

RTI Progettisti:

SYSTRA

SOTECNI
SYSTRA GROUP

architecna
engineering

AEGIS
CANTARELLI + PARTNERS



STUDIO MATTIOLI
Ambiente - Ingegneria - Energia

cooperativa archeologia

PROGETTO DEFINITIVO DELLA SECONDA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (TRATTO NORD LINEA VERDE)

STUDI SPECIALISTICI AMBIENTE Mitigazioni Ambientali - Relazione Tecnica

COMUNE DI BOLOGNA
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE
ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO
ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ing. Barbara Baraldi
arch. Virginia Borrello
ing. Giulio Cimbali
geom. Agnese Fero
ing. Stefania Guadagnini
geom. Luciano Notte
ing. Lisa Ombra
ing. Marco Pesare

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

RESPONSABILE DI COMMESSA
ING. PAOLO MARCHETTI

COORDINATORE TECNICO
ING. ALESSANDRO PIAZZA

SISTEMA TRANVIARIO
ING. SANTI CAMINITI

ARCHITETTURA E INSERIMENTO URBANISTICO
ARCH. SEBASTIANO FULCI DE SARNO

OPERE A VERDE
ARCH. NICOLA CANTARELLI

OPERE STRUTTURALI
ING. STEFANO TORTELLA

SEGNALAMENTO E TELECOMUNICAZIONI
ING. ANGELA TORTORELLA

AMBIENTE
PROF. MATTEO MATTIOLI

SICUREZZA
ARCH. SERGIO MOSCHEO

ARCHEOLOGIA
DOTT. CRISTINA BIGAZZI

BIM MANAGER
GEOM. MIRKO CASAROLI

RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
ING. SANTI CAMINITI

IMPIANTI TECNOLOGICI
ING. SIMONE VILLA

STUDI TRASPORTISTICI
ING. ANDREA SPINOSA

VIABILITA' INTERFERENTE E SOTTOSERVIZI
ING. PIETRO CAMINITI

IDRAULICA E IDROLOGIA
ING. ANDREA BENVENUTI

DEPOSITO
ING. GIORGIO COLETTI

ARMAMENTO
ING. MAURIZIO FALZEA

GEOLOGIA E GEOTECNICA
DOTT. GEOL. ANTONIO PAONE

TRAZIONE ELETTRICA
ING. DOMENICO D'APOLLONIO

IMPIANTI MECCANICI
ING. SALVATORE GIUA

COMMESSA		FASE	LOTTO		WBS	DISCIPLINA		TIPO	NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE							
B	3	8	1	C	D	X	0	0	A	M	I	T	R	T	0	1	A	-	B381C-D-X00AMB-MIT-RT-01-A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Ago. 2023	PRIMA EMISSIONE	COSTA	MATTIOLI	S. CAMINITI
B					
C					
D					

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO	3
2.1 INQUADRAMENTO GENERALE	3
2.2 PROGETTAZIONE DELLE SISTEMAZIONI URBANISTICHE	5
3. INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE	6
3.1 OPERE A VERDE.....	6
3.1.1 <i>Criteri Ambientali Minimi</i>	7
3.1.2 <i>Descrizione delle opere a verde</i>	12
3.1.2.1 <i>Boschi urbani a nord e sud di Via Bentini</i>	12
3.1.2.2 <i>Rain garden – canali vegetati</i>	14
3.1.2.3 <i>Prati</i>	14
3.1.2.4 <i>Alberature stradali</i>	17
3.1.2.5 <i>Aiuole e rotonde stradali</i>	18
3.1.2.6 <i>Parcheggi pubblici</i>	18
3.1.2.7 <i>Armamento permeabile</i>	18
3.1.2.8 <i>Tutela degli alberi</i>	18
3.1.3 <i>Bilancio arboreo</i>	19
3.1.4 <i>Bilancio di CO2 con applicazione del modello BENEFITS</i>	20
3.2 PAESAGGIO E PATRIMONIO STORICO/CULTURALE.....	23
3.2.1 <i>Descrizione dell’inserimento dell’opera nel contesto paesaggistico e storico-culturale</i>	24
3.2.2 <i>Area di intervento, dettaglio dello stato dei luoghi e delle strategie di inserimento paesaggistico dell’opera</i>	29
3.3 INTERVENTI IDRAULICI.....	36
3.3.1 <i>Terminal bus e ricovero mezzi</i>	37
3.3.2 <i>Nuovo attraversamento del Canale Navile</i>	40
3.3.3 <i>Sottopasso tramviario Passante</i>	41
3.3.4 <i>Sottopasso stradale via Ferrare/via Mazza</i>	42

