di seguito le Aree Significative, tra le più caratteristiche per effetto di interventi di architettura e paesaggio nonché di rigenerazione del verde:

**A S1 - Via Balsamo / Stazione Centrale:** Si tratta di un'area significativa con caratteristica storica stante la collocazione al margine della città antica e la presenza dell'**edificio storico** della Stazione Centrale. Il progetto prevede la formazione di una **pavimentazione** a cavallo tra aree pedonali ed aree carrabili. Si prevede la riconfigurazione dell'area verde di piazza Giulio Cesare e l'integrazione con sistemi di trasporto pubblico, considerata anche la realizzazione del marciapiede di fronte l'edificio della stazione.

**AS 2 - Via Libertà: Piazza Croci / Piazza Castelnuovo:** È un'area particolarmente pregiata del centro di Palermo, dove la città ottocentesca è stata parzialmente sostituita da edifici di recente costruzione. L'intervento di progetto prevede la realizzazione di una "**Rambla**" che si snoda da piazza Mordini a Piazza Castelnuovo (circa 700 m), trasformando la carreggiata centrale di Via della Libertà in una **passeggiata elegante**, attrezzata con luoghi per rappresentazioni pubbliche, chioschi, sedute, aree gioco, pista ciclabile. Il verde esistente sarà implementato con nuove installazioni come indicato nell'abaco relativo, che forma parte dell'offerta di gara.

**AS3 - Piazza Giovanni Paolo II / De Gasperi:** Il tema di questa realizzazione si svolge su diversi piani: uno di questi è quello della mobilità di superficie che coinvolge la tranvia, il traffico privato veicolare, il traffico pedonale e ciclabile. La soluzione progettata prevede di ridurre la dimensione della rotatoria, trasformando le aree perimetrali, in aree fortemente integrate nel **nuovo assetto architettonico e paesaggistico**. Parte delle superfici coinvolte sono trasformate in aree verdi, parte sono impiegate come luogo di sosta e capolinea, parte è destinata a un'area relax e gioco, parti sono ricoperte di vegetazione a basso e alto fusto. Al di sotto dell'area, insiste in parte un parcheggio sotterraneo destinato a veicoli privati, in parte un deposito per il materiale rotabile che possa funzionare in attesa della realizzazione successiva del **nuovo deposito** sulla tratta E; il progetto prevede una razionalizzazione dei percorsi e della sosta, quest'ultima riorganizzata attraverso la rimodulazione del tratto più a nord di via Croce Rossa.

**BS1 - Stazione Notarbartolo:** Sull'area di Piazza Boiardo l'intervento prevede la costruzione di una **piazza pedonale**, di fronte l'edificio della stazione, nonché la costruzione di un nuovo ponte pedonale che attraversa la trincea ferroviaria, migliorando l'accessibilità alle aree che sono attestate sul versante di Via Umberto Giordano. Queste aree sono destinate all'uso pubblico e in particolare a funzioni di **relax** e pratica **sportiva**. Come anticipato altrove, l'intenzione del progetto è di implementare le funzioni del trasporto (ferroviario, tranviario, su gomma) con funzioni urbane di appropriazione e maggior uso dello spazio pubblico, che deve essere prevalentemente pedonale è destinato alla **mobilità dolce**, grazie anche alla presenza della pista ciclabile. La costruzione di un nuovo ponte carrabile, migliora l'intera circolazione attorno a questo modo, specializzando i flussi e scaricando la trama viaria da parte del traffico veicolare che oggi di converge.

**CS1 - Parcheggio Basile / Via Ernesto Basile:** L'area ospiterà in parte l'esistente parcheggio Basile aperto al pubblico, in parte sarà riconvertita in terminal-fermata per gli autobus urbani, suburbani e interurbani, con la realizzazione di un adeguato "sistema di salvagente" parzialmente coperto, e con la costruzione di un edificio di servizio che ospita le funzioni finalizzate alla sosta alla fermata dei mezzi pesanti. Una **passerella pedonale** finalizzata allo scavalco dell'ampia sede di Via Basile, poggia su due colline trattate con una sistemazione paesaggistica, finalizzata a mitigare la presenza necessaria delle opere di fondazione della passerella. Il manufatto ha anche la funzione di connettere il nuovo terminal con i quartieri di fronte, arrivando al centro del piccolo giardino che viene completamente rimodulato.

**CS2 - Nodo Brasa, Via Gaetano Lodato:** L'area coincide con l'attuale piazza Stazzone. Il progetto, intende risolvere le molteplici e complesse connessioni viarie che vedono protagonisti il tracciato del tram, il futuro radiale di Palermo e la viabilità locale. Si realizza una nuova area di sosta e vengono risagomati i marciapiedi che gravitano su questo luogo, al fine di migliorare la mobilità pedonale, la mobilità ciclabile e quella dei veicoli, con l'**obiettivo** di "**agganciare**" la fermata **Orleans** del passante ferroviario con le **fermate delle tratte C e D**.

**DS1 - Base Ponte su fiume Oreto / fine Via Li Bassi:** Si tratta di un'area dalla doppia funzione: da una parte è una fermata di scambio della tratta C, dall'altra si tratta della stazione di testata (terminal) della

tratta D, ricavata nei pressi dell'Ospedale Civico. Con questo inserimento si migliorano le aree marginali nei pressi del **sistema ospedaliero**, l'accesso plesso scolastico di Via Lazzaro, e si ricavano **nuove aree destinate ai pedoni** e a un più ordinato accesso agli edifici che contengono le attrezzature pubbliche e sanitarie, e non solo, in zona.

**ES1 - Velodromo / Via Lanza di Scalea:** Si prevede la rimodulazione della **rotatoria** esistente per lasciare spazio a una grande **area verde** dentro cui si inserisce il doppio binario del tracciato della tratta E. Una **passerella pedonale** permette di scavalcare la via Lanza di Scalea, mentre il sedime di quella che era stata la rotatoria di **fronte al Velodromo Borsellino**, viene a trasformarsi in un **giardino attrezzato** con il compito di fungere da invito proprio all'accesso dell'impianto sportivo.

**ES2 - Via Senocrate da Agrigento:** L'intervento consiste nella riprogettazione degli spazi aperti che si snodano lungo la spina di spazi pubblici che tagliano a metà le superfici residenziali di questi quartieri. Obiettivo di questa soluzione è la **riconessione** tra due parti confinanti, ma paradossalmente distanti, nonché la riorganizzazione degli **spazi collettivi** destinati al **gioco**, allo **sport**, con attenzione alle connessioni tra viabilità di sezioni diverse con funzioni diverse.

**FS1 - Piano Ucciardone / Piazza della Pace:** L'area coinvolta è quella di Piazza della pace, di fronte il carcere dell'Ucciardone, ove il tram transita lungo l'asse della Via Crispi. La Piazza viene attrezzata con il preciso scopo di rigenerarne gli usi finora relegati alla funzione del transito.

**FS2 - Via Cavour / Via Crispi:** In questo caso il progetto indaga le interazioni tra il sistema delle infrastrutture di trasporto, e l'area archeologica del Castello a Mare, oltreché le aree archeologiche del quartiere degli Schiavoni, che da tempo dovrebbero essere messe in valore con uno specifico progetto. L'obiettivo che questa area dovrebbe perseguire riguarda l'integrazione tra soluzione funzionale e scenari urbani, con un occhio all'archeologia, è una prospettiva di integrare le lacune con **installazione artistiche** e rendere partecipato e più prezioso il sistema dell'infrastruttura trasportistica. Si pensa di ricostruire la sagoma parziale del Castello a Mare con un sistema a maglia metallica che riprenda la sagoma delle mura.

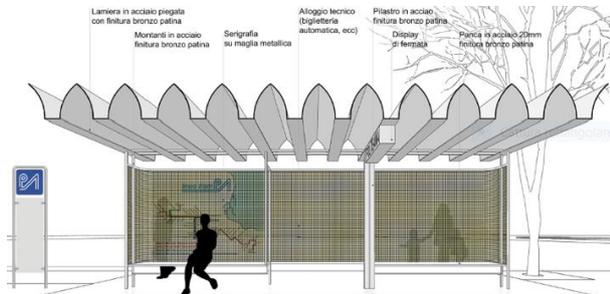
**GS1 - Via Rosario Nicoletti:** In questo caso la rigenerazione urbana si spinge al recupero del sotto svincolo di proprietà comunale che si trova lungo la via Rosario Nicoletti. Il tracciato della tratta G passa a fianco, si prevede di recuperare queste aree ad uso pubblico specifico, con la realizzazione di uno **skatepark**, e la possibilità ulteriore di aggiungere dispositivi per la pratica di altri sport minori che sono in attesa di risposte. È stato ulteriormente inserito un giardino pubblico connesso alla zona degli svincoli con un percorso pedonale. Nel giardino sarà **recuperato un contenitore storico**, sarà realizzato un piccolo parco, al cui interno si trovano aree gioco e una **installazione artistica** come quelle già immaginate altrove. L'area inoltre insiste nei pressi di una fermata della Ferrovia Palermo-Trapani, sarà dotata di nuovi parcheggi pergolati ed è prossima ad altri parcheggi pubblici recentemente realizzati. Relativamente al progetto di Giardino di Villa Parisi tra Via Nicoletti e la Stazione del Passante "Tommaso Natale", si rimanda alla futura verifica degli esiti di eventuale approvazione del PRUSST che ricade sull'area, non ancora approvato alla data di consegna di questo elaborato.

**GS2 - Via del Cedro / Viale Leone:** L'area significativa si trova a conclusione della tratta in prossimità del **terminal di Sferracavallo**, da cui si può raggiungere il litorale con un nuovo percorso pedonale lungo circa 150 m, e coincidente con la via Tibullo. La tranvia incontra altresì la fermata Sferracavallo del passante ferroviario, nei pressi della quale vengono progettate le superfici pedonali e alcune aree destinate a parcheggio che si riscontrano come previsione nel PRG attualmente vigente. Tutte le aree di sosta implementate, sono trattate con pergole e rampicanti.

## **7.6 LE FERMATE**

Sono state individuate più tipologie di fermate, la prima, che si ispira all'**itinerario arabo-normanno**, richiama nella geometria della pensilina gli elementi architettonici e volumetrici caratterizzanti l'**architettura di quel tempo** utilizzando tecnologie e materiali per **raccontare la storia passata, il presente ed il futuro** della città. Il design delle componenti della linea è frutto di una **ricerca progettuale** che integra innovazione tecnologica ed ecosostenibilità, con materiali tradizionali e sperimentali insieme. Uso di pietra, elementi in acciaio, finiture in bronzo patina, e prodotti di sintesi (quali il corian) sono scelte condotte dal Concorrente per progettare le fermate e gli elementi di arredo quali il **cestino porta rifiuti**, la **fontanella** e

le **panchine** di arredo i cui piedi richiamano anche la geometria delle volte normanne. Questa soluzione è stata adottata a partire dall'analisi del contesto e delle differenti **unità di paesaggio** (U.d.P) tipiche del centro storico ed in particolare: per la **Tratta A**, in Via Roma, Via Cavour, Piazza Politeama, Via Libertà (fino a Via Notarbartolo), Via P. Calvi fino all'incrocio con Via Duca della Verdura; per la **Tratta C** da Via E. Basile (fermata Basile – Re Ruggero), in Corso Tukory fino alla Stazione Centrale; per la **Tratta F**, lungo l'intera tratta dalla St. Centrale, lungo Foro Umberto I fino a Via Duca della Verdura.



Per **tutte le altre tratte** (B, D, E fino a all'innesto in Via L. di Scalea, G) ed i rimanenti tronchi delle tratte A, C (ricadenti nelle aree sub-centrali o periferiche), eccetto per la tratta C lungo Viale Regione Siciliana (dove verrà adottato il medesimo stile delle fermate esistenti), è stato adottato un **modello molto semplice** in termini di pensilina, di fusto centrale 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 fortemente urbanizzato. Infine per la **Tratta E**, lungo Via Lanza di Scalea, dentro lo ZEN, lungo la Via P.V. 46, su Viale dell'Olimpo, Via Venere, etc, potrà adottarsi la medesima geometria adottata per "tutte le altre tratte" ottimizzando la scelta dei **materiali**, che punta ad una **colorazione armonizzante verso il territorio**. Per tale ragione è stato scelto l'**acciaio corten** che grazie al suo colore brunito meglio si inserisce e si mimetizza con gli elementi del territorio e del paesaggio tipici delle aree a verde del **Parco della Favorita**.

## **7.7 I DEPOSITO ZEN**

Ubicato appena all'esterno del quartiere ZEN confinante con un'area di recente espansione residenziale, il nuovo deposito si attesta su Via Pertini ed è allacciato alla tratta "E" grazie ad un breve sfiocciamento di binari che escono dalla spina centrale dello ZEN. Si tratta di un luogo disperso, ma non privo di qualità potenziale dovuta dall'ampiezza dello spazio disponibile e dalla rigogliosa vegetazione. L'architettura del deposito è ispirata ai caratteri di massima semplicità ed economicità. La struttura si contraddistingue da pannelli prefabbricati di sapore "quasi" standard appena aggettivati dal pigmento e dalla stampa variabile impressa sulle **superfici a facciavista**. Il resto della composizione è affidato all'integrazione ordinata dei pochi elementi delle superfici orizzontali in relazione con il paesaggio circostante. Il parterre in cemento, in cui alloggiavano parcheggi, percorsi, spazi di lavoro e di servizio, è frazionato da giunti inerbiti che disegnano la misura della scala umana.



## 7.8 I MATERIALI ADOTTATI

Il progetto architettonico e paesaggistico prevede di utilizzare **materiali semplici**, ma che al tempo stesso siano **evocativi** di una certa **tradizione locale**, senza perdere di vista le caratteristiche e necessità tecniche proprie delle ambientazioni nello spazio pubblico all'aria aperta. Per quanto riguarda i **percorsi pedonali** e le aree di **attraversamento** e **sosta** (in alcuni punti singolari), si è scelto di utilizzare **materiale lapideo**, anche di sintesi, che ricordi i materiali tipici della città storica: il **marmo di billiemi**, ad esempio, può essere una delle soluzioni da adottare per le aree di maggiore pregio architettonico, sostituibile però da **lastre di Gres** ottenute dalla lavorazione degli scarti di cava. Le **pavimentazioni pedonali** sono pensate in **due tonalità**: la scura appena descritta, e una più chiara in **pietra grigia** o in alternativa in lastre di pietra sintetica, che ricordi la pietra serena. Le **aree gioco** per i più piccoli saranno trattate con **materiali antitrauma** a norma, colorate a contrasto con i rimanenti percorsi. Le **pavimentazioni stradali** destinate al traffico carrabile saranno in **conglomerato bituminoso** con eventuali pigmentazioni (rosso con aggiunta di ossido di ferro). Le pavimentazioni delle sede tranviaria sono trattate più in dettaglio nel capitolo successivo. Per quanto riguarda gli attraversamenti realizzati con i manufatti speciali, si ritiene di potere adottare il **Cor-Ten**, materiale adatto per la capacità di essere allo stesso tempo struttura portante dalla gradevole componente estetica, adatta all'ambiente urbano. I materiali vegetali sono quelli indicati nella parte specialistica; si presterà molta cura alla scelta delle specie (prevalentemente tapezzanti) delle aree permeabili.

## 8 TRATTE TRANVIARIE ED INFRASTRUTTURE CIVILI

Di seguito si riportano le caratteristiche principali adottate per la progettazione geometrica e funzionale delle infrastrutture della rete tranviaria di Palermo.

### 8.1 PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La geometria dei tracciati delle Tratte A, B, C, D, E, F, G 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" oltre all'elenco delle Normative riportato a pagina 3 dello Studio di Fattibilità del Comune di Palermo.

Inoltre gli elementi dei tracciati 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 360 mm, poiché si prevedono convogli del tipo a pianale totalmente 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 delle rotaie in analogia alle altre linee tranviarie di Palermo.

Nel progetto dell'intera rete è stata 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, soprattutto nel tessuto denso della città storica. In analogia alle altre linee progettate per Palermo, sono stati impiegati per le curve i seguenti dati caratteristici:

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

La velocità massima ("di progetto") di ogni curva è stata desunta con la nota relazione analitica che lega: velocità, raggio, accelerazione trasversale e sopraelevazione. Definita la velocità della curva attraverso il

legame matematico prima ricordato, si è definita la lunghezza minima delle clotoidi in accordo ai limiti normativi. 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. Lo scartamento adottato è quello classico in ambito ferroviario di 1435 mm e non sono state previste variazioni di scartamento nelle curve che presentano raggi ridotti. Di seguito una sintesi generale dei dati plano-altimetrici caratteristici delle tratte, per quanto riguarda la descrizione del tracciato in termini di geometria si rimanda alle TAVV. 17-33, per quanto riguarda la relazione con il territorio si rimanda alle TAVV. 34-50.

## 8.2 SINTESI DEI DATI PRINCIPALI DELLA RETE TRAM

Le principali caratteristiche tecniche dei tracciati delle tratte tranviarie sono riepilogate nella seguente tabella (per maggiori approfondimenti si rimanda alle TAVV. 17-33 e 51-59).

CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TRACCIATI DELLA RETE TRAM	DATI
Lunghezza rete	68+200 km
Scartamento	1435 mm
Larghezza sede in rett. a doppio binario con palificata centrale	Min. 6,10 m
Larghezza sede in rettilineo a doppio binario con palificata laterale o sospesa	4,40 m
Larghezza sagoma tranviaria	2400 mm
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	20 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 media in rete di progetto	< 4,00 %
Pendenza massima ammissibile longitudinale in fermata	3,50%
Pendenza massima longitudinale media in fermata di progetto	≤ 0,050
Raccordi altimetrici convessi minimi	500 m
Raccordi altimetrici concavi minimi	400 m
n. fermate compresi terminal	156

## 8.3 GEOMETRIA DEI TRACCIATI

Per quanto riguarda la geometria dei tracciati si rimanda alle TAVV. 17-33 "*Planimetria con curve di livello con rappresentazione del corpo ferroviario e le caratteristiche geometriche degli assi del tracciato e delle opere d'arte principali - Tratta X ....*" ed alle TAVV. 34-50. TAVV. 17-33 "*Profili longitudinali contenenti le opere d'arte, l'intersezione con le reti di trasporto, di servizi e idrologiche e con l'indicazione delle caratteristiche geometriche del tracciato - Tratta X ....*".

## 8.4 SEZIONI TIPO (CFR. TAV. 60)

Dal punto di vista normativo il progetto, ed in particolare le sezioni tipo, della rete di Palermo segue le esperienze progettuali e costruttive per le altre linee tranviarie comunali, rifacendosi alle normative UNI-Unifer per tranvie e metropolitane leggere. In particolare è utile fare riferimento alla norma UNI 8379 che fornisce la terminologia e definisce le tipologie di "tranvia" e "tranvia veloce":

- ✓ **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.
- ✓ **tranvia veloce (metrotranvia)**: sistema di trasporto che mantiene le caratteristiche della tranvia di cui al precedente punto precedente, 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.