3.3.5	<i>Parcheggi.....</i>	44
3.3.6	<i>Sottostazioni elettriche.....</i>	47
3.3.7	<i>Idraulica di linea – drenaggio piattaforma tramviaria.....</i>	48
3.4	RUMORE	49
3.5	VIBRAZIONI	51

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione tecnica delle mitigazioni ambientali previste per l'opera in oggetto.

2. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

Il tracciato della Linea Verde, dal capolinea su Via dei Mille al capolinea Nord di Corticella, lungo poco più di 6.70 km, e si sviluppa quasi interamente sull'asse sud-nord costituito da via Indipendenza, via Matteotti, via Corticella, via Bentini, per poi deviare leggermente e percorrere via S. Anna, via Byron e via Shakespeare per il tratto finale.

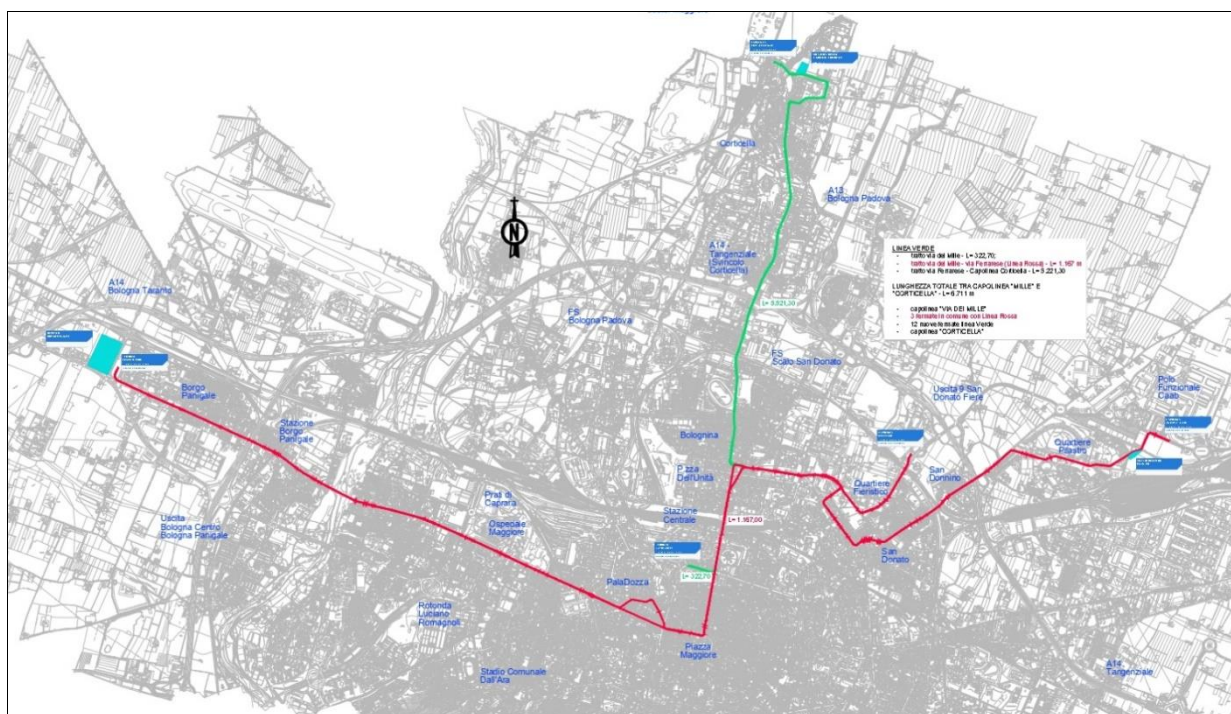


Figura 2-1 – Planimetria generale Linea rossa + Tratto nord Linea Verde

2.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Entrando nel dettaglio, i primi 320 m ca. si sviluppano lungo via dei Mille, da Piazza dei Martiri fino all'intersezione con via Indipendenza, e sono di nuova realizzazione.

All'intersezione con quest'ultima importante arteria, una doppia comunicazione semplice (una per ogni binario) permette alla linea Verde di "confluire" sulla Linea Rossa: in sostanza le vetture destinate al servizio delle Verde percorreranno in entrambe le direzioni i binari della linea Rossa. Dal punto di vista ambientale, gli impatti per il tratto in comune tra la Linea Verde e la Linea Rossa sono stati già valutati nella fase di Screening della Linea Verde, alla quale si rimanda per eventuali approfondimenti.

Questa configurazione viene mantenuta fino a P.zza dell'Unità (per uno sviluppo di ca. 1,17 km.,) raggiunta la quale il tracciato piega prima sulla sinistra per poi imboccare a nord via Corticella e svilupparsi nel quadrante nord della città di Bologna fino al capolinea di Corticella per ulteriori 5,22 km.

All'intersezione tra via Bentini e via S. Anna, il tracciato devia verso Est per percorrere quest'ultima strada fino all'intersezione con via Byron: qui svolta sulla sinistra verso nord fino all'intersezione con via Shakespeare.

Il tratto adesso descritto, compreso tra le fermate Gorky e Shakespeare, per una lunghezza di ca. 900 m, non presenta linea di contatto per la circolazione dei mezzi tranviari (tratta Catenary free): tale soluzione, resa possibile dalle caratteristiche delle nuove vetture che circoleranno sulla rete Bolognese dotate di sistemi a batterie, permetterà di eliminare linea e soprattutto pali di sostegno lungo in tratto di viabilità esistente lungo la quale in tram circolerà in promiscuo con le vetture private.

Nel tratto finale di via Shakespeare, all'intersezione con via Bentini, è prevista la realizzazione di una nuova rotatoria che permetterà anche l'accesso al nuovo polo di interscambio modale collocato a nord di via Shakespeare, nell'area interclusa tra la viabilità a sud, il centro sportivo a est e il canale Navile a ovest.

In tale area è prevista la realizzazione di un parcheggio multipiano fuori terra per i mezzi privati su gomma, un capolinea a raso per i mezzi pubblici extraurbani che provengono da nord dall'area di Castel maggiore, e sul lato destro, un area di ricovero notturno per i mezzi tranviari,

equivalente a quanto previsto per l'area ricovero "Pilastro" della linea Rossa, con 4 binari per permettere di attestare la sera le prime vetture che inizieranno il servizio nelle prime ore della giornata successiva.

Infine, il tracciato termina con l'attraversamento del canale Navile grazie alla realizzazione di un nuovo ponte collocato a sud di quello esistente, lungo 59 m e ad esclusivo utilizzo delle vetture tranviarie: attraverso questa nuova infrastruttura la linea raggiungerà in nuovo capolinea nord "Corticella", collocato in corrispondenza del piazzale della omonima stazione ferroviaria SFM.

Lungo il tracciato da Piazza dell'Unità al Capolinea Corticella sono ubicate 12 fermate, ad un interasse medio di 500 m, tranne che nel tratto di attraversamento dello svincolo della tangenziale di Bologna lungo via Corticella che rende impossibile la collocazione di fermate nel rispetto della distanza sopra riportata.

Come ultima annotazione, va ricordato che il capolinea di via dei Mille diventerà, quando la seconda linea sarà completata con il suo ramo sud, una semplice fermata intermedia dell'itinerario più lungo che collegherà il capolinea nord di Corticella/Castel Maggiore con il futuro capolinea da posizionare nel quadrante sud-ovest della città, punto terminale della seconda linea

2.2 PROGETTAZIONE DELLE SISTEMAZIONI URBANISTICHE

La progettazione delle sistemazioni urbanistiche è stata effettuata sulla base delle seguenti linee guida, introdotte nel PFTE e riconfermate per la progettazione definitiva:

- minimizzazione dell'impatto della sede tramviaria sulla circolazione primaria e secondaria;
- minimizzazione dell'impatto della nuova infrastruttura sul patrimonio arboreo esistente;
- minimizzazione dell'impatto sui sistemi di sosta esistenti;
- adattamento delle tecnologie tramviarie e delle finiture al contesto ambientale ed in special modo a quello del centro storico;

- rispetto del tipo edilizio “portico” in riferimento al suo valore storico-urbanistico per la città di Bologna;
- integrazione della tramvia con i sistemi di mobilità attiva (pedonale e ciclabile);
- abbattimento delle barriere architettoniche.