Nel caso di Palermo si ricade per le **tratte C, D, E, G** nella tipologia **tranvia veloce** con **sede dedicata** e delimitata lateralmente con **cordoli insormontabili** e protezioni per i pedoni nelle aree urbanizzate, in cui si hanno soluzioni puntuali di tranvia. Per le tratte **A, B ed F** si ricade nella tipologia di tranvia senza cordoli laterali, senza barriere e senza catenaria. 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
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

Al fine di definire puntualmente le sezioni tipo presenti su tutta la rete è stato prodotto l'elaborato **TAV. 60** che riporta tutte le **sezioni tipo** (circa 70) a scala 1:200. Per facilitare la lettura delle stesse è stato prodotto un apposito **abaco delle sezioni tipo** riportato nel medesimo elaborato. Lo scartamento della linea tranviaria è quello classico di 1435 mm, non sono state previste variazioni di scartamento nelle curve che presentano raggi ridotti. 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. Al paragrafo successivo sono state analizzate le tipologie di pavimentazioni previste per tutta la rete.

## **8.5 LE PAVIMENTAZIONI**

In relazione alle diverse Unità di Paesaggio attraversate, con riferimento ai differenti interventi di rigenerazione urbana progettati ed in relazione alle principali esigenze legate alla qualità del servizio di trasporto che deve garantire la massima affidabilità ed il confort di marcia, sono state individuate nello specifico quattro differenti tipologie di pavimentazioni per la sistemazione degli strati superficiali della nuova sede tranviaria. Nello specifico le pavimentazioni individuate sono riportate nel seguente prospetto.

<p><b>Pavimentazione Tipo 1:</b> Pavimentazione con usura in lastre di pietra locale che richiama le vecchie pavimentazioni in basolato della città di Palermo, esclusivamente applicata nelle Via / Piazze storiche o nei tratti di sede stradale in cui è necessario distinguere la pavimentazione stradale per evidenziare, soprattutto agli utenti deboli, la presenza della sede tranviaria ed inserire al contempo elementi di traffic calming.</p>	
<p><b>Pavimentazione Tipo 2:</b> Pavimentazione in masselli autobloccanti permeabili che consentono di introdurre una superficie perfettamente permeabile in grado di accumulare, negli strati sottostanti della sede o di fasce laterali drenanti, i volumi delle acque di pioggia per poi rilasciarle lentamente in fognatura grazie alla elevata capacità di laminazione tipica della sovrastruttura permeabile. Posizione ottimale da adottare per i masselli: a spina di pesce, diagonale o giunti interrotti.</p>	
<p><b>Pavimentazione Tipo 3:</b> Pavimentazione costituita da un tappeto erboso del tipo ad elevata permeabilità da inserire soltanto in alcuni tratti singolari isolati delle tratte tranviarie in cui sono state create nuove aree e "nuovi spazi pubblici" oggetto di rigenerazione urbana, ad esempio fermate o brevi tratti su aree sistemate a verde ed oggetto di riqualificazione (fermata Velodromo, fermata Bolivar, etc).</p>	
<p><b>Pavimentazione Tipo 4:</b> Pavimentazione in conglomerato bituminoso tradizionale con eventuale aggiunta di ossido di ferro (colore rossastro) ed eventuale bitume modificato con polimeri per realizzare una pavimentazione ad elevata resistenza alle deformazioni permanenti dovute al passaggio di carichi pesanti. Questa pavimentazione è la più diffusa lungo le tratte ed è necessaria per rispondere all'esigenza di avere una sede transitabile contestualmente oltre che dai tram anche dai bus / pullman.</p>	

La scelta del **tipo di pavimentazione (prevalentemente in conglomerato bituminoso)**, è stata effettuata seguendo i criteri principali che hanno condotto il progettista alla individuazione di sedi tranviarie da dedicare alla **circolazione promiscua Tram / Bus**. Questa scelta è stata dettata, in linea generale, dalle ridotte dimensioni delle sedi stradali e dalla necessità di dovere garantire elevate prestazioni in termini di portanza e resistenza alle deformazioni permanenti. Di seguito l'abaco di applicazione delle diverse soluzioni.

TRATTA	PAVIMENTAZIONI SEDE TRANVIARIA			
	Tipo 1 (in pietra)	Tipo 2 (masselli permeabili)	Tipo 3 (tappeto erboso)	Tipo 4 (conglom. bituminoso)
Nome	[Nomi Strade]	[Nomi Strade]	[Nomi Strade]	[Nomi Strade]
<b>A</b>	Piazza Giulio Cesare, Piazza Don Bosco.	Piazza Castelnuovo, Via R. Settimo, Piazza Mordini.	-	Tutte le strade lungo la tratta eccetto quelle in cui sono state individuati altri tipi di pavimentazione.

<b>B</b>	-	-	-	Tutte le strade lungo la tratta eccetto quelle in cui sono state individuati altri tipi di pavimentazione.
<b>C</b>	Piazza G. Cesare	-	-	Tutte le strade lungo la tratta eccetto quelle in cui sono state individuati altri tipi di pavimentazione.
<b>D</b>	-	-	-	Tutte le strade lungo la tratta eccetto quelle in cui sono state individuati altri tipi di pavimentazione.
<b>E</b>	-	Via Lanza di Scalea (Velodromo); Via Senocrate d'Agrigento; Via F. Coppi; Piazza Valdesi, V. Regina Elena, Via Mondello.	Via Lanza di Scalea (Velodromo).	Tutte le strade lungo la tratta eccetto quelle in cui sono state individuati altri tipi di pavimentazione.
<b>F</b>	Piazza XIII Vittime, Piano Ucciardone.	-	-	Tutte le strade lungo la tratta eccetto quelle in cui sono state individuati altri tipi di pavimentazione.
<b>G</b>	-	Terminal Palazzotto.	Piazza Bolivar (rotatoria)	Tutte le strade lungo la tratta eccetto quelle in cui sono state individuati altri tipi di pavimentazione.

## 8.6 SISTEMI DI COLLETTAMENTO E SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Il sistema Tram, esistente e in progetto, attraversa un'area urbana ad alta densità abitativa ed in cui sono presenti **sistemi idraulici urbani ormai datati** e spesso insufficienti per un'efficiente allontanamento delle acque superficiali di piattaforma. Come conseguenza, la sede tranviaria di Palermo è oggi oggetto di frequenti allagamenti; inoltre, il sistema di smaltimento delle acque adottato (*caditoie a nastro trasversali in presenza di cordoli continui laterali*), ancorché efficiente, non consente di porre rimedio alle insufficienze idrauliche del sistema. Il progetto, che il Concorrente propone, vuole essere un modello di **sostenibilità ambientale e di efficientamento gestionale**. A tal fine si propone di adottare soluzioni per lo smaltimento delle acque di piattaforma, compatibili con le infrastrutture idrauliche di drenaggio esistenti e con il contesto urbano interessato. Laddove possibile, la nuova infrastruttura tranviaria e le Aree Significative (ASi) prevedono la realizzazione di **pavimentazioni permeabili** (*banchine, marciapiedi, aree di sosta, etc*) allo scopo di ridurre le portate drenate evitando di sovraccaricare la rete fognaria urbana. Le pavimentazioni permeabili possiedono una eccellente capacità di **laminazione**, dovuta alla elevata permeabilità, alla capacità di detenzione delle acque permeate che vengono rilasciate lentamente nel tempo grazie alla opportuna scelta granulometrica degli strati sottostanti. Tra gli effetti positivi vi è l'**assenza di deflusso superficiale** tipico delle soluzioni tradizionali (pavimentazioni impermeabili).

Il Concorrente propone **due differenti soluzioni** da adottare in relazione alle caratteristiche delle aree attraversate; la prima consiste nella realizzazione di **pavimentazioni permeabili** sia nelle sedi tranviarie proprie sia nelle aree di pertinenza (*banchine, marciapiedi, aree di sosta, etc.*); la seconda riguarda invece l'adozione di un **sistema a feritoia continua** nelle sedi tranviarie dove è previsto anche traffico gommato. Nei casi in cui è molto probabile un deflusso superficiale che interessa l'intera sede tranviaria, si propone la realizzazione di un sistema a caditoia trasversale a griglia continua. I particolari costruttivi dei sistemi di captazione proposti sono riportati in dettaglio negli elaborati grafici (TAVV.76-89 di offerta).

## 8.7 SISTEMA DI PAVIMENTAZIONE PERMEABILE

Le caratteristiche costruttive previste in progetto per questo tipo di pavimentazione sono le seguenti:

- 1) pavimentazione permeabile realizzata con masselli filtranti con superficie permeabile pari al 5%; la superficie filtrante sarà riempita con sabbia grossolana caratterizzata da una porosità  $n = 30\%$  e da una conduttività idraulica  $K = 0,01$  m/s;
- 2) uno strato filtro di spessore 5 cm realizzato con misto granulometrico (aggregato ASTM No. 8) con diametro max degli aggregati 12,5 mm ( $n = 30\%$  e  $K = 0,01$ );

- 3) uno strato di base di 15 cm di spessore realizzato con aggregato ASTM No. 57 con diametro max degli aggregati 37,5 mm caratterizzato da una porosità  $n=30\%$  e da una conduttività idraulica  $K > 0,01$  m/s;
- 4) uno strato sub-base di 25 cm composto da ASTM No. 2 con diametro max degli aggregati 75,0 mm caratterizzato da una porosità  $n=30\%$  caratterizzato da  $n= 30\%$  e  $K > 0,01$  m/s.

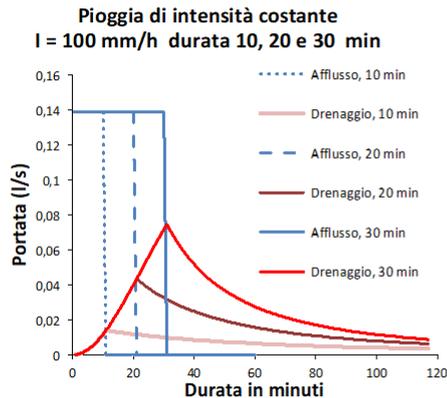
Lo strato filtrante sarà delimitato da un telo impermeabile in PEad. Le acque infiltrate saranno allontanate mediante tubazione drenante microfessurata in polietilene, dimensionata in modo da captare e recapitare in fognatura i volumi di pioggia accumulati nell'ammasso permeabile. La pavimentazione permeabile in progetto è in grado di **assorbire**, senza determinare deflussi superficiali, precipitazioni di **intensità fino a 200 mm/h** (assumendo una conduttività idraulica pari a 0,001 m/s, gradiente piezometrico unitario e superficie permeabile al 5%).

### **8.7.1 Effetti del sistema di pavimentazione permeabile**

Per stabilire le capacità di **laminazione** del pacchetto di pavimentazione sono stati considerati 12 differenti eventi meteorici caratterizzati da tre differenti durate e quattro valori di intensità di precipitazione:

- 1) Pioggia di intensità costante  $I = 150$  mm/h, durata 10, 20 e 30 minuti;
- 2) Pioggia di intensità costante  $I = 100$  mm/h, durata 10, 20 e 30 minuti;
- 3) Pioggia di intensità costante  $I = 50$  mm/h, durata 10, 20 e 30 minuti;
- 4) Pioggia di intensità costante  $I = 20$  mm/h, durata 10, 20 e 30 minuti.

Nei primi due casi, si tratta di eventi meteorici particolarmente intensi caratterizzati da tempi di ritorno molto alti (fenomeni molto rari). L'afflusso meteorico permea rapidamente in profondità e, raggiungendo lo strato impermeabile, determina un accumulo (volume invasato) caratterizzato da un dato livello idrico. Si verrà, quindi, a realizzare un dislivello piezometrico tra l'accumulo e la superficie di contorno del tubo dreno. Questo determinerà una portata di deflusso captata dal sistema di drenaggio. Per la determinazione della capacità di laminazione si è assunto un modello semplificato, ipotizzando che i volumi permeano attraverso l'ammasso poroso seguendo l'equazione di Darcy. Il calcolo è stato condotto con riferimento ad un tratto unitario (1 m) di area drenante avente larghezza 5 m. Il tubo dreno, che è stato posto ad una delle estremità dell'area filtrante, è stato ipotizzato possedere una capacità di captazione tale da non costituire in alcun modo una limitazione al moto di filtrazione. In altre parole, si assume in corrispondenza della circonferenza del tubo una pressione pari a quella atmosferica. Questa ipotesi riduce, cautelativamente, gli effetti di laminazione del sistema determinando una sovrastima delle portate avviate in fognatura. L'equazione di Darcy è stata applicata ipotizzando che l'intera portata di deflusso scorra secondo un percorso sub-orizzontale di lunghezza pari a 2,5 m, corrispondente alla metà dell'area drenante considerata. Tale ipotesi semplificativa corrisponde a quella di considerare l'intero afflusso concentrato nella linea mediana dell'area drenante. Il carico piezometrico è stato assunto pari al livello idrico raggiunto nel volume invasato. La conduttività idraulica è stata fissata pari a 0,01 m/s. Per determinare l'andamento nel tempo delle portate drenate è stato adottato il modello dell'invaso lineare, considerando intervalli temporali costanti di 1 minuto: per il generico  $i$ -esimo minuto sono stati calcolati i volumi di pioggia in arrivo, i volumi drenati e, per differenza, i volumi accumulati. Questi determinano una variazione del livello idrico cui corrisponde una nuova portata effluente, considerata costante nel minuto successivo. Ripetendo più volte l'iterazione si è pervenuti ai risultati riportati in tabella e mostrati in figura, a titolo di esempio, per gli eventi di intensità pari a 100 mm/h. In particolare, la tabella riporta, per ciascun evento meteorico considerato, la riduzione percentuale delle portate di piena avviate in fognatura. Gli effetti sono molto rilevanti soprattutto per gli eventi di breve durata per cui si prevedono **capacità di laminazione prossime o superiori al 90%**.



Intensità di pioggia (mm/h)	Durata (min)	Riduzione della portata di piena
150	10	85%
	20	58%
	30	33%
100	10	90%
	20	69%
	30	46%
50	10	95%
	20	83%
	30	67%
20	10	98%
	20	93%
	30	85%

In definitiva, il sistema di drenaggio proposto consente, anche nel caso di piogge estreme ( $I = 150 \text{ mm/h}$ ) e di durata significativa (10 minuti), un'ottima capacità di laminazione: ogni  $1000 \text{ m}^2$  di intervento determina, per l'evento meteorico più estremo, una riduzione della portata di colmo da 42 a 6 l/s. Nel caso di eventi più modesti (20 mm/h per 10 minuti), ma capaci di mandare in crisi l'attuale sistema di drenaggio urbano della città, i suddetti  $1000 \text{ m}^2$  di intervento comportano uno smorzamento del picco di portata da 5,6 l/s a 0,1 l/s, determinando portate drenate praticamente trascurabili (0,1 l/s corrisponde alla portata di un rubinetto domestico non completamente aperto). I calcoli effettuati necessitano di riscontri più dettagliati ed eventuali verifiche sperimentali anche con riferimento alla scelta delle caratteristiche della tubazione drenante da adottare. Tali verifiche saranno condotte durante le successive fasi progettuali.

Per una quantificazione degli **effetti di laminazione** del sistema proposto si consideri, a titolo esemplificativo, la **Tratta A** compresa tra Piazza Castelnuovo (Politeama) e Piazza Mordini, dove si propone di realizzare una **superficie permeabile di circa  $8.400 \text{ m}^2$**  composta dalla porzione del nuovo marciapiede permeabile di Via Libertà (12 x 700 metri). Con riferimento all'evento meteorico caratterizzato da  $I = 100 \text{ mm/h}$  e durata 10 minuti, si realizzerà una **riduzione del picco** di portata da **230 l/s** (situazione attuale) a circa **24 l/s** (situazione di progetto).

## 8.8 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, ...*) 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. Sotto il profilo progettuale, per l'armamento, è stata prevista una soluzione per il fissaggio del tipo **ERS** (embedded rail system) che 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 (Atene, Parigi, Madrid, ecc.) è diffuso anche in Italia. Variando le caratteristiche delle gomme sottorotaia e dell'eventuale materassino sottoplatea il sistema consente una notevole gamma di soluzioni prestazionali. Le recenti applicazioni hanno consentito di perfezionare la posa migliorando la precisione nell'allineamento delle rotaie nonché alcuni dettagli costruttivi, rendendolo sicuro e affidabile. Per ogni ulteriore approfondimento si rimanda alla Relazione R.1 e agli elaborati grafici.

## 8.9 IL ROTABILE (COMPATIBILITÀ CON TRATTE ESISTENTI E FUTURE)

Per la città di Palermo si è scelto il Tram "**Citadis X05**" (mod. 305), **largo 2,40 m, alto 3,30 m e lungo 32,2 m** avente **massima capacità di 211 o 273 passeggeri seduti ed in piedi**, considerando rispettivamente 4 passeggeri/ $\text{m}^2$  o 6 passeggeri/ $\text{m}^2$ . Quindi l'ingombro del rotabile proposto è sostanzialmente identico a quello dei rotabili, di altra marca, già acquistati ed in esercizio nelle attuali linee tranviarie della città di Palermo (aventi lunghezza di 2,40 m e lunghezza di 32,37 m). Il massimo carico assiale è inferiore alle 10 tonnellate. Il rotabile è bidirezionale e, nella versione compatibile con tecnologia APS, può essere alimentato sia da catenaria (sulle linee tradizionali) mediante pantografo, sia da terra con

pattini a contatto con la "terza rotaia" nelle tratte catenary-free, così come descritto nei precedenti paragrafi. **È stato verificato**, con simulazioni di marcia, **che l'ingombro dinamico del rotabile Citadis X05 modello 305 è del tutto compatibile con i tracciati plano-altimetrici di tutte le nuove tratte** in progetto (oltre che con le linee esistenti) e con gli ostacoli trasversali, anche in fermata e nei depositi. Il Tram scelto, quindi, **è perfettamente compatibile con le linee tranviarie già esistenti a Palermo**, in termini di alimentazione, scartamento, transito/ricovero/rimessaggio nei depositi e nelle officine esistenti.



La relazione tecnica specialistica **"R3 - Relazione tecnica riguardante le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile"** descrive ampiamente le caratteristiche del rotabile.

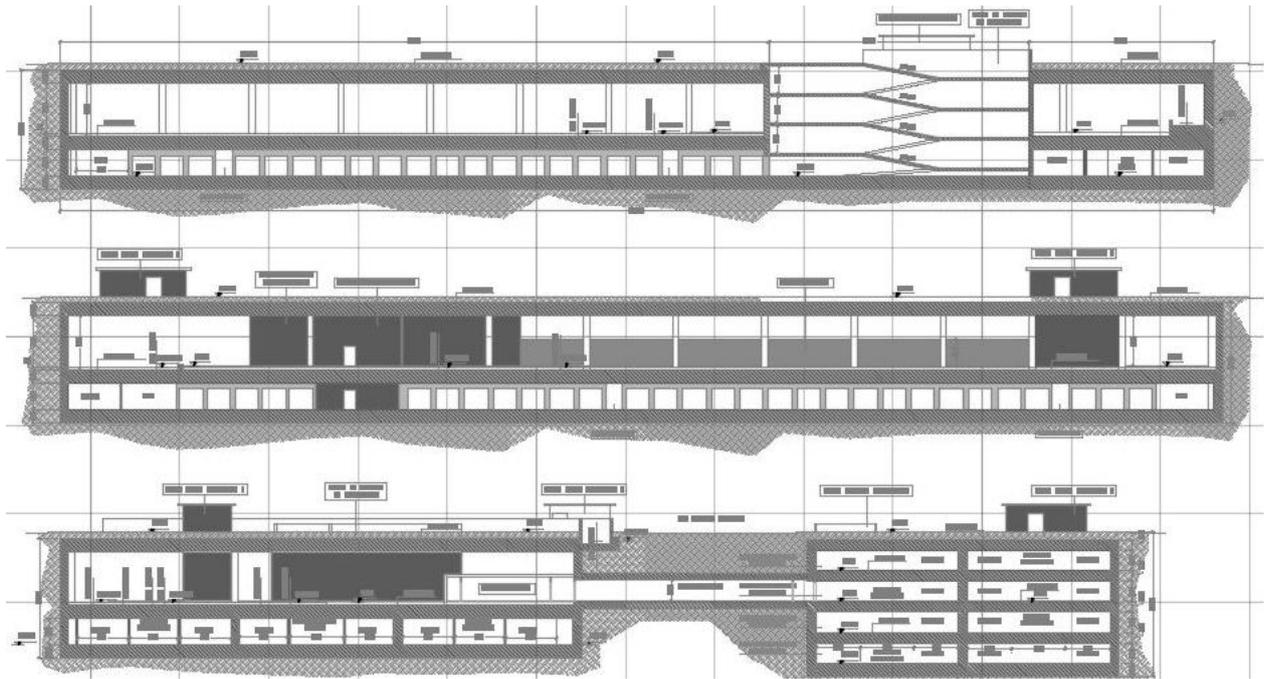
## **9 OPERE D'ARTE: MANUFATTI SPECIALI**

Questo capitolo è dedicato ai principali manufatti speciali (opere d'arte maggiori) per i quali è stata fatta una ricerca delle soluzioni tecniche ed ingegneristiche, senza trascurare gli aspetti legati al contesto paesaggistico interessato.

### **9.1 AM1: DEPOSITO / PARCHEGGIO INTERRATO**

Per soddisfare le nuove esigenze di **deposito** dei rotabili, si propone un nuovo rimessaggio in grado di ospitare **11 rotabili** (con uffici del personale annessi alla struttura). L'area di deposito realizzata a quota -8 metri dal piano stradale, sarà posta in collegamento con l'area adiacente adibita a parcheggio tramite un sottopasso, a livello -2. La quota di quest'ultimo sarà stabilita in funzione delle scelte progettuali della strada in galleria, cosiddetta **"camionale"**, presente nel PRG dell'Autorità Portuale di Palermo che prevede una connessione in Viale Croce Rossa, in prossimità dell'area in esame (Piazza F. Paolo II).

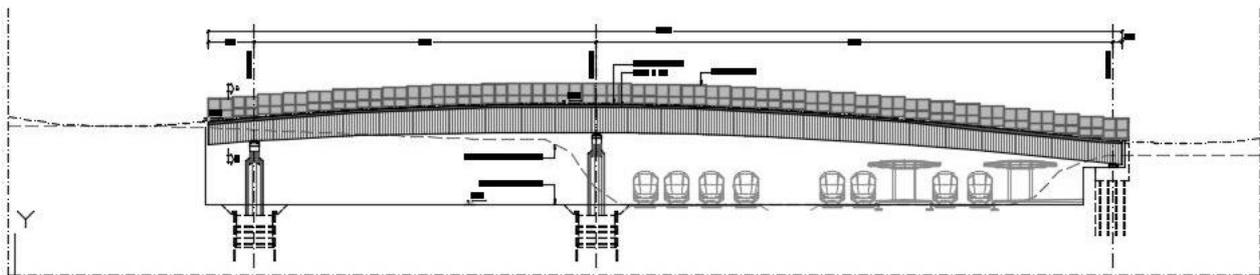
<b>Deposito</b>	<b>Dotazione</b>
<b>STADIO</b> (11 posti)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ufficio movimento dotato di PCD per la movimentazione dei tram nei depositi;</li> <li>- Uffici per il personale;</li> <li>- Rimessaggio per il ricovero dei rotabili;</li> <li>- Officina di piccolo taglio per semplici riparazioni;</li> <li>- Silos per la sabbia e delle macchinine per caricare la sabbia sui tram al fine di potere avere una riserva per generare attrito lungo la tratta in casi particolari;</li> <li>- Impianto aria compressa, impianto antincendio, addolcitore, riscaldamento (caldaia), UTA, condizionamento, centrale idrica, lavaggio tram con spazzola orizzontale, pannelli per acqua calda sanitaria integrati con un boiler ed eventualmente con la caldaia. Inoltre gruppo frigo e caldaia possono essere integrati per il riscaldamento degli ambienti che avviene con fan coil negli uffici, con aerotermini nell'officina e con radiatori nei bagni;</li> <li>- Tetto verde (copertura su Piazza G. Paolo II) per il recupero delle acque piovane;</li> <li>- Impianto antintrusione e rilevamento fumi con sensori negli uffici e barriere e nelle rimesse;</li> <li>- Impianto di depurazione di acque per il trattamento prima dell'immissione in fognatura;</li> <li>- Impianti recuperatori di calore in alcuni ambienti (portinerie, PCC, spogliatoi)</li> <li>- Cabina ricevitrice e una MT/b;</li> <li>- SSE per la TE dei depositi.</li> </ul>



## **9.2 BM1: VIADOTTO NOTARBARTOLO**

Nella tratta B, all'interno dell'area identificata come significativa (BS1), è stato dimensionato un sovrappasso stradale (come da previsione PRG) che scavalca la ferrovia in trincea in prossimità della stazione di Notarbartolo (BM1). Il ponte è altresì inserito nel contesto di un nuovo nodo viario (BV1) dove due nuove rotonde, poste alle estremità del ponte, sono volte a ridistribuire i flussi di traffico. Il ponte in questo modo collegherà il terminal e le vie limitrofe, direttamente a via Umberto Giordano/via Daidone.

Il ponte ha una luce complessiva di 114 metri circa e ospita due camminamenti pedonali, una pista ciclabile e una carreggiata con due corsie di marcia per una larghezza di impalcato totale di 15,50 metri. L'opera è impostata su due pile intermedie e una spalla su lato terminal. Le pile intermedie hanno fondazioni su coronella di pali, mentre la spalla su pali classica. L'impalcato è costituito da travi IPE longitudinali irrigidite, su cui poggiano predalles in acciaio e soletta in c.a.



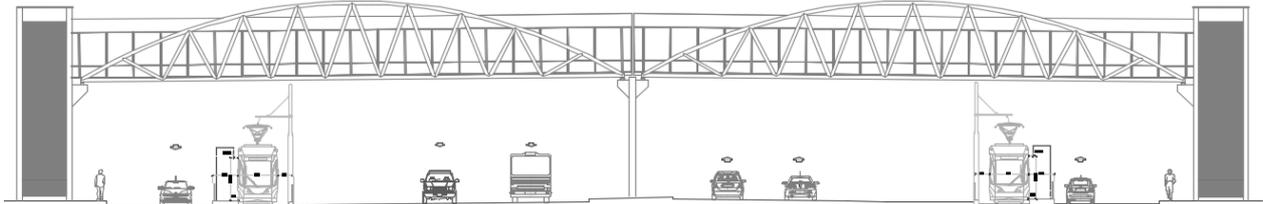
La realizzazione dell'intervento richiederà la demolizione: dell'ingresso dell'impianto sportivo del dopolavoro ferroviario posto in via Daidone e ricollocato in zona limitrofa; dell'edificio adiacente e di alcuni dei portali in c.a. per l'ingresso della rimessa esistente, attualmente in disuso.

## **9.3 CM1, CM2: SOVRAPPASSI PEDONALI V.LE REGIONE**

Per la tratta C, su Viale Regione Siciliana, sono stati dimensionati due sovrappassi pedonali avanti le medesime caratteristiche di quelli attualmente esistenti nel tratto immediatamente prima del medesimo Viale. La soluzione adottata rispecchia quella del PRG; entrambe le passerelle sono state ubicate seguendo la previsione ed in particolare la CM1 su Via Palmerino mentre la CM2 su Via Altofonte all'altezza del CUS Palermo. Seppur le due passerelle risultano vicine (circa 350 m l'una dall'altra) si è preferito seguire le previsioni urbanistiche. Tuttavia, si segnala che una delle due può essere posizionata

nei pressi dello svincolo Calatafimi; in questo caso, la distanza tra le strutture risulta pari a circa 1000 m (in linea con le attuali).

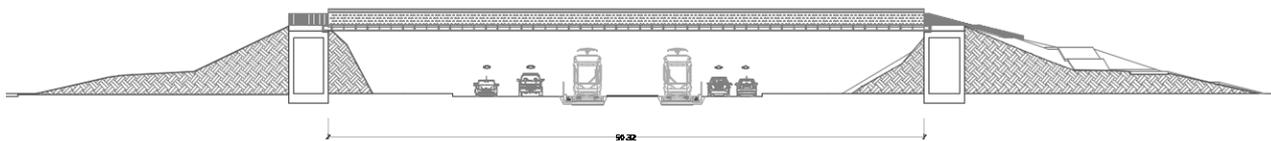
Le passerelle in questo modo collegheranno i due margini laterali del Viale Regione Siciliana, dove la presenza della carreggiata centrale e delle laterali richiede soluzioni di questo tipo per consentire agli utenti deboli di scavalcare la circonvallazione.



L'opera di scavalco CM1 ha luce complessiva di circa 65,70 metri (cfr. TAV 66) ed è costituita da due campate di lunghezza ciascuna pari a 32,85 metri. L'opera di scavalco CM2 è di lunghezza ridotta rispetto alla precedente ed ha luce complessiva di circa 59,40 metri (cfr. TAV 66) ed è costituita da due campate di lunghezza ciascuna pari a 29,70 metri. Entrambe i sovrappassi pedonali sono appoggiati su due spalle costituite dalle torri di salita dotate di scale, scivoli ed ascensori per i diversamente abili.

#### **9.4 CM3: SOVRAPPASSO PEDONALE VIA ERNESTO BASILE**

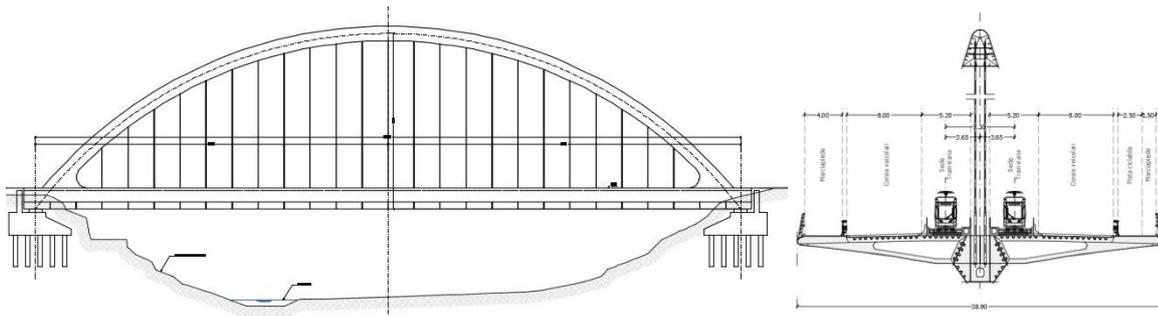
Nella tratta C, su Viale Ernesto Basile, all'interno dell'area Significativa CS1, è prevista la realizzazione di un sovrappasso pedonale (con caratteristiche diverse dai sovrappassi su Viale Regione Siciliana). Il sovrappasso poggia su due rilevati in terra rinforzata integrati al contesto con opportuna sistemazione paesaggistica (colline verdi), finalizzata a mitigare le opere di fondazione del sovrappasso. La soluzione costituisce un elemento di cucitura tra il progetto dell'area significativa CS1 e l'attuale terminal bus sul lato dell'Università.



L'opera di scavalco CM3 ha luce complessiva di circa 50 metri (cfr. TAV 67) ed è costituita da un'unica campata. È impostata su due spalle costituite da strutture scatolari in c.a. nascoste all'interno del rilevato. La struttura della passerella pedonale è costituita da una trave a doppio T, un impalcato e dei traversi in acciaio corten. La trave impalcato è interamente forata al fine di realizzare una struttura sottile che non va in contrasto con l'ambiente circostante.

#### **9.5 DM1: PONTE ORETO**

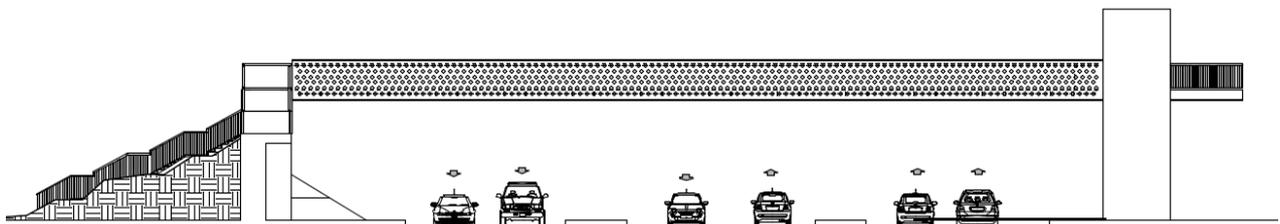
Lungo la tratta D è previsto l'attraversamento del fiume Oreto per realizzare il collegamento viario e tranviario con Via Villagrazia, la cui previsione risulta già inserita nel programma triennale delle OO.PP. dell'anno 2015/2017 (Delibera di C.C. n. 440 del 17.11.2015) con la soluzione di ponte strallato. Data la prescrizione dell'allargamento della sezione per ottenere 2 carreggiate a 2 corsie per autoveicoli, oltre allo spazio centrale per il tram, e garantire che il ponte possa costituire anche via di esodo in caso di calamità naturali, la soluzione adottata per fronteggiare i carichi di un impalcato siffatto di 39 metri e di una luce imponente di 190 metri circa è quella del ponte strallato ad arco con sezione trasversale cava in acciaio.



Gli stralli sono in posizione centrale, all'interno dello spartitraffico che divide i due sensi di marcia (sia del tram che delle corsie stradali) nel quale sono inseriti camminamenti affiancati agli stralli per la manutenzione dell'opera. L'impalcato appoggia su due pile con fondazioni su pali che lasciano libera la vallata sottostante. In generale tutto l'impianto sarà esteticamente valorizzante per la città di Palermo.

### 9.6 EM1: SOVRAPPASSO PEDONALE VELODROMO

Nella tratta E, su Via Lanza di Scalea, all'interno dell'area Significativa ES1, è prevista la realizzazione di un sovrappasso pedonale per lo scavalco di questa arteria stradale. Seguendo le indicazioni riguardanti l'intervento strutturale n. 8 (come indicato nello SdFBC a pag. 92) è stato studiato un sovrappasso che si integra con le caratteristiche ambientali del sito interessato e si inserisce all'interno dell'area significativa ES1 del Velodromo, in cui è prevista un'importante intervento di rigenerazione urbana. Il sovrappasso "poggia" da un lato su un rilevato in terra rinforzata integrato nelle opere (colline verdi) di mitigazione ambientale della ES1; sul lato Ovest di Via Lanza di Scalea è prevista una torre dotata di scale all'aperto e di un ascensore.



L'opera di scavalco EM1 ha luce complessiva di circa 36 metri (cfr. TAV 70) ed è costituita da un'unica campata. L'opera è impostata su due spalle costituite da strutture scatolari in c.a. nascoste da un lato dal rilevato in terra rinforzata, dall'altro poggia direttamente sulla struttura del torrino di salita/discesa. La struttura della passerella pedonale è costituita da una trave a doppio T, un impalcato e dei traversi in acciaio corten. La trave impalcato è interamente forata al fine di realizzare una struttura sottile che non va in contrasto con l'ambiente circostante.

### 9.7 EM2: DEPOSITO ZEN

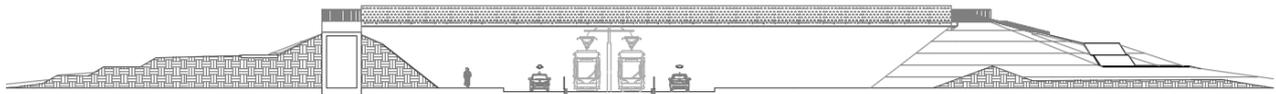
Oltre al deposito interrato della tratta A, si propone un nuovo rimessaggio posto in viale Sandro Pertini, all'incrocio con via Fausto Coppi, in prossimità del quartiere Zen, già luogo di rigenerazione urbana (ES2). Il deposito è stato dimensionato per 24 vetture su un lotto di 27.000 mq circa ed include un'area di lavaggio e tornio in fossa, un'area di deposito e un'area di officina con uffici e spogliatoi idonei alle singole lavorazioni interne. La struttura è antisismica ed è composta da maglie 10mx15m con pilastri in calcestruzzo armato e solai di copertura prefabbricati con tegoli a doppio T. Il rivestimento esterno invece è previsto in pannelli sandwich.

Deposito	Dotazione
----------	-----------

<b>ZEN</b> (24 posti)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ufficio movimento dotato di PCD per la movimentazione dei tram nei depositi;</li> <li>- Uffici per il personale;</li> <li>- Officina dotata di carroponete, fosse e imperiali per l'ispezione e manutenzione dei tram, sollevatori per disaccoppiare i carrelli dalle cabine e "giostre" con binari per girare di 90 gradi i carrelli e portarli in altra officina più piccola;</li> <li>- Rimessaggio per il ricovero dei rotabili;</li> <li>- Silos per la sabbia e delle macchinine per caricare la sabbia sui tram al fine di potere avere una riserva per generare attrito lungo la tratta in casi particolari;</li> <li>- Impianto aria compressa, impianto antincendio, addolcitore, riscaldamento (caldaia), UTA, condizionamento, centrale idrica, lavaggio tram con spazzola orizzontale, pannelli per acqua calda sanitaria integrati con un boiler ed eventualmente con la caldaia. Inoltre gruppo frigo e caldaia possono essere integrati per il riscaldamento degli ambienti che avviene con fan coil negli uffici, con aerotermi nell'officina e con radiatori nei bagni;</li> <li>- Impianto antintrusione e rilevamento fumi con sensori negli uffici e barriere nelle officine e rimesse;</li> <li>- Impianto di depurazione di acque per il trattamento prima dell'immissione in fognatura;</li> <li>- Impianti recuperatori di calore in alcuni ambienti (portinerie, PCC, spogliatoi)</li> <li>- Tornio in fossa;</li> <li>- Verniceria per i rotabili (eventuale);</li> <li>- Cabina ricevitrice e una MT/b;</li> <li>- SSE per la TE dei depositi;</li> </ul>
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 9.8 GM1: SOVRAPPASSO PEDONALE CONCA D'ORO

Nella tratta E, su Via Lanza di Scalea, in corrispondenza della rotatoria di accesso all'ipermercato Conca d'Oro, è prevista la realizzazione di un sovrappasso pedonale, con caratteristiche simili a quelle del sovrappasso del Velodromo. Il sovrappasso si inserisce nelle aree a verde attualmente esistenti sui margini Est ed Ovest di Via Lanza di Scalea. L'impalcato poggia da un lato su un rilevato in terra rinforzata integrato nelle opere (colline verdi) di mitigazione ambientale della ES1; sul lato Ovest di Via Lanza di Scalea è prevista una torre dotata di scale all'aperto e di ascensore per superare il dislivello.



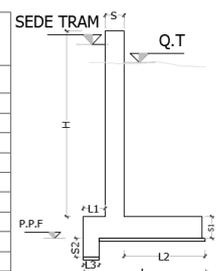
L'opera di scavalco GM1 ha luce complessiva di circa 50 metri (cfr. TAV 70) ed è costituita da due campate di 50 metri ciascuna. Le spalle costituite da strutture scatolari in c.a. sono nascoste da rilevati in terra rinforzata. La struttura della passerella pedonale è costituita da una trave a doppio T, un impalcato e dei traversi in acciaio corten. La trave impalcato è interamente forata al fine di realizzare una struttura sottile che non va in contrasto con l'ambiente circostante.