Dall’applicazione delle suddette linee guida ne è nata la necessità di adattare il tracciato stesso alle diverse forme urbane attraversate, cercando il miglior compromesso possibile tra il livello trasportistico ottimale ed il valore aggiunto dato dalla strada come luogo di relazione sociale caratteristico delle comunità italiane. Per un maggiore dettaglio si rimanda agli elaborati delle sistemazioni urbanistiche.

3. INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

3.1 OPERE A VERDE

Il progetto delle opere a verde è stato sviluppato in conformità al Regolamento Edilizio e allegato Regolamento del verde pubblico e privato del Comune di Bologna, seguendo pertanto l’iter che conduce all’analisi su scala via via più dettagliata dell’intervento, a partire dall’inquadramento territoriale (analisi del contesto urbano, delle valenze ambientali, delle connessioni con il sistema del verde pubblico e privato, dei possibili collegamenti tra il verde esistente e di progetto), passando dalla valutazione della migliore disposizione spaziale delle diverse componenti, per giungere infine alla scelta della tipologia di verde più idonea per singola situazione ambientale.

La progettazione delle opere a verde ha seguito un approccio multidisciplinare, che ha messo a sistema aspetti paesaggistici, naturalistici, agronomici, ambientali ed idrogeologici, considerando l’inserimento della nuova infrastruttura tramviaria come un’opportunità di riqualificazione del verde urbano e periurbano per il miglioramento dei “servizi ecosistemici”.

Per approfondimenti si rimanda agli elaborati specifici del capitolo “Opere a Verde”.

3.1.1 CRITERI AMBIENTALI MINIMI

In conformità al DM 23/06/2022 la selezione delle specie arboree e arbustive ha tenuto conto di:

- specie vegetali autoctone e rustiche;
- tenendo in considerazione i prevedibili cambiamenti delle condizioni ambientali legate ai mutamenti climatici;
- che necessitano di bassa intensità di manutenzione, valutando opportunamente distanze e sesti di impianto;
- selezionando e attuando soluzioni tecniche che riducano il consumo della risorsa idrica e di sostanze chimiche,
- adottando soluzioni idonee all'ambiente, al paesaggio e alle risorse economiche disponibili per la manutenzione dell'opera progettata.

Si ritiene di riproporre le indicazioni dei CAM per gli interventi edilizi del 2017 ora sostituito dal nuovo Decreto del 2022 per la scelta delle piante:

- utilizzo di specie autoctone, privilegiando le specie vegetali che hanno strategie riproduttive prevalentemente entomofile;
- utilizzo di specie autoctone con pollini dal basso potere allergenico;
- nel caso di specie con polline allergenico da moderato a elevato, favorire le piante femminili o sterili;
- favorire le piante ad impollinazione entomofila, ovvero che producono piccole quantità di polline la cui dispersione è affidata agli insetti;
- evitare specie urticanti o spinose (es. Gleditsia triacanthos L. - Spino di Giuda, Robinia pseudoacacia L.- Falsa acacia, Pyracantha - Piracanto, Elaeagnus angustifolia L. - Olivagno) o tossiche (es. Nerium oleander L. - Oleandro, Taxus baccata L.- Tasso, Laburnum anagyroides Meddik- Maggiociondolo);
- utilizzare specie erbacee con apparato radicale profondo nei casi di stabilizzazione di aree verdi con elevata pendenza e soggette a smottamenti superficiali;

- non utilizzare specie arboree note per la fragilità dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde che potrebbero causare danni in caso di eventi meteorici intensi.

Gli interventi mitigativi previsti hanno come obiettivo generale la riduzione al minimo dell'impatto generato dalle opere di progetto ed il loro corretto inserimento paesaggistico-ambientale nel contesto territoriale di riferimento.