### 9.9 OPERE D'ARTE MINORI: CANALI E OPERE DI SOSTEGNO

Per la realizzazione di alcuni tronchi singolari presenti in corrispondenza delle tratte C ed E, al fine di consentire

l'allargamento o l'adeguamento plano-altimetrico dell'attuale sede stradale, è stato necessario inserire alcune opere di sostegno. Sono state previste, in relazione

TABELLA MURI						
	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	TIPO E	TIPO F
Altezza min. paramento (H)	4,66 m	3,75 m	2,28 m	1,00 m	-	-
Altezza max. paramento (H)	6,00 m	4,66 m	3,75 m	2,28 m	7,00 m	5,20 m
Spessore in sommità (S)	0,60 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,60 m	0,40 m
Spessore fondazione (S1)	0,70 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m	1,20 m	0,70 m
Spessore dente (S2)	0,60 m	-				
Lunghezza mensola fondazione valle (L1)	0,70 m	-				
Lunghezza mensola fondazione monte (L2)	2,50 m	2,00 m	1,70 m	1,50 m	3,00 m	2,10 m
Lunghezza totale fondazione (L)	3,80 m	3,20 m	2,90 m	2,70 m	4,40 m	2,50 m
Lunghezza dente (L3)	0,50 m	-				



Nota bene: nel profilo del muro, gli spessori delle fondazioni relativi alle diverse tipologie di muro, sono stati disegnati facendo riferimento allo spessore massimo, ovvero quello di monte.

alla tipologia dei terreni di fondazione, sei differenti tipologie di muri da adottate in funzione delle caratteristiche del tratto oggetto di adeguamento.

Sono previsti muri in calcestruzzo armato con rivestimento del paramento verticale esterno in pietra serena. La Figura seguente illustra la sezione tipo dei muri con la relativa tabella di dimensionamento in funzione dell'altezza.

Fra gli interventi di progetto sono inoltre previsti, previa ispezione per valutarne le condizioni strutturali, interventi di rifacimento del **Canale Boccadifalco (Tratta C)** in corrispondenza di Via Palmerino e del **Canale Ferro di Cavallo (Tratta E)** in corrispondenza della Via Galatea, già individuato nello SdFBC, e della Via Mondello individuato in questa fase di progetto per via dell'adeguamento della tratta E al tracciato indicato dalla Commissione.

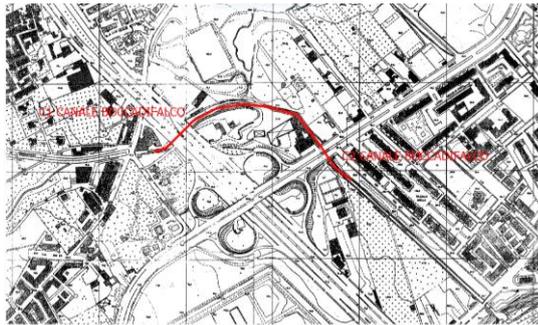


Figura – Canale Boccadifalco – Viale Regione Siciliana – Tratta C



Figura – Canale Ferro di Cavallo – Via Mondello – Tratta C

## 10 ACCESSIBILITA', FRUIBILITA' E SICUREZZA

### 10.1 ACCESSIBILITÀ DELL'INFRASTRUTTURA

Requisito base di ogni infrastruttura di trasporto deve essere la garanzia del diritto all'accessibilità non discriminato per tutta la popolazione ed in particolare per fruitori che presentano forme di disabilità.

Un elemento fondamentale per l'accessibilità generale dell'infrastruttura è la previsione strutturata di **parcheggi di scambio gomma-ferro**, ben distribuiti lungo la linea, con particolare concentrazione nelle zone di ingresso alla città. Le aree di parcheggio saranno caratterizzate da segnaletica di indicazione per il raggiungimento delle stesse e da una chiara indicazione del numero di posti liberi, per scongiurare la generazione di "traffico parassita" (utenti alla ricerca di stalli liberi). La segnalazione dei parcheggi e dei relativi posti liberi sarà inoltre riportata anche nell'app dedicata al sistema di mobilità. Si prevede infatti, per una migliore accessibilità all'infrastruttura, la realizzazione di una **applicazione per smartphone e pc**, specificamente sviluppata per il servizio di trasporto pubblico della città di Palermo. L'applicazione consentirà di verificare in tempo reale i tram in circolazione, i tempi di attesa e, in generale, di pianificare i percorsi, con riferimento non solo alle linee tranviarie, ma al trasporto pubblico locale di Palermo.

Tramite l'app dedicata all'infrastruttura, sarà possibile, inoltre, accedere ad un sistema pagamento dei biglietti e sul mezzo sarà inoltre attivo il sistema di **pagamento contact less**. Il sistema di pagamento tipo contactless sarà inoltre integrato alla biglietteria automatica, sia in fermata, che a bord dei mezzi. Le fermate saranno inoltre dotate di **paline e/o totem fotovoltaici**, che forniscono informazioni all'utente, sui tempi di attesa, sia con messaggi di testo che mediante mappe. Ogni display è dotato di pannello fotovoltaico e di una batteria per essere energeticamente indipendente, sia il giorno che la notte, senza la necessità di essere collegato ad una linea elettrica. La palina comunica tramite tecnologia wireless GSM/GPRS con ogni mezzo pubblico opportunamente strumentato con un dispositivo di localizzazione satellitare (GPS) che permette di individuare con precisione la posizione dei veicoli e, quindi, di visualizzare sul display a LED i tempi di attesa. Il sistema palina/tram è gestito a livello superiore da una centrale operativa di controllo, che permette di configurare i dispositivi in tempo reale e di intervenire.

Per quanto concerne l'accessibilità all'infrastruttura da parte di fruitori con forme di disabilità, in affiancamento alle generali dotazioni volte all'abbattimento delle barriere architettoniche, verranno inseriti

sistemi che agevolano e rendono sicura la fruizione dell'infrastruttura. In tale direzione, le fermate ed i luoghi di particolare interesse saranno dotate oltre che del tradizionale sistema di percorsi tattili, di un più innovativo sistema **LVE**, LOGES - VET – EVOLUTION, atto a fornire, oltre alle indicazioni con percorsi tattili, anche informazioni vocali mediante l'integrazione con un avanzato sistema, utilizzabile con il proprio smartphone. Al di sotto delle piastre di cui è composto il percorso, vengono inseriti dei tag a radio frequenza che predispongono il sistema a fornire in auricolare informazioni vocali di qualsiasi genere sulla posizione in cui ci si trova l'utente, sull'ambiente circostante, sulla presenza di uffici o strutture di pubblico interesse, di esercizi commerciali, fornendo anche orari di apertura e ogni altra informazione che si ritenga utile.



Il sistema è stato approvato ed ampiamente studiato dall'Istituto Nazionale per la Mobilità Autonoma di Ciechi ed Ipovedenti I.N.M.A.C.I.

In affiancamento agli innovativi sistemi tattili vocalizzati, l'infrastruttura sarà dotata di **mappe tattili** in fermata e nei luoghi di particolare interesse sia sociale, sia culturale. Le fermate saranno inoltre dotate di **manicotti tattili** in corrispondenza delle protezioni delle banchine, riportanti l'indicazione della fermata e la direzione.

## 10.2 SICUREZZA DELL'INFRASTRUTTURA

La sicurezza dell'infrastruttura tranviaria è strettamente connessa alle interferenze con la rete viaria, con la quale dovrà integrarsi al meglio. Per garantire la sicurezza dei diversi utenti della strada (automobilisti, ciclisti, pedoni, ecc.) e di quelli del sistema tranviario, si prevede l'utilizzo di **segnaletica ad alta visibilità** con materiali plastici, per la regolazione del traffico e, sia per una efficace informazione dell'utente. Nell'ambito dei materiali plastici per segnaletica orizzontale, il termocolato costituisce l'applicazione per eccellenza capace dei più alti parametri qualitativi del prodotto anche nelle più estreme condizioni d'uso.

Per la regolamentazione dei flussi di traffico veicolare e tranviario, in corrispondenza delle intersezioni e dei by-pass, si prevede l'uso di un **sistema semaforico intelligente**, che gestisce la temporizzazione dinamica (on-line, in tempo reale) delle fasi del segnale. Il sistema utilizza sensori posti sulle strade afferenti ai nodi della rete viaria, atti a rilevare la presenza di veicoli in ogni corsia e di pedoni in attesa di compiere l'attraversamento della strada. I sensori per l'individuazione dei veicoli sono generalmente circuiti induttivi installati all'interno della pavimentazione stradale. I sensori pedonali sono in genere pulsanti. Le informazioni raccolte dai sensori consentono al sistema di calcolare e adattare i tempi di attesa (fasi di verde, giallo e rosso). Per la sicurezza del traffico su due ruote si prevede, ove strettamente necessario, l'istallazione di **cordoli di sicurezza** di delimitazione dell'infrastruttura tranviaria lato strada, di una particolare tipologia, avente un lato con profilo inclinato. La superficie lato strada, inclinata di circa 45°, elimina infatti lo spigolo vivo superiore. Ciò consente di agire, in termini di sicurezza, su due fronti: da un lato la prevenzione delle cadute a seguito, ad esempio, dell'urto di pedaline e pedivelle del motociclo contro il cordolo, in curva o per un improvviso sbandamento del mezzo verso il bordo della strada, dall'altro, l'attenuazione dei danni ai ciclisti e ai motociclisti in caso di urto del corpo contro il cordolo a seguito di cadute accidentali o di incidenti stradali.

Il progetto offerto prevede, inoltre, la dotazione di un **sistema di illuminazione diffusa e differenziata** lungo la linea tranviaria e nelle parti adiacenti, oggetto di riqualificazione, al fine di favorire il

raggiungimento delle fermate in piena sicurezza e di ottenere un sistema differenziato per una migliore identificazione di tranvia, strade, aree pedonali e piste ciclabili.

### **10.3 GARANZIA DI FRUIBILITÀ E CONTINUITÀ DELL'INFRASTRUTTURA**

In termini di fruibilità sono state previste le seguenti principali strategie:

- ✓ Inserimento di **binari di scambio** in corrispondenza delle tratte in cui i binari sono affiancati ed implementazione dei medesimi scambi nel tratto esistente di Piazzale Einstein / Stazione Notarbartolo al fine di favorire le manovre di scambio in caso di guasti o disservizi sulle tratte tranviarie;
- ✓ **Incremento del numero di ridondanze a bassa e media tensione** per assicurare la trazione elettrica e quindi la continuità dell'esercizio e consentire l'alimentazione della linea da qualunque sottostazione esistente. Ad esempio il collegamento in MT della Stazione Vignicello con la Cabina Ricevitrice Cappuccini;
- ✓ Adozione di sistema **Unità di Comando Scambi (UCS)** Automatico del tipo OBCU (Control Unit) per l'automatizzazione della linea al fine di consentire il comando in automatico ed in remoto (senza intervento dell'autista e del posto di comando) degli scambi e minimizzare i ritardi sulle linee tranviarie;
- ✓ Inserimento di **gruppi di continuità** per l'alimentazione delle attuali e delle nuove Unità di Comando Scambi (UCS) al fine di consentire di effettuare le manovre ed il riavvio in remoto degli scambi anche in caso di assenza di alimentazione sugli UCS;
- ✓ Proposta di realizzazione di un **anello in media tensione** che colleghi tutte le nuove Sotto Stazioni Elettriche (SSE) al fine di garantire la continuità di alimentazione delle SSE anche in caso di guasto di una tratta della linea di media tensione;
- ✓ Proposta di implementazione di un **impianto TVCC per la videosorveglianza delle fermate**, stazioni e dei punti singolari ritenuti utili nell'intorno dell'infrastruttura tram al fine di migliorare la sicurezza degli utenti.

## **11 IMPIANTI**

**Gli impianti per la trazione elettrica e quelli per il controllo e la sicurezza dell'esercizio sono stati studiati in accordo alle vigenti norme tecniche, perseguendo, tra gli altri, l'obiettivo di ottimizzare e di diminuire al massimo le sottostazioni elettriche a servizio della nuova rete tranviaria.** Si tratta di impianti innovativi (ma pienamente compatibili con quelli delle linee tranviarie già in esercizio a Palermo), in particolare per le tratte prive di catenaria aerea, nelle quali è stato introdotto il sistema APS di Alstom (e rotabili Citadis X05) perfettamente compatibile con le specificità architettoniche, ambientali e paesaggistiche delle zone attraversate, offrendo – al contempo - i migliori standard di funzionalità, affidabilità (99% su base annuale), efficienza energetica e di sicurezza per gli utenti del sistema di trasporto, dei pedoni e di altri utenti deboli della strada.

### **11.1 TRAZIONE ELETTRICA**

Le tratte tranviarie in progetto, come più volte evidenziato, saranno realizzate in parte con un sistema tradizionale (catenaria) e in parte (es. centro storico) con il sistema di alimentazione dei rotabili a livello del binario ("ground level system") Alstom APS. Il sistema di trazione con catenaria, già utilizzato nella città di Palermo sulle linee tranviarie esistenti, ha caratteristiche di affidabilità e sicurezza ben note ai tecnici del settore (per ogni ulteriore approfondimento si vedano gli elaborati grafici). Per quanto invece riguarda le tratte di tipo "catenary free", l'alimentazione dei rotabili avverrà mediante "terza rotaia" (contact rail) posta in corrispondenza dell'asse del binario, tra le due rotaie a gola (scartamento ordinario di 1.435 mm).

La "terza rotaia" si compone di **più segmenti** metallici, ciascuno avente una **lunghezza di 8 m, tra loro isolati** con apposite tratte di isolamento lunghe 3 m). I segmenti vengono **energizzati ed attivati esclusivamente tramite un radiocomando emesso dai rotabili tranviari** che viene captato da un

sottostante loop che determina la chiusura di un contattore di potenza di collegamento di ogni singolo segmento con una linea alimentatrice a +750 V. **In questo modo si ottiene il passaggio di corrente elettrica solo e soltanto sui i segmenti di terza rotaia che, man mano il Tram avanza, sono posti al di sotto dello stesso** e quindi risultano a diretto contatto con due pattini di captazione (*frotteurs*), uno anteriore ed uno posteriore, di cui è munito il rotabile scelto (Alstom Citadis X05). L'impianto per le tratte "catenary free", è così composto:

- ✓ alle due estremità della sezione di alimentazione della linea sono ubicate le sottostazioni di energia da ciascuna delle quali, in configurazione di alimentazione bilaterale, parte il feeder a +750 V;
- ✓ al suddetto cavo si collegano i contattori di energia situati nella scatola di alimentazione (coffret d'alimentation "CA"), inserita nella sede stradale;
- ✓ ogni scatola di alimentazione pone sotto tensione a +750 V il segmento della "contact rail" (circuito in tratto a colore rosso) che si trova esattamente sotto il Tram, captando il radiosegnale emesso dallo stesso Tram che così certifica la propria presenza e posizione senza margini di errore;
- ✓ ogni scatola di alimentazione è provvista anche di un secondo contattore disposto normalmente in chiusura verso il feeder di "terra" e che in condizioni di presenza del radiosegnale, al contrario, si dispone in apertura;
- ✓ una linea di controllo "ligne pilote" mette in collegamento le sottostazioni e tutte le scatole di alimentazione, convogliando i segnali di permanente verifica della coerenza delle condizioni di funzionamento con quelle di sicurezza e funzionalità prescritte per il sistema.

È utile evidenziare che i segmenti di rotaia, di volta in volta energizzati, sono fisicamente inaccessibili ad eventuali pedoni, animali, oggetti, ecc. e quindi non vi è alcun rischio di elettrocuzione. A questo proposito è stata condotta una disamina della più recente letteratura tecnico-scientifica reperibile nei database scientifici di maggior rilevanza internazionale (Scopus, Web of Science, Sciencedirect) dalla quale emerge che il **sistema APS Alstom**, in tutte le linee in cui è stato usato, **non ha mai dato alcun problema di sicurezza per gli utenti, neanche in condizioni meteo-climatiche sfavorevoli come nel caso di acqua stagnante sulla piattaforma stradale.**

## **11.2 IL SISTEMA DI CONTROLLO E DI SICUREZZA DELL'ESERCIZIO**

Il **sistema di controllo e di sicurezza dell'esercizio** proposto per le nuove tratte Tranviarie della città di Palermo è stato progettato in conformità ai più recenti criteri di funzionalità, sicurezza ed efficienza per la circolazione tranviaria ed è stato strutturato per essere pienamente compatibile il sistema che serve le linee attualmente in esercizio. La circolazione sarà assistita da un *centro di controllo e di supervisione* mediante l'ausilio di apparati di sicurezza per la gestione automatica delle tratte, dei deviatori e dei capolinea. **Il sistema centralizzato di supervisione dell'esercizio** permetterà di ottimizzare i movimenti grazie a funzioni aggiuntive di indirizzamento automaticamente dei rotabili, informando in tempo reale i conducenti su eventuali anticipi o ritardi rispetto alle tabelle di marcia programmate. Il sistema centralizzato elaborerà e trasmetterà, in tempo reale, le **informazioni agli utenti sui i tempi di attesa che saranno visualizzati in pannelli informativi alle fermate**. Il sistema gestisce anche la **regolamentazione dei cicli semaforici in modalità coordinata e centralizzata in corrispondenza delle intersezioni tra linee tranviarie – e stradali, garantendo la priorità ai Tram**. La centralizzazione del sistema consente la supervisione continua dello stato diagnostico degli enti periferici quali regolatori d'incrocio, lanterne, spire tranviarie e stradali. Nel **Posto Centrale di Controllo (PCC)** saranno effettuate le seguenti principali mansioni: *a)* supervisionare il sistema di segnalamento e sicurezza di tutte le linee tranviarie; *b)* fornire informazioni e comunicazioni via radio direttamente con i conducenti dei tram; *c)* inviare agli utenti informazioni e scritte sui Pannelli a Messaggio Variabile (PVM) sia nelle fermate, sia all'interno dei rotabili; *d)* gestire il sistema elettrico TE attraverso le funzioni del "Supervisory Control and Data Acquisition" (SCADA); ecc. L'impianto di segnalamento, telecomunicazione, telecomandi e di SCADA ("*Supervisory Control and Data Acquisition*") è composto da sei distinti sistemi a logica distribuita, tra loro integrati:

1. Sistema di Segnalamento, Supervisione e Controllo della Linea e del Deposito funzionale alla gestione in sicurezza delle rotte e degli instradamenti;

2. Sistema di Controllo dell'esercizio e sistema di Localizzazione dedicati alla localizzazione del veicolo, alla gestione del sistema radio e al controllo dell'esercizio per l'intera flotta in circolazione, ed inoltre all'aggiornamento dei tempi di attesa indicati sui PMV delle fermate;
3. Sistema di Regolazione e Supervisione Semaforica, che garantiscono la priorità di marcia negli incroci al Tram mediante regolatori semaforici di incrocio;
4. Sistema di Supervisione delle Sottostazioni Elettriche (SCADA) dedicato al telecontrollo e alla supervisione in tempo reale di tutti gli apparati presenti nelle sottostazioni elettriche (come ad es. i trasformatori, gli interruttori, i sezionatori, ecc.) e nei punti di alimentazione lungo linea;
5. Sistema di Videosorveglianza, Informazione all'Utenza e Comunicazioni di Emergenza dedicati alla gestione delle funzionalità di assistenza in fermata mediante telecamere a circuito chiuso, citofoni di emergenza (colonnine SOS), o sistemi di informazione all'utenza attraverso i pannelli a messaggio variabile e diffusione sonora.
6. Sistema di Bordo dedicato alle funzionalità di bordo quali comunicazione terra – bordo (comando scambi e prenotazione rotte), localizzazione (gestione anticipi/ritardi), gestione dell'interfaccia conducente (abilitazioni) e comunicazioni via radio.

Per elevare al massimo la sicurezza dell'esercizio si è prevista l'installazione on-board **del sistema di assistenza alla guida ADAS (Advanced Driver Assistance System)**, specificatamente studiato i rotabili Citadis X05 che garantisce l'individuazione **di pericoli o di rischi presenti sull'infrastruttura e nelle sue vicinanze** (altri Tram, veicoli, pedoni, ecc.) intervenendo, con una frenata di emergenza e con l'arresto del rotabile, in caso di ritardi nei tempi di percezione e reazione del macchinista.

### **11.3 IMPIANTI LUCE E FM**

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 FG16(O)M16 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 interrato, 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.

### **11.4 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 e 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;

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 FG16(O)R16. 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 impresenziati, 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.

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. Sarà realizzato un **impianto aria compressa** a servizio dell'officina di manutenzione e rimessaggio del **Deposito ZEN**, alimentato da due compressori alternativi a due stadi muniti di impianto di raffreddamento ad aria. La zona adibita ad uffici sarà dotata di **impianto di climatizzazione**: allo scopo di realizzare un buon compromesso tra livello di qualità ambientale, affidabilità e costi è stata scelta, quale tipologia impiantistica, l'impianto a fancoils. 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. Si pensa alla dotazione di un adeguato numero di estintori ed è stata prevista l'installazione di un **impianto idrico antincendio** con idranti UNI45.

## **11.5 IMPIANTI DI SUPERVISIONE E CONTROLLO**

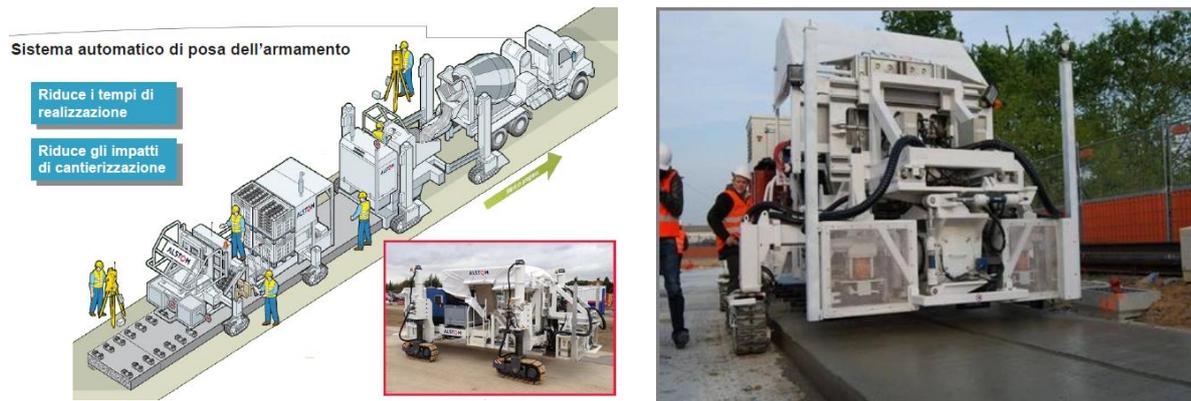
Il Sistema di Trasporto sarà dotato di un **Sistema di Supervisione e Controllo** tranviario in grado di essere di ausilio al conducente nella marcia a vista per permettergli di garantire i requisiti prestazionali di sistema richiesti. Il **Sistema di Segnalamento** assicura i transiti in sicurezza nei tratti singolari di linea quali: zone di manovra: capolinea o bivi; zone a scarsa visibilità (curve); tratti di circolazione banalizzata a singolo binario; intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali); intersezioni tra le linee tranviarie.

## **12 SICUREZZA E CANTIERIZZAZIONE**

### **12.1 IL SISTEMA APPITRACK DI ALSTOM PER LA POSA DELLE PISTE**

La soluzione proposta per l'installazione delle linee tranviarie fa riferimento ad un processo esecutivo sviluppato dalla società francese Alstom Transport denominato Appitrack. Questo processo costruttivo consente di installare la sovrastruttura più velocemente rispetto ai metodi convenzionali e **migliora le condizioni di sicurezza e la pulizia del cantiere**, riduce i disturbi ambientali anche in termini di impatti sonori e polveri oltre, ovviamente, a permettere una esecuzione dell'opera in progetto più rapida in termini complessivi. Tale processo è stato specificatamente studiato e collaudato per i tracciamenti su rotaia in ambito urbano. Il processo costruttivo Appitrack viene attuato attraverso un **convoglio di macchinari sincronizzati tra loro a guida 3D**, in grado di procedere in avanzamento con velocità esecutive notevoli altrimenti non conseguibili con altre tecnologie di posa (**ca. 150÷200 m/giorno contro i 25 m/giorno**

medi del sistema manuale), permettendo, tra l'altro, una più breve pianificazione generale per l'esecuzione dell'opera e la riduzione dei suoi costi.



Il sistema proposto consente, quindi, l'installazione dei binari con notevole riduzione dei tempi esecutivi senza introdurre ulteriori vincoli sulle opere civili. Offre maggiore flessibilità di programmazione ed esecuzione in relazione ad una risposta intrinseca del sistema più elevata, con il vantaggio di conseguire **fasi di lavoro integrate e interventi più semplici lungo la linea del cantiere in avanzamento**, con indubbi **miglioramenti in termini di sicurezza per i lavoratori a causa delle ridotte o nulle interferenze** tra le sottofasi e l'introduzione del processo standardizzato a rischi inferiori intrinseci. Con tale tecnologia di posa, tra l'altro, **l'impatto** dei lavori di costruzione dell'infrastruttura sull'ambiente circostante è, in generale, notevolmente ridotto, **limitando il rumore, le polveri, le emissioni di CO<sub>2</sub> ed i rifiuti**. In definitiva il processo consegue una riduzione della durata complessiva dei lavori di costruzione, limitando gli impatti sul traffico stradale cittadino ed i rischi sull'ambiente circostante in termini di rumore, emissioni e polveri.

## **12.2 LO STUDIO DI CANTIERIZZAZIONE DELLE TRATTE A, B, C**

La **Tratta A**: Balsamo - Croce Rossa si sviluppa per circa 12.34 m, dalla via Paolo Balsamo fino al piazzale Alcide De Gasperi; la tratta è interamente realizzata a binario singolo ed è dotata di 30 fermate. Lungo il suo percorso sono previsti interventi di valorizzazione, rivisitazione e riqualificazione che interesseranno 4 aree significative ASi, 6 aree a verde AVRi, 6 nodi viari AVi e la realizzazione di un manufatto speciale AM1.

Il preliminare studio di cantiere è stato sinteticamente illustrato negli elaborati grafici e nelle indicazioni contenute nella **TAV. 129** e nella **TAV. 130**. In particolare le predette tavole mostrano:

- il tracciato tranviario ed i principali sottoservizi interferenti;
- la tipologia dei **cantieri lineari CLi** lungo i tronchi che compongono l'intera Tratta A, suddivisi e classificati in:
  - ❖ cantieri lineari bordo strada con assenza o con minime intersezioni stradali;
  - ❖ cantieri lineari bordo strada con presenza di intersezioni stradali;
  - ❖ cantieri lineari centro strada con presenza di intersezioni stradali;
- le aree dei cantieri puntuali CPi in presenza di intersezioni o immissioni.
- le **Base logistiche BL1** ed il **Cantiere operativo CO1** lungo il percorso con il preliminare studio delle recinzioni, degli ingressi ed uscite del cantiere, la principale dislocazione logistica dei prefabbricati a servizio del cantiere, i magazzini, i depositi e le attrezzature;
- uno schema di avanzamento operativo del cantiere lineare;
- uno schema di studio veicolare per la valutazione/mitigazione degli impatti sul traffico stradale;
- la illustrazione delle principali fasi operative dell'avanzamento del cantiere lineare, corredate della cartellonistica di sicurezza da utilizzare.

Lungo la **Tratta A** sono previste **due Basi logistiche** in fasi temporalmente distinte da cantierare in aree

distinte di Piazza Giovanni Paolo II, un **Cantiere Operativo** in Piazza Don Luigi Sturzo e la realizzazione del **Manufatto speciale AM1** – Deposito tram / Parcheggio sotterraneo in Piazza Giovanni Paolo II.

La **Tratta B**: Stazione Notarbartolo – Duca della Verdura – Libertà si sviluppa per circa 1.860 metri, dalla stazione Notarbartolo fino a via della Libertà; la tratta è interamente realizzata in doppio binario ed è dotata di n. 4 fermate. Lungo il suo percorso sono previsti interventi di valorizzazione, rivisitazione e riqualificazione che interesseranno 1 area significative BS1, 1 area a verde BVR1, 2 nodi viari BVi e la realizzazione di un manufatto speciale BM1.

Il preliminare studio di cantiere è stato sinteticamente illustrato negli elaborati grafici e nelle indicazioni contenute nella **TAV. 131** e nella **TAV. 132**.

In particolare le suddette tavole mostrano:

- il tracciato tranviario ed i principali sottoservizi interferenti;
- la tipologia del **cantiere lineare CLi** lungo i tronchi della Tratta B, costituente il:
  - ❖ cantiere lineare centro strada con intersezioni stradali
- le aree dei **cantieri puntuali CPI** in presenza di intersezioni o immissioni;
- i **Cantieri operativi COi** per la realizzazione del ponte Notarbartolo, con il preliminare studio delle recinzioni, degli ingressi ed uscite del cantiere, la principale dislocazione logistica dei prefabbricati di servizio del cantiere, i magazzini, i depositi e le attrezzature;
- uno schema di avanzamento operativo del cantiere lineare;
- uno schema di studio veicolare per la valutazione/mitigazione degli impatti sul traffico stradale;
- la illustrazione delle principali fasi operative dell'avanzamento del cantiere lineare e del varo del ponte Notarbartolo corredate della cartellonistica di sicurezza da utilizzare.

Lungo la Tratta B sono previsti due **Cantieri Operativi CO2** e **CO3** in corrispondenza delle testate del ponte della stazione in prossimità di via Daidone e via Pecoraro e la realizzazione del **Manufatto speciale BM1** – Ponte su Stazione Notarbartolo.

La **Tratta C**: Orleans – Calatafimi, si sviluppa per circa 9.110 metri, dalla stazione Centrale lungo il Parco d'Orleans fino al corso Calatafimi impegnando un tratto di viale della Regione Siciliana, ed è costituita da un tratto a doppio binario esteso 2.130 metri circa ed un tratto a singolo binario esteso 6.980 metri circa; la tratta è dotata di n. 24 fermate.

Lungo il suo percorso sono previsti interventi di valorizzazione, rivisitazione e riqualificazione che interesseranno 2 aree significative CSi, 2 aree a verde CVRi, 2 nodi viari CVi e la realizzazione di tre manufatti speciale CM1, CM2, CM3.

Il preliminare studio di cantiere è stato sinteticamente illustrato negli elaborati grafici e nelle indicazioni contenute nella **TAV. 133** e nella **TAV. 134**.

In particolare le suddette tavole mostrano:

- il tracciato tranviario ed i principali sottoservizi interferenti;
- la tipologia del **cantiere lineare CLi** lungo i tronchi che compongono l'intera Tratta C, suddivisi e classificati in:
  - ❖ cantieri lineari bordo strada con assenza o con minime intersezioni stradali
  - ❖ cantieri lineari bordo strada con presenza di intersezioni stradali
- la **Base logistica BL2** ed i **Cantieri operativi CO4, CO5** lungo il percorso con il preliminare studio delle recinzioni, degli ingressi ed uscite del cantiere, la principale dislocazione logistica dei prefabbricati di servizio del cantiere, i magazzini, i depositi e le attrezzature;
- la illustrazione delle principali fasi operative per la realizzazione dei sovrappassi pedonali corredate della cartellonistica di sicurezza da utilizzare.

Lungo la Tratta C è prevista **una Base logistica**, in adiacenza al sovrappasso pedonale **CM3** su via E.Basile, due **Cantieri Operativi**: CO4 ubicato all'interno del quadrante di nord-est dello svincolo a quadrifoglio su via Regione/via E.Basile; CO5 all'interno dello slargo su corso Tukory compreso tra le vie Arcoleo e del Vespro (cantiere operativo qui ubicato per consentirne l'utilizzo anche nel corso della

realizzazione della Tratta A), e la realizzazione di n. **3 Manufatti speciali CM1, CM2, CM3** (i sovrappassi pedonali) descritti nel seguito tra le opere d'arte maggiori.

### 12.3 INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI NON SEGNALATI

La complessità della rete di sottoservizi presenti nel sottosuolo cittadino e la continua modifica dinamica degli stessi, non può escludere la possibilità di intercettare, durante i lavori, alcuni di loro, "sfuggiti" alla mappatura preventiva. I Piani di sicurezza dovranno prevedere ed individuare modalità tecniche idonee affinché l'eventuale intercettazione emerga in modo preordinato e non casuale, attraverso **procedure di ricerca da elaborare di concerto con i vari Enti** che gestiscono i predetti sottoservizi. Le **principali cautele da attuare** riguarderanno:

- ✓ la verifica dello stato dei luoghi interessati dall'apertura di un nuovo tratto prima della riunione preliminare di coordinamento, con particolare riferimento ai sottoservizi presenti;
- ✓ indagini con rilevatori;
- ✓ restituzione grafica planimetrica dei rilievi;
- ✓ preliminare tracciamento dei sottoservizi non segnalati;
- ✓ modalità operative controllate.

## 13 PIANO GESTIONE MATERIE

La produzione totale dei materiali, provenienti dagli scavi di sbancamento per la realizzazione delle tratte tranviarie, compresi quelli provenienti dagli scavi di sbancamento e sezione obbligata per la realizzazione dei Manufatti Speciali (AM1, BM1, etc) ammonta a circa 464.000 mc di cui il 75% proveniente dalle attività di scavo necessarie per la realizzazione delle tratte e la rimanente parte, pari a circa 114.160 mc necessari per realizzare l'imprescindibile "Deposito Stadio" utile per accogliere le vetture destinate alla circolazione sulla tratta A e B.

TRATTA	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE TRATTE E MOVIMENTI DI MATERIA							
	Lunghezza totale A/R	Fermate	Sede con Binario		MdM (Tratte)	MdM (Manufatti Speciali)	Manufatti Speciali	Rifiuti Speciali (Fresato Stradale)
Nome	[Km]	[Numero]	Singolo	Doppio	[mc]	[mc]	[Denominazione]	[mc]
A	12,37	30	12,37	-	74.197	114.160	AM1	6.492
B	1,86	4	-	1,86	11.155	788	BM1	2.092
C	9,11	21	6,98	2,13	32.322	378	CM1, CM2, CM3	6.060
D	8,98	19	2,68	6,30	26.390	1.544	DM1	3.959
E	19,55	45	5,66	13,89	99.185	23.040	EM1, EM2	18.597
F	9,20	22	3,72	5,48	43.284	-	-	8.116
G	7,26	15	2,46	4,80	35.676	189	GM1	6.689
<b>TOTALE</b>	<b>68,32</b>	<b>156</b>	<b>33,86</b>	<b>34,46</b>	<b>322.208</b>	<b>140.098</b>	<b>-</b>	<b>52.994</b>
<i>LEGENDA Manufatti Speciali : AM1 : Deposito Stadio; BM1: Ponte Notarbartolo; CM1, CM2, CM3: Sovrappassi; DM1: Ponte Oreto; EM1: Sovrappasso Velodromo; EM2: Deposito ZEN; GM1: Sovrappasso Conca D'Oro</i>								<i>MdM : Movimenti di Materia</i>

Gli interventi previsti verranno realizzati utilizzando sia materiale proveniente dagli scavi, sia materiale selezionato proveniente da cave di prestito. In particolare si prevedono:

- 464.382 mc di terre provenienti dagli scavi (di sbancamento e a sezione obbligata);
- 55.400 mc di demolizioni di pavimentazioni strali (rifiuto speciale non pericoloso);
- 500 mc demolizioni di cordoli, orlature ed opere in c.a. esistenti.

Di questi:

- 116.096 mc (25% delle terre provenienti da scavi) saranno utilizzati per rinterrì, modellazioni e per la preparazione (previo trattamento a cemento) del piano di posa della sede tranviaria;
- 294.903 mc saranno conferiti presso i siti di deposito individuati nell'elaborato TAV. 5 – "Corografia con l'ubicazione dei siti di cava e deposito";
- 55.400 mc saranno portati a discarica per rifiuti speciali autorizzata (fresato stradale).

Il materiale (circa 3.000 mc) proveniente da cava di prestito sarà estremamente modesto in quanto esclusivamente utile per la realizzazione dei nuovi tratti di sede stradale (*fondazione in misto granulometrico*) che dovranno accogliere la sede tranviaria, previsti in corrispondenza delle tratte D (nuova strada di collegamento Ospedale / Bonagia) ed E (prolungamento di Via Mattei), nonché per la realizzazione delle nuove sovrastrutture stradali del nuovo deposito ZEN e per la sistemazione della nuova viabilità intorno al nuovo deposito di Pizza G. Paolo II (Deposito Stadio).

Nel calcolo dei materiali in esubero derivanti dagli scavi sia delle tratte che dei manufatti speciali (opere d'arte maggiore) si è tenuto conto di un loro parziale riutilizzo derivante dalla necessità di riqualificazione ambientale delle Aree Significative localizzate nelle aree periferiche (Tratte D, E).

Nel Progetto di Offerta sono state individuate altre aree a verde di rimodellamento morfologico, denominate "AVRI" indicate nelle planimetrie dedicate alla rigenerazione urbana.

I materiali eccedenti risultano quindi 348.286 mc, pari a circa 731.400 tonnellate, che a seguito dello scavo per espansione volumetrica del 15% diventano 400.530 mc, materiale che dovrà essere conferito presso i siti di deposito di cui alla TAV. 5 del presente progetto.

In conclusione, il fabbisogno totale di materiale per la realizzazione dell'intera infrastruttura è veramente modesto e in parte sarà garantito dal riutilizzo dei materiali di scavo all'interno della stessa, ad eccezione del materiale necessario per la eventuale bonifica della sede stradale/tranviaria, pari a 32.500 mc, che dovrà essere approvvigionato direttamente da idonea cava di prestito.

## **14 ESPROPRI: QUANTIFICAZIONE PRELIMINARE**

Il progetto è stato improntato sulla necessità di ridurre al massimo il consumo del suolo di privati, inserendo i tracciati e le opere accessorie sulle sedi stradali e su aree già nella disponibilità della Amministrazione Comunale. **Per le tratte A, B, e C non sarà necessario avviare alcuna procedura espropriativa, mentre per le rimanenti tratte le percentuali di superficie da espropriare sono una frazione molto bassa dell'intera area interessata dall'intervento.**

Di seguito si riassumono i tratti essenziali della procedura espropriativa e le somme che occorre stanziare; ogni dettaglio è illustrato nell'elaborato R7.