Specie arboree in relazione all'allergenicità ed alla modalità di impollinazione

Prioritariamente si è fatto ricorso a specie a bassa allergenicità, con qualche eccezione per la moderata allergenicità, per soddisfare ulteriori esigenze progettuali ed incrementare la biodiversità nel contesto urbano. Tuttavia, tali specie rappresentano una minoranza numerica nell'ambito della scelta floristica e trovano una localizzazione variamente distribuita sul territorio, evitando concentrazioni in determinate zone.

La maggior parte delle specie arboree inserite nel progetto sono a bassa o nulla azione allergizzante. La presenza di alcune specie a media azione è giustificata dalla necessità di soddisfare altri obiettivi ecologico-paesaggistici. Dal punto di vista numerico sono decisamente una percentuale ridotta e variamente distribuite sul territorio. Si ritiene tale scelta compatibile in ragione anche delle indicazioni di alcuni autori che ritengono di poter utilizzare tali specie "solo in basse percentuali e a condizione che vengano mescolate ad altre specie che non presentano tale disservizio".¹

I principali riferimenti bibliografici per la selezione di specie non allergizzanti sono stati i seguenti:

- ARPAE Emilia Romagna – schede botaniche;
- Linee Guida "Piante, polline ed allergie" del progetto QUALIVIVA dell'Associazione vivasisti Italiani finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali;
- Linee guida di forestazione urbana sostenibile per Roma capitale, ISPRA 2015;

¹ P.Mori, F.Salbitano, G.Vacchiani 20.. Mettiamo Radici al Futuro- Regione Emilia Romagna

- Associazione Italiana di aerobiologia (<https://www.allergologico.it/piante/allergenicita-piante.html>);
- Allegato 3 del Regolamento del Verde pubblico e privato del Comune di Bologna.

Specie con funzione di assorbimento delle sostanze inquinanti in atmosfera e di regolazione del microclima

La creazione di una “foresta urbana diffusa” è una delle misure previste per contrastare i cambiamenti climatici. Gli alberi sono, infatti, dei grandi magazzini in cui si accumula naturalmente carbonio. Un aspetto fondamentale per la fissazione del carbonio in ambiente urbano è quindi la scelta di specie che siano idonee ad espletare tale funzione oltre che adatte alle condizioni ambientali del sito in cui saranno messe a dimora.

Per massimizzare la fissazione di carbonio si sono adottati i seguenti criteri:

- privilegiare specie longeve;
- privilegiare specie che a maturità possono grandi dimensioni;
- privilegiare specie che siano resistenti alle malattie e, in ambito urbano, agli stress legati all’inquinamento;
- scegliere specie con ridotte esigenze di manutenzione e che richiedono minimi interventi di potatura, offrendo loro adeguati spazi per la crescita e lo sviluppo;

Alcune specie da utilizzare per massimizzare il ruolo di assimilazione della CO₂ sono:

- tigli (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. x vulgaris*), specie generalmente di grandi dimensioni e longeve. Soprattutto il tiglio nostrano (*T. platyphyllos*) è ampiamente utilizzato nelle alberate stradali, in quanto oltre ad essere esteticamente gradevole, ha fiori molto profumati;
- aceri (*Acer campestre*, e *A. platanoides*), in virtù della loro velocità di accrescimento, soprattutto l’acero riccio (*A. platanoides*). Mentre *A. campestre* risulta più rustico ed adattato alle condizioni locali e anche per interventi in condizioni pioniere e degradate.

In riferimento al microclima urbano, il coefficiente di ombreggiamento rappresenta un importante parametro di riferimento nella progettazione degli spazi verdi fruibili: la forma delle

foglie, la loro dimensione e densità determinano la tipologia di ombra proiettata dalle alberature

Nelle strutture urbane, in condizioni di assenza di vento, l'isola di calore dell'edificio determina una brezza esterno-interno che concentra l'inquinamento, mentre la presenza di aree verdi, in particolare quelle di dimensioni rilevanti, puliscono e abbassano la temperatura dell'aria determinando brezze che vanno dal verde al costruito, come riportato nell'immagine seguente

Vengono qui di seguito riportati alcuni criteri generali presi in considerazione per la scelta delle specie utili per realizzare fasce verdi in grado di contribuire all'intercettazione degli inquinanti atmosferici e alla mitigazione dell'inquinamento acustico. I criteri riportati sono anche validi per la realizzazione di un sistema verde più esteso e complesso, seppur con alcune limitazioni.

In particolare, si sono adottati i seguenti criteri:

- privilegiare specie arboree con chiome ampie e alte, meglio se caratterizzate da un fitto sistema di ramificazione;
- privilegiare specie longeve e resistenti alle malattie e all'inquinamento atmosferico delle città;
- scegliere specie con ridotte esigenze di manutenzione, così da ridurre i costi di gestione e di intervento;
- favorire, per quanto possibile, specie sempreverdi;
- privilegiare specie basse emettitrici di COV quali ad esempio aceri e tigli;

Quali riferimenti bibliografici si sono utilizzate le schede fornite dall'Istituto di Biometeorologia IBIMET del CNR "Forestazione urbana: criteri per la selezione di specie arboree ed arbustive destinate alla mitigazione ambientale" e il progetto BENEFITS - fogli di calcolo per la valutazione dei benefici dell'infrastruttura verde.

Sistema di irrigazione

Nel progetto non sono previsti impianti di irrigazione con la tecnica ad aspersione, ma solamente impianti a goccia, che garantiscono una maggiore efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica.

Si è optato per un sistema di irrigazione che soddisfi i fabbisogni idrici delle superfici tappezzate, realizzate in prevalenza con erbacee perenni a bassa esigenza idrica, e degli impianti arborei per i primi anni dalla messa a dimora. Per le varie aree verdi saranno predisposti stacchi dalla rete pubblica.

I vantaggi di questo sistema sono molteplici tra cui i principali risultano essere:

- l'elevata uniformità di distribuzione dell'acqua grazie all'utilizzo nelle ali di gocciolatori autocompensanti;
- i ridotti fenomeni di erosione e dilavamento;
- la possibilità di irrigare aree con le più svariate forme e dimensioni;
- la scarsa esposizione agli atti di vandalismo, problema particolarmente sentito nei parchi e giardini pubblici, essendo l'intero sistema interrato;
- l'elevata flessibilità nella programmazione delle ore di irrigazione. L'irrigazione non limita assolutamente l'uso e il godimento delle aree verdi mentre è in atto potendo, in questo modo, programmare anche dei cicli diurni d'irrigazione;
- possibilità di irrigare ampie superfici in una sola volta in quanto si utilizzano basse pressioni e portate e tubi relativamente piccoli;
- riduzione delle malattie della pianta in quanto l'acqua viene erogata direttamente alle radici della pianta e non alle foglie o ai fiori;
- riduzione del dispendio energetico con stazioni di pompaggio di minore potenza data la minore portata dell'impianto.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento agli elaborati delle "Opere a verde".

3.1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE A VERDE

Gli interventi mitigativi previsti hanno come obiettivo generale la riduzione al minimo dell'impatto generato dalle opere di progetto ed il loro corretto inserimento paesaggistico-ambientale nel contesto territoriale di riferimento.

3.1.2.1 Boschi urbani a nord e sud di Via Bentini

Il progetto proposto prevede la realizzazione di aree boscate e di prati aridi con incremento della naturalità e della biodiversità delle aree oggetto di richiesta, collocate nell'area nord - ovest del percorso.

Le due zone destinate sono caratterizzate da formazioni vegetali come di seguito elencato:

- bosco querce-carpineto;
- bosco querce-olmeto;

come individuati negli elaborati: B381C-D-X00-V00-URB-DG-01-A – Tipologici sistemazione a verde.

Per favorire la gestione, soprattutto in fase iniziale, si è definito un impianto arboreo interspecifico che, pur non assumendo la formale definizione forestale di "bosco" produrrà effetti ecosistemici significativi, caratterizzandosi come bosco urbano.

Dal punto di vista paesaggistico, la differenziazione e l'aspetto naturaliforme garantiranno, inoltre, sin dai primi anni un impatto visivo gradevole.

Il corredo vegetazionale del progetto per il bosco a nord di via Bentini valorizza, altresì, le aree destinate a possibile laminazione delle acque del limitrofo torrente Navile, creando dei sistemi affini degli ambienti umidi, con incremento della biodiversità. (quercia-olmeto).

Il tipo di specie arboreo-arbustive presenti entro una zona boscata può profondamente influenzare il numero di specie animali in esso presenti

A corredo della zona boscata le strutture verdi lineari (filari e siepi) completeranno il progetto raccordando soprattutto i margini nord ed ovest.