I passi essenziali compiuti per determinare puntualmente le indennità di esproprio sono:

- 1) Individuazione della metodologia da adottare per determinare i valori indennitari;
- 2) l'inserimento delle infrastrutture e delle relative pertinenze sui fogli catastali;
- 3) l'inserimento delle infrastrutture e delle relative pertinenze sul fotomosaico;
- 4) l'individuazione delle zone omogenee interessate dal progetto;
- 5) l'elencazione dei mappali che occorre espropriare;
- 6) l'elencazione delle ditte proprietarie ricavate dalle visure catastali attualizzate;
- 7) le schede di valutazione dei fabbricati e dei manufatti per i quali occorre prevedere la demolizione.

Le varie sovrapposizioni, adiuuate dai necessari sopralluoghi, hanno permesso di definire con accettabile precisione i valori da assegnare alle singole aree da espropriare.

Oltre le indennità di esproprio sono state considerate anche le somme necessarie alla occupazione temporanea delle aree, necessaria alla cantierizzazione dell'opera e alle indagini, da eseguire in conformità alle richieste del bando e del nuovo Codice dei Contratti pubblici. Si è ritenuto prudente definire anche le somme necessarie alla occupazione d'urgenza qualora l'A.C. volesse procedere a strumenti acquisitivi più rapidi degli ordinari (tale eventualità è riportata nelle valutazioni espresse nella relazione del progetto a base di gara).

Le superfici da espropriare sono: per la "tratta D" **11.792,00 mq.**, per la "Tratta E" **31.465,00 mq** (compreso il deposito per 24 Tram), per la "Tratta G" **1.423,00 mq.**

Il calcolo delle indennità di esproprio è stato effettuato ricostruendo il valore di mercato ricavato, attraverso un'analisi ad ampio spettro, tendo conto delle considerazioni e valutazioni espresse nella relazione dello studio di fattibilità a base di gara e delle risultanze delle sovrapposizioni effettuate e dei sopralluoghi.

Poiché l'A.C. non è esonerata dal pagamento di tasse e imposte, sono state considerate anche le spese di procedura come trascrizioni, registrazioni, pubblicazioni ecc. Si è ritenuto opportuno considerare anche le spese per eventuali contenziosi, sia attivati con terne tecniche ai sensi dell'art. 21 del T.U.E., che innanzi alla giustizia ordinaria ed amministrativa. Nell'elaborato R7 una tabella riporta in dettaglio tutte le spese menzionate.

Applicando la procedura descritta si ottiene quindi **una spesa totale per espropri di circa 4,5 milioni di euro, ai quali occorre sommare i costi delle occupazioni temporanee e di urgenza per ulteriori circa 400 mila euro.**

Gli **oneri di procedura assommano a circa 300 mila euro**, mentre **quelli per contenziosi a ulteriori 1,8 milioni di euro** (spese legali, tecniche di giustizia e maggiori somme da erogare per eventuali transazioni).

Per quanto riassunto **si stima un costo totale della procedura acquisitiva di circa € 7.000.000,00.**

## **15 LCA: CICLO DI VITA DELL'INFRASTRUTTURA E DEI ROTABILI**

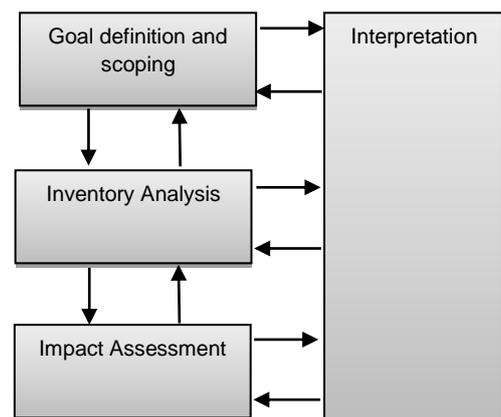
Nell'ambito delle attività di studio e di progettazione delle infrastrutture sono state effettuate delle analisi comparative mirate alla scelta dei materiali da usare e della tecnologia da impiegare nelle fasi costruttive, utilizzando la metodologia LCA (*Life Cycle Assessment*), in conformità alle norme ISO 14040 e ISO 14044. In base a queste norme, l'analisi LCA si compone di quattro differenti fasi: 1) *definizione degli obiettivi*; 2) *analisi d'inventario*; 3) *valutazione degli impatti*; 4) *interpretazione dei risultati*.

È stato così possibile ottimizzare le scelte tecniche con la finalità di limitare le esternalità ambientali (in fase di costruzione e di esercizio) del sistema di trasporto tranviario in analisi.

L'indagine, molto laboriosa, è stata eseguita anche con l'uso di software specialistici come il **Simapro** ed il **PaLATE (Pavement Life Cycle Assessment Tool for Environmental and Economic Effects)**. Con quest'ultimo, sono stati stimati gli effetti dell'uso di materiali vergini e riciclati, nelle diverse fasi di vita utile della sovrastruttura, ovvero: a) *estrazione delle materie prime*; b) *produzione*; c) *costruzione*; d) *manutenzione*; e) *fine vita*.

**I risultati ambientali**, espressi in termini di consumo di energia e di acqua, potenziale di riscaldamento globale (GWP), potenziale di tossicità per l'uomo (HTP), inquinanti atmosferici e rifiuti pericolosi prodotti, **sono stati usati per l'individuazione dei materiali, delle tecniche costruttive e manutentive descritte nei precedenti capitoli.**

Per quanto riguarda il Materiale rotabile scelto per le nuove tratte, si evidenzia che il Tram "**Citadis X05**" è **integralmente riciclabile (al 99%) alla fine della sua vita utile** (convenzionalmente individuata in 30 anni) e **rispetta appieno il regolamento REACH** (es. vernici usate a base d'acqua). Quindi, in accordo alle finalità delle analisi LCA, il rotabile scelto è quello che offre la migliore sostenibilità ambientale tra tutti quelli attualmente disponibili.



*Fasi in cui si è articolata l'analisi LCA per le tratte tranviarie di Palermo (ISO 14040 e ISO 14044)*

# ALLEGATO - OPERE A VERDE

## ELENCO DELLE AREE A VERDE ESISTENTI E PROPOSTE CHE INTERESSANO LA RETE TRANVIARIA

TRATTA	AREA A VERDE	SETTORI	UBICAZIONE	Area significativa/ Nodo viario/Manufatti speciali	Abaco specie esistenti	Tipologie di vegetazione proposte	Abaco specie proposte nello Studio di Fattibilità tecnica	Potenziamento vegetazione	Linee guida per la progettazione
A	AVR1	-	PIAZZA GIULIO CESARE/STAZIONE CENTRALE	AS1	<i>Ficus microcarpa</i> , <i>Ligustrum japonicum</i> , <i>Cupressus spp.</i> , <i>Nerium oleander</i> , <i>Durandella ellisia</i>	Alberi (A)	(A): 2 esemplari di <i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	Il giardino formale attualmente presente di fronte la Stazione Centrale sarà in parte interessato dal passaggio delle tratte A e C del tram. E' necessaria quindi una reinterpretazione di questo spazio oggi poco fruibile e ridotto, di fatto, ad uno spartitraffico. Si inseriscono due esemplari di <i>Jacaranda mimosifolia</i> ad incorniciare la statua ed a richiamare il filare alberato del vicino Corso Tukory.
	AVR2	AVR2.1	ALBERATURE DI VIA LIBERTA' (TRATTO STATUA-PIAZZA CROCI)	Nessuna	<i>Platanus x hybrida</i>	Alberi (A)	(A): <i>Platanus x hybrida</i>	SI	Possibile interferenza delle fermate su via Libertà con i Platani attualmente presenti. Per gli esemplari idonei dal punto di vista fitosanitario si prevede il trasferimento nella Rambla laddove attualmente vi sono delle fallanze.
		AVR2.2	VIALE DELLA LIBERTA' (RAMBLA) (CROCI-PIAZZA CASTELNUOVO)	AS2/AV4	<i>Platanus x hybrida</i>	Alberi (A) Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Tappezzanti (T)	(A): <i>Platanus x hybrida</i> (AM): <i>Myrtus communis</i> , <i>Camelia spp.</i> , <i>Euonymus alatus</i> , (AP): <i>Spirea spp.</i> , <i>Euphorbia spp.</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> , <i>Teucrium fruticosans</i> , <i>Daphne odora</i> , <i>Daphne mezereum</i> , <i>Santolina spp.</i> (T): <i>Rosmarinus officinalis var. prostratus</i> , <i>Helichrysum petiolare</i> , <i>Vinca major 'Variegata'</i> , <i>Vinca minor</i>	SI	Nella Rambla la pavimentazione acquisirà volumetrie e forme arrotondate rese possibili dall'introduzione di grandi cassoni rettangolari e/o quadrati di altezza variabile ed accostati tra loro a formare una sorta di mosaico. Questi ospiteranno una composizione di arbustive di media e piccola taglia abbinate a delle tappezzanti in modo da generare una serie di macchie di vegetazione dalle forme compatte e con colorazioni del fogliame e fioriture differenti anche nel corso delle stagioni. Il salotto della città si arricchisce di "grandi poltrone" fiorite e dalle colorazioni e forme variegata". Queste saranno distribuite lungo la Rambla ed affiancate da sedute. Le piante, scelte tra quelle con basse esigenze idriche, necessitano di un impianto di irrigazione.
		AVR2.3	POLITEAMA – RUGGERO SETTIMO	AS2	Nessuna	Vegetazione in vaso	<i>Carex testacea 'Prairie Fire'</i> , <i>Heucherella 'Solar Eclip'</i> <i>Corynephorus canescens</i> <i>Opuntia ficus indica var. attenuata</i>	SI	Inserimento di piante in vasi dalla forma rettangolare distribuiti lungo via Ruggero Settimo.
	AVR3	AVR3.1	PIAZZA ALCIDE DE GASPERI/PIAZZA GIOVANNI PAOLO II	AS3/AM1	<i>Jacaranda mimosifolia</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Durandella ellisia</i>	Arbustive grandi (AG) Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Tappezzanti (T) Ricadenti (Ri) Rampicanti (Ra)	(AG): <i>Ligustrum ovalifolium</i> , <i>Punica granatum</i> . (AM): <i>Berberis spp.</i> , <i>Euonymus alatus</i> , <i>Olearia mummularifolia</i> , <i>Hibiscus syriacus</i> , <i>Solanum rantonnetii</i> . (AP): <i>Santolina</i> , <i>Thymus capitatus</i> . (T): <i>Rosmarinus officinalis var. prostratus</i> , <i>Lantana montevidensis</i> (Ra): <i>Lonicera perclymenum</i> e <i>japonica</i> (Caprifoglio), <i>Bougainvillea</i> , <i>Rosa rampicante</i> <i>Edera vaiegata</i> . (Ri): <i>Drosanthemum floribundum</i>	SI	L'area AVR3 viene suddivisa in settori a seconda della specifica destinazione ed in funzione della tipologia di substrato disponibile. In questo caso si tratta della parte del giardino posta ad ovest della pista ciclabile dove si prevede di impiantare la vegetazione sul solaio del deposito tram. Di conseguenza vengono esclusi gli alberi d'alto fusto e si prediligono arbustive per la formazione di un giardino informale e rampicanti e ricadenti per il mascheramento e la protezione dei muri del tunnel che scende al deposito. A ridosso del muro, laddove lo spazio lo consente, verranno impiantati anche arbusti dalla vegetazione compatta ( <i>Berberis</i> , <i>Ligustro</i> , <i>Euonimus</i> ) a rafforzare l'effetto barriera ottenibile con i rampicanti selezionati tra quelli spinosi. Gli arbusti avranno forme e volumetrie variabili.
		AVR3.2			<i>Jacaranda mimosifolia</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Durandella ellisia</i>	Arbustive medie (AM)	(AG): <i>Arbutus unedo</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Buddleia davidii</i> . (AM): <i>Berberis spp.</i> ,	SI	Area gioco e sport. Anche qui l'impianto della vegetazione è su solaio per cui ci si orienta su arbustive medie e grandi con funzione schermante al fine di proteggere l'area giochi.
		AVR3.3			<i>Washingtonia robusta</i> , <i>Washingtonia filifera</i> , <i>Phoenix canariensis</i> , <i>Chamaerops humilis</i> , <i>Trachycarpus fortunei</i> <i>Santolina Syagrus ramanzoffiana</i>	Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Tappezzanti (T)	(AM): <i>Berberis spp.</i> , <i>Euonymus alatus</i> . (AP): <i>Euphorbia spp.</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> . (T): <i>Santolina spp.</i> , <i>Rosmarinus officinalis var. prostratus</i> , <i>Helichrysum petiolare</i> , <i>Vinca major 'Variegata'</i> , <i>Vinca minor</i>	SI	L'area AS 1.3 è concepita come una bolla con la quota massima (1,00 – 1,20 m) in corrispondenza del centro e con un dislivello decrescente fino a raccordarsi alla pavimentazione delle 4 aree circostanti. La vegetazione predilige le tappezzanti nella rotonda e tappezzanti ed arbustive nelle 4 aree circostanti con altezze inverse rispetto alla quota del suolo (vedi sezione)
		AVR3.4			<i>Quercus ilex</i> , <i>Durandella ellisia</i> , <i>Nerium oleander</i>	Alberi (A) Arbustive medie (AM) Rampicanti (Ra)	(A): <i>Quercus ilex</i> , (AM): <i>Nerium oleander</i> , <i>Hibiscus syriacus</i> . (Ra): <i>Trachelospermum jasminoides</i> , <i>Edera helix</i>	SI	Attualmente è uno spartitraffico con <i>Durandella</i> e oleandri. I lecci verranno recuperati dalle limitrofe aiuole oggetto di rifacimento e la vegetazione arbustiva ad oleandro già presente sarà integrata con <i>Ibisco</i> . I parcheggi previsti saranno protetti da pergolati in cui verranno impiantati rampicanti.
	AVR4	-	PIAZZA LUIGI STURZO (Borgo vecchio)	AS4	<i>Koeleuteria paniculata</i>	Alberi (A)	(A): <i>Koeleuteria paniculata</i>	SI	Prevedere di integrare la vegetazione esistente aumentandone il numero di esemplari.
	AVR5	-	PIAZZA DON BOSCO	AS5	<i>Pinus pinea var. sylvestris</i> , <i>Nerium oleander</i> , <i>Chamaerops humilis</i>	Arbustive medie (AM)	(AM): <i>Nerium oleander</i> , <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	SI	Potenziare ed integrare la vegetazione esistente ( <i>Pinus sp.</i> <i>Oleandro</i> e <i>Chamaerops</i> ) con altre arbustive di grossa e media taglia

# ALLEGATO - OPERE A VERDE

	AVR6	-	FERMATA IN PROSSIMITA' DI PIAZZA VITTORIO VENETO (STATUA)	Nessuna	Nessuna	Arbustive medie (AM)	(AG): <i>Arbutus unedo</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Buddleia davidii</i> . (AM): <i>Berberis spp.</i> ,	SI	Si tratta di un <b>terreno privato</b> da espropriare il cui valore è pari a circa <b>120.000 €</b> ; qualora l'amministrazione ritiene di poterlo acquisire, è identificato come V3 (spazi pubblici a verde) sul PRG attuale. Lo spazio può essere destinato a parco giochi e/o orto didattico. Si possono inserire dei cassoni rialzati in listoni di legno. L'edificio annesso potrebbe essere convertito in uno spazio sociale da affidare ad associazioni che si prendono in carico la gestione delle attività ( <b>Distretto Tranviario</b> ).
B	BVR1	BVR 1.1	STAZIONE NORTARBARTOLO/VIA U. GIORDANO	BS1/BM1/BV1	<i>Chamaerops humilis</i>	Alberi (A); Arbustive medie (AM); Arbustive piccole (AP)Tappezzanti (T)	(A): <i>Magnolia grandiflora</i> (AM): <i>Myrtus communis</i> , <i>Camelia spp.</i> , <i>Daphne odora</i> . (AP): <i>Euphorbia spp.</i> , <i>Hydrangea macrophylla</i> , <i>Hebe spp.</i> . (T): <i>Vinca major</i> , <i>Rosmarinus officinalis var. prostratus</i> , <i>Helichrysum petiolare</i> ,	SI	Come per la RAMBLA lo schema di pavimentazione antistante la stazione ferroviaria verrà in parte sostituito da aiuole rettangolari con distribuzione irregolare. Ciascun parterre ospiterà in prossimità di uno dei lati minori un esemplare di <i>Magnolia grandiflora</i> a cui verranno accostate talvolta le arbustive medie (AM) e le piccole (AP), le tappezzanti (T) e talvolta entrambe (AM+T) (AP+T) (AP+AM).
		BVR 1.2		BS1/BM1/BV1	<i>Pinus pinea var. sylvestris</i>	Alberi (A) Arbustive grandi (AG) Arbustive medie (AM)	(A): <i>Jacaranda mimosifolia</i> (AG): <i>Ligustrum ovalifolium</i> , (AM): <i>Myrtus communis</i> , <i>Solanum rantonnetii</i>	SI	Realizzazione di un impianto con vegetazione arborea (come indicato da progetto) in relazione alla soluzione architettonica adottata. Il PRG prevede due settori di area a verde pubblico a ridosso della via Umberto Giordano.
C	CVR1	CVR 1.1	VIA E. BASILE/VIA CARMELO RAITI (FERMATA GREGOTTI)	CS1	<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Hibiscus syriacus</i> , <i>Magnolia grandiflora</i>	Arbustive grandi (AG) Arbustive medie (AM)	(AG): <i>Ligustrum ovalifolium</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Buddleia spp.</i> (AM): <i>Berberis spp.</i> ,	SI	Nell'area CS1 verrà introdotto un sovrappasso che collegherà il parcheggio Basile con un'area a verde esistente di via C. Raiti. Si ritiene che la vegetazione preesistente, costituita da filari di <i>Robinia pseudoacacia</i> (verifica), sia in parte da mantenere ed eventualmente da integrare con un secondo strato di vegetazione arbustiva anche e soprattutto in prossimità dei collegamenti per la passerella. All'interno del giardino si possono integrare gli spazi destinati alle attività ludiche in parte già esistenti. Gli esemplari di <i>Magnolia</i> (solo 2) qui presenti potranno, se idonei, essere trasferiti in BVR1.1
		CVR 1.2	VIA E. BASILE	Nessuna	<i>Ficus microcarpa</i>	Alberi (A) Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Graminacee perenni (GP)	(A): <i>Cupressus sempervirens</i> (AG): <i>Arbutus unedo</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Tamarix gallica</i> , <i>Tamarix africana</i> (AM): <i>Myrtus communis</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Salvia officinalis</i> , (AP): <i>Euphorbia spp.</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> , <i>Teucrium fruticans</i> . <i>Thimus spp.</i> , <i>Santolina spp.</i> , <i>Artemisia spp.</i> , <i>Tanacetum argenteum</i> , <i>Tanacetum densum</i> . (GP): <i>Stipa</i> , <i>Pennisetum</i> , <i>Carex spp.</i>	SI	I <i>Ficus</i> verranno estirpati avendo cura di recuperare gli esemplari di minori dimensioni che potranno essere reimpiantati in altro sito. I tronchi tagliati potrebbero essere recuperati e riutilizzati come arredo urbano (PROPOSTA). La sostituzione dei <i>Ficus</i> è necessaria vista la particolare struttura dell'apparato radicale di questi alberi che già adesso crea numerosi problemi alla pavimentazione stradale, ai marciapiedi ed ai sottoservizi. Alberatura di sostituzione: <i>Cupressus sempervirens</i> varietà diverse integrato con arbustive della macchia mediterranea e con graminacee perenni (GP). I cipressi verranno impiantati con uno schema a quinconce ed in doppio filare. In prossimità delle fermate ad intervalli di 100 metri tra una fermata e l'altra la vegetazione arborea verrà arricchita anche da arbustive di grossa, media e piccola taglia e da graminacee perenni. In sezione la vegetazione deve essere disposta in maniera scalare.
	CVR2	-	CORSO TUKORY	Nessuna	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Alberi (A)	(A): <i>Jacaranda mimosifolia</i>	SI	Si mantiene l'alberatura esistente. Nella CVR2 si può integrare la vegetazione esistente per migliorare la fruibilità del luogo.
D	DVR1	-	ATTRAVERSAMENTO FIUME ORETO (DA VIA BUONPENSIERO A VIA DELL'ORSA MAGGIORE) CIMITERO SANT'ORSOLA	DS2/DM1/DV1/DV2	Nessuna sull'area destinata alla struttura delle spalle del ponte. In alveo e sponda sx presenti aspetti degradati dell'antica formazione alveo-ripariale a <i>Salix pedicellata</i> e <i>Salix alba</i> (Salicetum albopedicellatae) e a <i>Platanus orientalis</i> (Platano-Salicetum pedicellatae), <i>Nerium oleander</i> e <i>Tamarix gallica</i>	Alberi (A) Arbustive medie (AM) e piccole (AP)	Sulle sponde: (A): <i>Platanus orientalis</i> , <i>Populus nigra</i> (AG): <i>Salix alba</i> , <i>Salix pedicellata</i> . Nell'area individuata come V3: (AM) <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> , <i>Salvia officinalis</i> , <i>Teucrium fruticans</i> . (AP): <i>Thimus capitatus</i> .	SI	L'area ricade all'interno del SIC ITA020012 "Valle dell'Oreto" e pertanto gli interventi previsti sono volti al recupero delle sponde interessate dall'inserimento del viadotto attraverso un intervento di rinaturazione che utilizzerà arbustive del genere <i>Salix alba</i> e <i>pedicellata</i> e <i>Tamarix gallica</i> ed arboree come <i>Platanus orientalis</i> e <i>Populus nigra</i> presenti in forma spontanea nella valle dell'Oreto. Si prevederà anche un'idrosemina con <i>Paspalum vaginatum</i> . L'intervento di rigenerazione investirà due fasce più ampie in prossimità dei punti di appoggio del viadotto. Sulla sponda sinistra una parte di agrumeto verrà estirpata per rendere possibile la fondazione del viadotto. In compensazione sulla sponda opposta l'area individuata in PRG come V3 potrà essere in parte convertita ad orti didattici e/o sociali e condivisi gestiti in regime di agricoltura biologica. Il fabbricato potrà ospitare attività legate al recupero del sito.