I nuovi boschi verranno realizzati in un'area di:

- Bosco a nord di via Bentini: 3122 mq oltre a 4923 mq di radure;
- Bosco a sud di via Bentini: 8739 mq oltre a 8996 mq di radure.

Il progetto prevede di inserire popolamenti polispecifici, costituiti da consociazioni di specie arboree variamente strutturate e articolate in relazione alle caratteristiche stazionali e delle peculiarità del terreno che contraddistingue il sito d'impianto.

Tra le specie arboree vanno menzionati gli ontani, i frassini, le querce, gli aceri, i sorbi, gli olmi, i ciliegi.

Tutto il materiale vegetale utilizzato sarà conforme al decreto legislativo 10 novembre 2003, n. 386 (Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione) e al D.Lgs 19 del 2/2/2021 (Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi in attuazione dell'articolo 11 della legge 4 ottobre 2019, n. 117, per l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/2031 e del regolamento (UE) 2017/625. (21G00021), nonché corredato, nei casi previsti dalla predetta normativa, da:

- a) certificato principale di identità, ai sensi dell'articolo 6, del d.lgs. 386/2003;
- b) passaporto delle piante dell'Unione europea sullo stato fitosanitario del materiale di propagazione.

Si descrivono di seguito le strutture verdi definite dal progetto definitivo in grado di valorizzare le peculiarità del sito.

Bosco tipo "querco-carpineto" si colloca a sud di Via Bentini.

Nella zona a nord, invece, ove ci sarà la possibilità di allagamenti occasionali per la laminazione delle acque meteoriche e per l'esondazione del torrente Navile la composizione vegetale darà la priorità a specie adatte alla maggiore umidità del terreno e tolleranti la periodica sommersione optando per un "querco-olmeto".

Per quanto riguarda il sesto d'impianto si è optato per una maglia di 5 m x 5 m, pari ad una densità teorica di 400 piante ad ettaro.

3.1.2.2 *Rain garden – canali vegetati*

La gestione del drenaggio urbano fa parte di un approccio integrato che vuole contribuire a mitigare gli effetti dei cambiamenti in corso.

I rain garden (o semplicemente canali vegetati) rappresentano avvallamenti o depressioni appositamente posizionate e dimensionate per raccogliere l'acqua di ruscellamento, ossia l'acqua che viene raccolta da tetti, strade, marciapiedi e altre superfici urbane impermeabili o semipermeabili.

Questo avvallamento, permette un parziale o totale smaltimento dell'acqua in un sistema di drenaggio sotterraneo, o semplicemente di laminare il deflusso.

Nello specifico si è ritenuto rivestire le sponde degli invasi con specie igrofile per permettere di filtrare sostanze inquinanti, portate dal deflusso delle acque.

3.1.2.3 *Prati*

In corrispondenza di tutte le superfici "naturalistiche" è prevista la costituzione di un prato formato da miscugli di essenze erbacee frugali e xerotolleranti in considerazione delle sfavorevoli condizioni di stabilità e di aridità costituzionale del substrato su cui si andrà ad operare.

Il miscuglio di sementi avrà una buona percentuale di graminacee e di leguminose, nonché percentuali variabili di altre famiglie quali Composite, Ombrellifere e Cariofillacee capaci di adattarsi anche ai suoli di difficile bilancio idrotrofico. La tecnica prevista per la costituzione di prati piani o leggermente inclinati, dove è previsto un uso intenso, è quella tradizionale con lavorazione del terreno e semina manuale o meccanica.

Per le radure, invece, si opterà per la formazione di prati fioriti che assommano la loro valenza paesaggistica a quella ecologica, nonché il contenimento dei costi di gestione, con le seguenti caratteristiche:

- mix con elevato contenuto specie spontanee perenni, più alcune annuali;
- Valorizzazione di aree marginali con bassissima manutenzione a scopo ornamentale e paesaggistico;
- massimo effetto di prato spontaneo dalla ricca e variegata fioritura;
- elevate rusticità e valore ecologico, associate ad un interessante risultato estetico, variabile con le stagioni.