# ALLEGATO - OPERE A VERDE

	<b>DVR2</b>	-	VIA DELLA GIRAFFA/VIA DELL'ANTILOPE/VIA GUIDO ROSSA	Nessuna	<i>Brachychiton spp.</i>	Alberi (A) Arbustive grandi (AG) Arbustive medie (AM) Tappazzanti (T) Rampicanti (Ra)	(A): <i>Brachychiton spp.</i> (AG): <i>Punica granatum</i> (AG): <i>Tamarix gallica e africana</i> (AP): <i>Santolina spp., Thimus capitatus, Teucrium frutican</i> (T): <i>Rosmarinus officinalis var. prostratus</i> (Ra): <i>Lonicera perclymenum e japonica</i> (Caprifoglio)	SI	DA PRG area individuata come V3. Oggi è un'area semi-abbandonata con residui di impianti vegetali. Si prevede di sistemare l'area con spazi per parco giochi ed area a verde di quartiere e di integrare le alberature esistenti laddove si individuano fallanze.
<b>E</b>	<b>EVR1</b>	-	VIA A. DE GASPERI	Nessuna	<i>Pinus pinea; Nerium oleander Cercis siliquastrum; Ceratonia siliqua, Durantha ellisia</i>	Alberi (A). Arbustive medie (AM) e piccole (AP)	(A): <i>Quercus ilex.</i> (AM): <i>Myrtus communis, Rosmarinus officinalis.</i> (AP): <i>Euphorbia spp., Lavandula angustifolia, Salvia officinalis, Santolina spp., Thimus capitatus, Teucrium frutican, Artemisia spp.</i>	SI	I lecci, in sostituzione dei pini che presentano problemi di stabilità (lo scavo per l'inserimento del tram aumenterà queste problematiche), verranno impiantati in filare singolo. In prossimità della fermata e ad intervalli di 100 metri tra una fermata e l'altra la vegetazione arborea verrà arricchita anche da arbustive di media e piccola taglia. In sezione la vegetazione deve essere disposta in maniera scalare. In alcuni punti l'attuale alberatura è frammista ad oleandri che, laddove possibile, verranno mantenuti. Tra la vegetazione esistente vi è un carrubo che potrebbe essere reimpiantato nell'area EVR2.1. Qui il PRG prevede l'inserimento di un'area a verde (V3).
	<b>EVR2</b>	EVR2.1	VIALE STRASBURGO/VIA BELGIO/VIA PRAGA (GIARDINO O'TAMA KIYOHARA)	Nessuna	<i>Ficus microcarpa,</i>	Alberi (A)	(A): <i>Schinus molle, Ceratonia siliqua</i>	SI	Nel parcheggio previsto da PRG la vegetazione esistente di <i>Ficus microcarpa</i> sarà integrata con <i>Schinus molle</i> , già presente nell'adiacente giardino O'Tama Kiyohara. Nella parte destinata da PRG a giardino verrà reimpiantato il carrubo di via De Gasperi.
		EVR2.2	VIALE STRASBURGO	Nessuna	<i>Platanus x hybrida</i>	Alberi (A)	(A): <i>Platanus x hybrida</i>	-	Interferenza delle fermate su viale Strasburgo con i platani esistenti. Previsto, in questo caso, l'espanto ed eventuale reimpianto nelle attuali fallanze degli esemplari in condizioni sanitarie e di manutenzione adeguate.
	<b>EVR3</b>	EVR3.1	VIALE STRASBURGO ALTEZZA VIALE FRANCIA	EV1	<i>Platanus x hybrida</i>	Alberi (A) Arbustive grandi (AG) Arbustive medie (AM)	(A): <i>Laurus nobilis.</i> (AG): <i>Viburnus spp.</i>	SI	Nel PRG è prevista la realizzazione di campi sportivi (V2). La vegetazione da inserire dovrà tenere conto della destinazione d'uso prevista. Si suggeriscono specie quali <i>Laurus nobilis, Viburnus spp</i> da mantenere a siepe al fine di schermare gli impianti sportivi.
		EVR3.2	VIALE FRANCIA/PIAZZA SAN MARINO	EV1	<i>Jacaranda mimosifolia, Schinus molle, Chorisia speciosa, Celtis australis</i>	Alberi (A)	(A): <i>Quercus ilex, Jacaranda mimosifolia, Platanus x hybrida</i>	SI	Nel PRG è prevista, nell'attuale parcheggio adiacente viale Strasburgo, la realizzazione di spazi pubblici a verde (V3). La vegetazione da inserire dovrà tenere conto della destinazione d'uso prevista. Si suggeriscono specie arboree dalla chioma ampia al fine di realizzare una vasta e compatta zona d'ombra in grado di ridurre le forti escursioni termiche. L'inserimento della vegetazione ha anche un effetto positivo sulla impermeabilizzazione dei suoli, ha effetto mitigante sull'inquinamento atmosferico e acustico e conferisce un valore estetico ad una parte della città ad elevata densità edilizia. Sui due lati, via dei Nebrodi e viale Francia, si prevede un filare di <i>Jacaranda</i> per dare continuità al filare già esistente su viale Francia; su viale Strasburgo si mantiene l'alberatura di platani. Si prevede di realizzare un vero e proprio boschetto costituito da lecci. L'impianto del boschetto è a sesto quadro con interasse 8 m; le <i>Jacarande</i> mantengono lo stesso interasse ma sfalsato rispetto all'impianto dei lecci. L'inserimento del boschetto di lecci richiama il boschetto storico sito nella vicina Favorita.
	<b>EVR4</b>	-	VIA LANZA DI SCALEA (VELODROMO)	ES1/EM1	<i>Pinus pinea var. sylvestris, Nerium oleander</i>	Arbustive medie (AM)	(AM): <i>Nerium oleander</i>	SI	Il sovrappasso ha uno dei suoi punti di arrivo su un'area che da PRG è individuata come V3 (spazi pubblici a verde). Si prevede l'impianto di oleandri per dare continuità alla vegetazione esistente
	<b>EVR5</b>	-	VIA EINAUDI	EV5/EV6	<i>Celtis australis, Pinus pinea var. sylvestris, Nerium oleander, Robinia pseudoacacia</i>	Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Tappazzanti (T)	(AM): <i>Tamarix spp., Nerium oleander, Rosmarinus officinalis,</i> (AP): <i>Euphorbia spp., Santolina spp., Thimus capitatus, Teucrium frutican, (T): Rosmarinus officinalis var. prostratus.</i>	SI	L'area in oggetto è individuata in parte come V3 (spazi pubblici a verde) ed in parte come IC2 (edifici per il tempo libero) ed in parte IC4 (centri culturali). Sull'impianto di giardino esistente si prevede di integrare la vegetazione arborea con arbustive di media e piccola taglia e con tappazzanti.
	<b>EVR6</b>	-	VIA DELL'OLIMPO DEPOSITO	EM2/ EV7	Nessuna	Alberi (A)	(A): <i>Cupressus sempervirens</i>	SI	L'area prevede l'inserimento di un deposito per i tram. L'intervento a verde propone l'inserimento di un doppio filare di cipressi che fungono da schermatura del manufatto lungo gli assi viari che delimitano l'area. La scelta del filare di cipressi rappresenta un richiamo all'antico uso del suolo ancora visibile in piccole aree agricole limitrofe. Qui i filari di cipressi costituivano le barriere frangivento a protezione dei "giardini" di agrumi.

# ALLEGATO - OPERE A VERDE

	<b>EVR7</b>	-	VIA PALINURO/VIA GALATEA	ES4	<i>Cupressus spp.</i> <i>Eucalyptus spp.</i> <i>Ficus microcarpa</i> , <i>Tilia cordata</i>	Alberi (A) Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Graminacee perenni (GP) Bulbose (B)	(A): <i>Tilia cordata</i> , (AM): , <i>Perovskia atriplicifolia</i> (AP): <i>Agastache foeniculum 'blue fortune'</i> , <i>Senecio monroi</i> , <i>Senecio vira vira</i> , <i>Salvia nemorosa 'Caradonna'</i> (GP): <i>Calamagrostis x acutiflora</i> . (B): <i>Iris germanica (bianco e viola)</i>	SI	Nell'area individuata dal PRG come V2 e V4 verrà inserito un giardino la cui specie arborea, il tiglio, richiederà l'alberatura di via Galatea. A completare l'impianto una bordura dai toni azzurri e gialli composta da graminacee perenni ed arbusti di media e piccola taglia. Il giardino avrà un effetto cromatico cangiante con le stagioni ed in funzione delle fioriture e della diversa colorazione che assumeranno le foglie.
<b>F</b>	<b>FVR1</b>	-	VIA DUCA DELLA VERDURA/PIAZZA E STAZIONE GIACHERY/	FS4	<i>Platanus x hybrida</i> , <i>Brachychiton spp.</i>	Alberi (A)	(A): <i>Brachychiton spp.</i>	SI	Nel PRG l'area è identificata come V3 (spazi pubblici a verde). Si prevede di potenziare le alberature esistenti.
<b>G</b>	<b>GVR1</b>	-	PIAZZA SIMON BOLIVAR	//	<i>Pinus pinea var. sylvestris</i> , <i>Lantana camara</i>	Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Graminacee perenni (GP)	(AM): <i>Myrtus communis</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Euphorbia spp.</i> , <i>Salvia officinalis</i> , (AP): <i>Teucrium fruticans</i> , <i>Thimus spp.</i> , <i>Santolina spp.</i> , <i>Artemisia spp.</i> , <i>Tanacetum argenteum</i> , <i>Tanacetum densum</i> . GP: <i>Stipa</i> , <i>Pennisetum</i> , <i>Carex spp.</i>	SI	Una parte dell'alberatura a pini viene mantenuta. L'intervento di progetto prevede l'inserimento di vegetazione arbustiva di media e piccola taglia e di graminacee perenni
	<b>GVR2</b>	GVR2.1	VIA ROSARIO NICOLETTI	//	<i>Chorisia speciosa</i> , <i>Acer negundo</i> , <i>Pinus pinea var. sylvestris</i> , <i>Nerium oleander</i>	Alberi (A) Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Graminacee perenni (GP)	(A): <i>Acer negundo</i> , <i>Citrus aurantium (arancio amaro)</i> , <i>Cupressus sempervirens</i> . (AM): <i>Myrtus communis</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Salvia officinalis</i> , (AP): <i>Euphorbia spp.</i> , <i>Teucrium fruticans</i> , <i>Thimus spp.</i> , <i>Santolina spp.</i> , <i>Artemisia spp.</i> , <i>Tanacetum argenteum</i> , <i>Tanacetum densum</i> . (GP): <i>Stipa</i> , <i>Carex spp.</i> ,	SI	Integrazione del filare di acero laddove vi sono fallanze. L'area ricade da PRG in V4 (area attrezzata a parco) con all'interno zona A1 (Manufatti storici e relative pertinenze) e in minor parte in V2 (campi sportivi) . Si tratta di un residuo di fondo agricolo di rilevante pregio storico ed ambientale che, in passato era certamente coltivato ad agrumeto. Si propone la ricostruzione parziale della trama storica del paesaggio attraverso l'introduzione di filari di agrumi bordati da un filare di cipressi a richiamare la funzione frangivento di questi ultimi (visibile ancora in alcune proprietà poco distanti). Le altre aree ricadenti in V4 possono essere trasformate in parte ad orto didattico ed in parte in un giardino sensoriale. Nell'area individuata come V2 le specie prescelte tra le arbustive avranno, invece, una funzione protettiva.
		GVR2.2	SVINCOLO A19 TOMMASO NATALE	GS1/GV2	<i>Vegetazione spontanea di graminacee e arbustive</i>	Arbustive medie (AM) Arbustive piccole (AP) Graminacee perenni (GP)	(AM): <i>Myrtus communis</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , (AP): <i>Euphorbia spp.</i> , <i>Teucrium fruticans</i> . , <i>Artemisia spp.</i> , <i>Tanacetum argenteum</i> , <i>Tanacetum densum</i> , <i>Thimus spp.</i> , <i>Santolina spp.</i> (GP): <i>Stipa</i> , <i>Pennisetum</i> , <i>Carex spp.</i> , <i>Phyllostachys spp.</i> , <i>Vetiveria zizanioides</i>	SI	L'area sotto lo svincolo è caratterizzata da un substrato costituito da materiale di risulta. L'inserimento della vegetazione prevede la formazione di un substrato di terreno vegetale. E' prevista la realizzazione di un parco giochi. La vegetazione da introdurre predilige le graminacee perenni che tollerano bene i substrati poveri e si sviluppano velocemente (di fatto, al momento, sono le uniche specie presenti e cresciute in forma spontanea). Si associano anche essenze arbustive della macchia mediterranea capaci di colonizzare terreni poveri
	<b>GVR3</b>	-	VIA DEL CEDRO (ARRIVO TRAM SFERRAVACALLO)	GS2	<i>Olea europea</i>	Alberi (A)	<i>Olea europea var. sylvestris</i>	SI	In prossimità del terminal vi è un'area da PRG individuata come parcheggio. Qui la vegetazione attuale richiama l'uso agricolo del territorio in cui prevalgono gli ulivi. Si ripropone di utilizzare tale specie, anche eventualmente recuperando gli esemplari presenti per l'intera area a verde.

# ALLEGATO - TABELLA TIPOLOGIA DI VEGETAZIONE

Cod. tipo	Tipologia di vegetazione	Specie	Caduci-foglia	Tipo Forma e densità chioma	Altezza media e diametro chioma	Presenza della specie nelle Aree a verde (VR)/Settori
(A)	Albero	Jacaranda mimosifolia	SI	Chioma espansa, irregolare, a media densità	h 20 m Ø 8-10 m	AVR1/BVR1.2/CVR2/EVR3.2
(A)	Albero	Platanus x hybrida	SI	Chioma a forma di cupola a media densità	H 30 m Ø 8-10 m	AVR2.1/AVR2.2/EVR2.2/EVR3.2
(A)	Albero	Magnolia grandiflora	NO	Chioma piramidale ad alta densità	H 25 m Ø 5-8 m	BVR 1.1
(A)	Albero	Quercus ilex	NO	Chioma ampia ad alta densità	h 20 m Ø 8-10 m	AVR3.4/EVR1/EVR3.2
(A)	Albero	Cupressus sempervirens	NO	Chioma piramidale ad alta densità	H 25-30 m Ø 4-5 m	CVR 1.2/EVR6/GVR2.1
(A)	Albero	Tilia cordata	SI	Chioma ampia ad alta densità	H 20-25 m Ø 10-12 m	EVR7
(A)	Albero	Acer negundo	SI	Chioma ampia ad alta densità	H 10 m Ø 5-6 m	GVR2.1
(A)	Albero	Brachychiton spp	SI	Chioma piramidale a media alta densità	H 15-25 m Ø 10-15 m	DVR2/FVR1
(A)	Albero	Koeleuteria paniculata	SI	Chioma tondeggiate a media-alta densità	H 10 m Ø 10 m	AVR4
(A)	Albero	Schinus molle	NO	Chioma piangente, pendula a media densità	h 10-15 m Ø 8-10 m	EVR2
(A)	Albero	Ceratonia siliqua	NO	Chioma ampia ad alta densità	h 10-15 m Ø 8-10 m	EVR2
(A)	Albero	Laurus nobilis	NO	Chioma piramidale ad alta densità	h 10-15 m Ø 8-10 m	EVR3.1
(A)	Albero	Citrus aurantium	NO	Chioma tondeggiate a media alta densità	H 4-5 m Ø 4 m	GVR2.1
(A)	Albero	Olea europea var. sylvestris	NO	Chioma ampia a media alta densità	H 8-10 m Ø 6-8 m	GVR3
(A)	Albero	Platanus orientalis	SI	Chioma ampia arrotondata ad alta densità densità	H 30 m Ø 8-10 m	DVR1
(A)	Albero	Populus nigra	SI	Chioma ampia a media alta densità	h 25 m Ø 8-10 m	DVR1
(AG)	Arbusto grande	Ligustrum ovalifolium	NO (semi)	Chioma eretta ad alta densità	H 4 m Ø 3 m	AVR3.1/BVR 1.2/CVR 1.1
(AG)	Arbusto grande	Punica granatum	SI	Chioma tondeggiate a media densità	H 2-8 m Ø 2-8 m	AVR3.1/CVR 1.1/CVR 1.2/DVR2
(AG)	Arbusto grande	Arbutus unedo	NO	Chioma tondeggiate ad alta densità	H 8 m Ø 8 m	AVR3.2/AVR6/CVR 1.2
(AG)	Arbusto grande	Juniperus communis	NO	Chioma eretto-piramidale ad alta densità	h 5-6 m Ø 3-4 m	AVR3.2/AVR6
(AG)	Arbusto grande	Tamarix gallica	NO	Chioma espansa a medio-bassa densità	h 5 m Ø 5 m	CVR 1.2// DVR1/DVR2
(AG)	Arbusto grande	Tamarix africana	NO	Chioma espansa a medio-bassa densità	h 5 m Ø 3 m	CVR 1.2/DVR2
(AG)	Arbusto grande	Buddleia davidii	SI	Chioma arcuata a medio-alta densità	h 5 m Ø 5 m	AVR3.2/AVR6/CVR 1.1
(AG)	Arbusto grande	Viburnus spp.	NO	Chioma ampia ad alta densità	H 3 m Ø 3 m	EVR3.1
(AG)	Arbusto grande	Salix alba	SI	Chioma espansa a medio-bassa densità	H 8 m Ø 5 m	DVR1
(AG)	Arbusto grande	Salix pedicellata	SI	Chioma espansa a medio-bassa densità	H 5 m Ø 5 m	DVR1
(AM)	Arbusto medio	Nerium oleander	NO	Chioma eretta a media densità	H 3 m Ø 2 m	AVR3.4/AVR5/EVR4/EVR5
(AM)	Arbusto medio	Rosmarinus officinalis	NO	Chioma espansa ad alta densità	H 1,50 m Ø 1,50 m	CVR 1.2/DVR1/EVR1/EVR5/GVR1/GVR2.1/GVR2.2
(AM)	Arbusto medio	Salvia officinalis	NO	Chioma espansa a medio-bassa densità	H 0,70 m Ø 1,00 m	CVR 1.2/DVR1/EVR1/GVR1/GVR2.1
(AM)	Arbusto medio	Myrtus communis	NO	Chioma globosa e compatta	h 0,5-3 m Ø variabile	AVR2.2/BVR 1.1/BVR 1.2/CVR 1.2/EVR1/GVR1/GVR2.1/GVR2.2
(AM)	Arbusto medio	Camelia spp.	NO	Chioma espansa e compatta	H 2-6 m Ø 1,4-4,5 m	AVR2.2/BVR 1.1
(AM)	Arbusto medio	Euonymus alatus	SI	Chioma espansa e media densità	H 1-5 m Ø 2-4 m	AVR2.2/AVR3.1/AVR3.3
(AM)	Arbusto medio	Olearia mummularifolia	NO	Chioma tondeggiate ad alta densità	H 1,70 m Ø 1,50 m	AVR3.1
(AM)	Arbusto medio	Hibiscus syriacus	SI	Chioma eretta a media densità	H 3 m Ø 1,50 m	AVR3.1/AVR3.4
(AM)	Arbusto medio	Hibiscus rosa-sinensis	SI	Chioma tondeggiate a media densità	H 1,50-3 m Ø 1,50-3 m	AVR5
(AM)	Arbusto medio	Solanum rantonnetii	NO	Chioma tondeggiate a media densità	H 2 m Ø 2 m	AVR3.1/BVR 1.2
(AM)	Arbusto medio	Berberis spp.	NO	Chioma arcuata a medio-alta densità	H 3 m Ø 3,5 m	AVR3.2/AVR3.3/AVR6/CVR 1.1
(AM)	Arbusto medio	Perovskia Atriplicifolia	SI	Chioma eretta a bassa densità	H 1 m Ø 0,80 m	EVR7
(AP)	Arbusto piccolo	Thimus spp	NO	Arbusto a cuscino ad alta densità	H 0,20 m Ø 0,20 m	CVR 1.2/DVR1/DVR2/EVR1/EVR5/GVR1/GVR2.1/GVR2.2

# ALLEGATO - TABELLA TIPOLOGIA DI VEGETAZIONE

(AP)	Arbusto piccolo	Santolina spp.	NO	Arbusto tondeggiate	H 0,75 m Ø 1,00 m	AVR2.2/AVR3.1/AVR3.3/CVR1.2/DVR2/EVR1/EVR5/GVR1/GVR2.1/GVR2.2
(AP)	Arbusto piccolo	Senecio monroi	NO	Chioma tondeggiate a media-alta densità	H 0,80 m Ø 1,20 m	EVR7
(AP)	Arbusto piccolo	Senecio vira vira	NO	Chioma tondeggiate a media-alta densità	H 0,60 m Ø 0,80 m	EVR7
(AP)	Arbusto piccolo	Salvia nemorosa 'Caradonna'	NO	Chioma tondeggiate a media-alta densità	H 0,60 m Ø 0,80 m	EVR7
(AP)	Arbusto piccolo	Agastache foeniculum 'blue fortune'	NO	Chioma eretta a bassa densità	H 0,60-0,80 m Ø 0,40-0,60 m	EVR7
(AP)	Arbusto piccolo	Spirea spp.	SI (semi)	Chioma arcuata ad alta densità	H 1,5 m Ø 2 m	AVR2.2/
(AP)	Arbusto piccolo	Euphorbia spp.	NO	Chioma eretta ad alta densità	H 0,45-0,80 m Ø 0,45-0,80 m	AVR2.2/AVR3.3/BVR 1.1/CVR1.2/ DVR1/EVR1/GVR1/GVR2.1/GVR2.2
(AP)	Arbusto piccolo	Lavandula angustifolia	NO	Chioma eretta ad alta densità	H 0,6 m Ø 0,6 m	AVR2.2/AVR3.3/BVR 1.1/CVR 1.2/EVR1
(AP)	Arbusto piccolo	Teucrium fruticans	NO	Chioma arcuata ad alta densità	H 2 m Ø 4 m	AVR2.2/CVR 1.2/DVR1/GVR1/GVR2.1/GVR2.2
(AP)	Arbusto piccolo	Daphne odora	NO	Chioma a forma di cupola ad alta densità	H 1,5 m Ø 1,5 m	AVR2.2/BVR 1.1
(AP)	Arbusto piccolo	Daphne mezereum	NO	Chioma eretta a media densità	H 1 m Ø 0,80 m	AVR2.2/BVR 1.1
(AP)	Arbusto piccolo	Hydrangea macrophylla,	SI	Chioma allargata con dense infiorescenze a cupola	H 1,5 m Ø 2-2,5 m	BVR 1.1
(AP)	Arbusto piccolo	Hebe spp.	NO	Chioma a cupola compatta	H 0,6 m Ø 1,20 m	BVR 1.1
(AP)	Arbusto piccolo	Artemisia spp.,	NO	Chioma compatta o frastagliata con fogliame arricciato	H 0,8 m Ø 0,50 m	CVR 1.2/GVR1/GVR2.1/GVR2.2
(AP)	Arbusto piccolo	Tanacetum argenteum	NO	Chioma a cuscino espanso con capolini bianchi in estate	H 0,2 m Ø 0,20 m	CVR 1.2/GVR1/GVR2.1/GVR2.2
(AP)	Arbusto piccolo	Tanacetum densum.	NO	Chioma a cuscino espanso con capolini gialli in estate	H 0,2 m Ø 0,20 m	CVR 1.2/GVR1/GVR2.1/GVR2.2

**SINTESI INTERVENTI RIGENERAZIONE AMBIENTALE**

TRATTA	AREA A VERDE	SETTORI	SOTTRAZIONE VEGETAZIONE	ALLONTANAMENTO FAUNA	RESTITUZIONE VEGETAZIONE	SOTTRAZIONE HABITAT	OPERE RINATURAZIONE
A	AVR1	-	Eliminazione delle specie presenti nel giardino formale posto sul fronte della SS.FF	SI	Inserimento di esemplari adulti di <i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	-
	AVR2	AVR2.1	Solo alcuni Platani verranno espantati laddove c'è interferenza con le fermate del tram	NO	-	-	-
		AVR2.2	Solo alcuni Platani verranno espantati laddove c'è interferenza con le fermate del tram	NO	Inserimento di nuova vegetazione ad integrazione dell'alberatura a Platani che verrà integrata con eventuali individui trasferiti dal tratto di via Libertà a monte	-	-
		AVR2.3	NO	NO	Inserimento ex novo di vegetazione con funzione di arredo	-	-
	AVR3	AVR3.1	Eliminazione di alcuni esemplari arborei	NO	Inserimento di un tessuto vegetale composto da arbustive, tappezzanti e rampicanti. Incremento della vegetazione rispetto allo stato ex ante	-	-
		AVR3.2	Eliminazione di alcuni esemplari arborei	NO	Inserimento di un tessuto vegetale composto da arbustive, tappezzanti e rampicanti. Incremento della vegetazione rispetto allo stato ex ante	-	-
		AVR3.3	Eliminazione del giardino formale con prevalenza di palme che, per gli esemplari idonei verranno trasferiti in altro sito	SI	Inserimento di un tessuto vegetale composto da arbustive e tappezzanti. Incremento della vegetazione rispetto allo stato ex ante	-	-
		AVR3.4	Parziale sottrazione di vegetazione a carico della bordura di <i>Durandella ellisia</i>	NO	Introduzione di arboree ( <i>Quercus ilex</i> ) recuperate dalle aree limitrofe. Integrazione della vegetazione esistente con arbustive e rampicanti	-	-
	AVR4	-	Nessuna sottrazione	NO	Integrazione della vegetazione esistente con altri esemplari arborei	-	-
	AVR5	-	Nessuna sottrazione	NO	Integrazione della vegetazione esistente con arbustive	-	-
AVR6	-	Nessuna sottrazione	NO	Ampliamento delle aree a verde ed integrazione della vegetazione esistente con arbustive.	-	-	
B	BVR1	BVR 1.1	Nessuna sottrazione	NO	Ampliamento delle aree a verde ed integrazione della vegetazione esistente con arboree ed arbustive.	-	-
		BVR 1.2	Eliminazione di <i>Pinus pinea var. sylvestris</i>	SI	Ampliamento delle aree a verde ed integrazione della vegetazione esistente con arboree ed arbustive.	-	-
C	CVR1	CVR 1.1	Parziale eliminazione di <i>Robinia pseudacacia</i> ed arbustive	SI	Rafforzamento della componente arbustiva già presente	-	-
		CVR 1.2	Eliminazione del filare di <i>Ficus microcarpa</i>	SI	Sostituzione degli esemplari arborei con una composizione mista di arboree, arbustive e graminacee perenni che aumentano la complessità del sistema vegetale	-	-

	<b>CVR2</b>	-	Nessuna sottrazione	NO	Integrazione degli esemplari arborei esistenti di <i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	-
<b>D</b>	<b>DVR1</b>	-	Sottrazione di parte degli agrumeti sulla sponda sinistra del fiume	SI	Inserimento di essenze arbustive ed arboree in coerenza con le sporadiche presenze vegetali rinvenibili. Parziale trasformazione dell'area incolta in corrispondenza della sponda destra ad orti sociali condotti in regime di agricoltura biologica	Non ci sono habitat né habitat di specie in quanto l'ambiente è fortemente degradato e antropizzato	Interventi di rinaturazione con introduzione di <i>Salix alba</i> e <i>pedicellata</i> , <i>Tamarix gallica</i> e <i>Platanus orientalis</i> su due fasce ampie che si allargano maggiormente in corrispondenza dell'alveo e poste a ridosso dei piloni
	<b>DVR2</b>	-	Nessuna sottrazione	NO	Recupero di area a verde oggi in abbandono ed integrazione di vegetazione con Arboree, arbustive, tappezzanti e rampicanti	-	-
<b>E</b>	<b>EVR1</b>	-	Eliminazione del filare di <i>Pinus pinea</i>	SI	Sostituzione degli esemplari arborei con una composizione mista di arboree, arbustive che aumentano la complessità del sistema vegetale	-	-
	<b>EVR2</b>	EVR2.1	Nessuna sottrazione	NO	Integrazione della vegetazione arborea presente con differenti specie	-	-
		EVR2.2	Nessuna sottrazione	NO	Integrazione della vegetazione arborea presente con medesima specie	-	-
	<b>EVR3</b>	EVR3.1	Nessuna sottrazione	NO	Recupero di area ed integrazione di vegetazione con arboree e arbustive	-	-
		EVR3.2	Nessuna sottrazione	NO	Recupero area verde. Inserimento di vegetazione arborea	-	-
	<b>EVR4</b>	-	Nessuna sottrazione	NO	Ampliamento area verde. Inserimento di vegetazione arbustiva	-	-
	<b>EVR5</b>	-	Nessuna sottrazione	NO	Recupero area verde. Inserimento di vegetazione arborea e arbustiva	-	-
	<b>EVR6</b>	-	Nessuna sottrazione	NO	Inserimento di vegetazione arborea con funzione schermatura	-	-
<b>EVR7</b>	-	Nessuna sottrazione	NO	Inserimento nuova area verde. Impianto di giardino strutturato con vegetazione arborea, arbustiva e graminacee perenni	-	-	
<b>F</b>	<b>FVR1</b>	-	Nessuna sottrazione	NO	Ampliamento area verde. Integrazione vegetazione arborea con medesima specie presente	-	-
	<b>GVR1</b>	-	Eliminazione parziale di <i>Pinus pinea</i>	SI	Inserimento e incremento della vegetazione arbustiva ed integrazione con graminacee perenni	-	-

G	GVR2	GVR2.1	Nessuna sottrazione	NO	Inserimento nuova area verde. Impianto di giardino strutturato con vegetazione arborea, arbustiva e graminacee perenni	-	-
		GVR2.2	Nessuna sottrazione	NO	Inserimento nuova area verde. Impianto di giardino strutturato con vegetazione arbustiva e graminacee perenni	-	-
	GVR3	-	Eliminazione parziale di <i>Olea europea</i>	SI	Ripristino ed incremento di esemplari arborei di <i>Olea europea</i>	-	-

ALLEGATO - TABELLA

**SENSIBILITA' DELLE FORMAZIONI VEGETAZIONALI**

TRATTA	AREE A VERDE ESISTENTI E DA REALIZZARE RICADENTI LUNGO LE TRATTE	SETTORI INDIVIDUATI PER IL RINVERDIMENTO	UBICAZIONE	Abaco specie esistenti	Sensibilità Biocenosi
<b>A</b>	<b>AVR1</b>	-	PIAZZA GIULIO CESARE/STAZIONE CENTRALE	<i>Ficus microcarpa, Ligustrum japonicum, Cupressus spp., Nerium oleander, Duranthea ellisia</i>	
	<b>AVR2</b>	AVR2.1	ALBERATURE DI VIA LIBERTA' (TRATTO STATUA-PIAZZA CROCI)	<i>Platanus x hybrida</i>	
		AVR2.2	VIALE DELLA LIBERTA' (RAMBLA) (CROCI-PIAZZA CASTELNUOVO)	<i>Platanus x hybrida</i>	
		AVR2.3	POLITEAMA – RUGGERO SETTIMO	Nessuna	
	<b>AVR3</b>	AVR3.1	PIAZZA ALCIDE DE GASPERI/PIAZZA GIOVANNI PAOLO II	<i>Jacaranda mimosifolia, Quercus ilex, Duranthea ellisia</i>	
		AVR3.2		<i>Jacaranda mimosifolia, Quercus ilex, Duranthea ellisia</i>	
		AVR3.3		<i>Washingtonia robusta, Washingtonia filifera, Phoenix canariensis, Chamaerops humilis, Trachycarpus fortunei Santolina Syagrus ramanzoffiana</i>	
		AVR3.4		<i>Quercus ilex, Duranthea ellisia, Nerium oleander</i>	
	<b>AVR4</b>	-	PIAZZA LUIGI STURZO (Borgo vecchio)	<i>Koeleuteria paniculata</i>	
	<b>AVR5</b>	-	PIAZZA DON BOSCO	<i>Pinus pinea var. sylvestris, Nerium oleander, Chamaerops humilis</i>	
<b>AVR6</b>	-	FERMATA IN PROSSIMITA' DI PIAZZA VITTORIO VENETO (STATUA)	Nessuna		
<b>B</b>	<b>BVR1</b>	BVR 1.1	STAZIONE NORTARBARTOLO/VIA U. GIORDANO	<i>Chamaerops humilis</i>	
		BVR 1.2		<i>Pinus pinea var. sylvestris</i>	
<b>C</b>	<b>CVR1</b>	CVR 1.1	VIA E. BASILE/VIA CARMELO RAITI (FERMATA GREGOTTI)	<i>Robinia pseudoacacia, Hibiscus syriacus, Magnolia grandiflora</i>	
		CVR 1.2	VIA E. BASILE	<i>Ficus microcarpa</i>	
	<b>CVR2</b>	-	CORSO TUKORY	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	
<b>D</b>	<b>DVR1</b>	-	ATTRAVERSAMENTO FIUME ORETO (DA VIA BUONPENSIERO A VIA DELL'ORSA MAGGIORE) CIMITERO SANT'ORSOLA	Nessuna sull'area destinata alla struttura delle spalle del ponte. In alveo e sponda dx, sono presenti aspetti degradati dell'antica formazione alveo-ripariale a <i>Salix pedicellata</i> e <i>Salix alba</i> (Salicetum albopedicellatae) e a <i>Platanus orientalis</i> (Platano-Salicetum pedicellatae), <i>Tamarix gallica</i> e <i>sporadicamente Populus alba</i>	
	<b>DVR2</b>	-	VIA DELLA GIRAFFA/VIA DELL'ANTILOPE/VIA GUIDO ROSSA	<i>Brachychiton spp.</i>	
	<b>EVR1</b>	-	VIA A. DE GASPERI	<i>Pinus pinea; Nerium oleander Cercis siliquastrum; Ceratonia siliqua, Duranthea ellisia</i>	
	<b>EVR2</b>	EVR2.1	VIALE STRASBURGO/VIA BELGIO/VIA PRAGA (GIARDINO O'TAMA KIYOHARA)	<i>Ficus microcarpa,</i>	
		EVR2.2	VIALE STRASBURGO	<i>Platanus x hybrida</i>	

ALLEGATO - TABELLA

<b>E</b>	<b>EVR3</b>	EVR3.1	VIALE STRASBURGO ALTEZZA VIALE FRANCIA	<i>Platanus x hybrida</i>	
		EVR3.2	VIALE FRANCIA/PIAZZA SAN MARINO	<i>Jacaranda mimosifolia, Schinus molle, Chorisia speciosa, Celtis australis</i>	
	<b>EVR4</b>	-	VIA LANZA DI SCALEA (VELODROMO)	<i>Pinus pinea var. sylvestris, Nerium oleander</i>	
	<b>EVR5</b>	-	VIA EINAUDI	<i>Celtis australis, Pinus pinea var. sylvestris, Nerium oleander, Robinia pseudoacacia</i>	
	<b>EVR6</b>	-	VIA DELL'OLIMPO DEPOSITO	Nessuna	
	<b>EVR7</b>	-	VIA PALINURO/VIA GALATEA	<i>Cupressus spp. Eucalyptus spp. Ficus microcarpa, Tilia cordata</i>	
	<b>F</b>	<b>FVR1</b>	-	VIA DUCA DELLA VERDURA/PIAZZA E STAZIONE GIACHERY/	<i>Platanus x hybrida, Brachychiton spp.</i>
<b>G</b>	<b>GVR1</b>	-	PIAZZA SIMON BOLIVAR	<i>Pinus pinea var. sylvestris, Lantana camara</i>	
	<b>GVR2</b>	GVR2.1	VIA ROSARIO NICOLETTI	<i>Chorisia speciosa, Acer negundo, Pinus pinea var. sylvestris, Nerium oleander</i>	
		GVR2.2	SVINCOLO A19 TOMMASO NATALE	<i>Vegetazione spontanea di graminacee e arbustive</i>	
	<b>GVR3</b>	-	VIA DEL CEDRO (ARRIVO TRAM SFERRAVACALLO)	<i>Olea europea</i>	

GRAFICI - IDEOGRAMMI OPERE A VERDE



GRAFICI - IDEOGRAMMI OPERE A VERDE