Prati ornamentali a bassa esigenza

Il tappeto erboso negli ultimi anni sta sensibilmente ampliando il proprio campo d'impiego, spaziando dal primo punto d'interesse, vale a dire l'uso ornamentale e sportivo, verso altri settori importanti definiti come inerbimenti tecnici (consolidamento scarpate, bonifica di ampie aree prima dismesse, miglioramento gestionale aree agricole, ecc.). Tutti gli inerbimenti offrono provati vantaggi ambientali, ma non tutte le specie graminacee si comportano allo stesso modo.

Un inerbimento a bassa esigenza idrica e manutentiva deve necessariamente assicurare la copertura completa e uniforme dell'area, il mantenimento negli anni di determinate caratteristiche qualitative, ma soprattutto deve crescere poco, avere minime necessità nutrizionali, essere resistente alle fitopatologie ed avere contenute necessità idriche.

Sono previste fondamentalmente specie graminacee microterme che permettono una più vasta fruizione dell'area dal punto di vista sia spaziale, sia temporale.

Particolare attenzione alla bassa esigenza manutentiva, che pur trattandosi di un concetto di tipo soggettivo, può essere generalizzato a un tipo di prodotto che comporti minime spese

d'investimento e di mantenimento (sia come prodotti che come operazioni necessarie per la conservazione del sistema).

Tralasciando volutamente il settore delle leguminose, tra le specie graminacee l'interesse verso questo tipo d'impiego risulta essere rivolto sostanzialmente verso la *Festuca arundinacea*, e il gruppo delle Festuche cosiddette a foglie fini (*Festuca rubra sub. Rubra*, *Festuca rubra sub. Trichophylla*, *Festuca rubra sub. Commutata*, *Festuca ovina*, *Festuca ovina duriuscula*)

Per un impiego tipo parco pubblico possono essere considerati 6 tagli/anno, mentre per un inerbimento di tipo tecnico 3 tagli/anno è la giusta quota d'intervento.

Interessante, sia per gli aspetti estetici, sia per quelli ecologici, l'applicazione della tecnica del mulching che consente a parità di costi di effettuare un numero di tagli superiore nella stagione vegetativa.

Festuche arundinacee possono essere miscelate con altre graminacee microterme per compensare le prestazioni nelle varie stagioni.

L'accorgimento per la creazione di tali miscele è quello di non scendere al di sotto di valori del 70% in peso di presenza di *Festuca arundinacea*.

Prati estensivi delle radure e dei boschi urbani

In corrispondenza di tutte le superfici "naturalistiche" è prevista la costituzione di un prato formato da miscugli di essenze erbacee frugali e xerotolleranti in considerazione delle sfavorevoli condizioni di stabilità e di aridità costituzionale del substrato su cui si andrà ad operare.

Il miscuglio di sementi avrà una buona percentuale di graminacee e di leguminose, nonché percentuali variabili di altre famiglie quali Composite, Ombrellifere e Cariofillacee capaci di adattarsi anche ai suoli di difficile bilancio idrotrofico. La tecnica prevista per la costituzione di prati piani o leggermente inclinati, dove è previsto un uso intenso, è quella tradizionale con lavorazione del terreno e semina manuale o meccanica.

Per le radure, invece, si opterà per la formazione di prati rustici che assommano la loro valenza paesaggistica a quella ecologica, nonché il contenimento dei costi di gestione, con le seguenti caratteristiche:

- mix con elevato contenuto specie spontanee perenni, più alcune annuali;
- valorizzazione di aree marginali con bassissima manutenzione a scopo ornamentale e paesaggistico;
- massimo effetto di prato simil-spontaneo dalla ricca e variegata composizione floristica;
- elevata rusticità e valore ecologico tipico dei prati magri.

Per le aree di tipo naturalistico si opta verso un prato polifita rustico con le seguenti caratteristiche:

- composizione: 20% Lolium perenne 15% Agropyrum elongatum 20% Festuca arundinacea 10% Dactylis glomerata 15% Festuca rubra rubra 5% Lotus corniculatus 5% Trifolium subterraneum 5% Melilotus officinalis 5% Onobrychis viciaefolia,
- dose di semina: 25-30 g/mq,
- epoca di semina: Primavera e autunno,
- manutenzione: 3-4 tagli annuali anche con tecnica del mulching.

3.1.2.4 Alberature stradali

L'inserimento e il completamento dei filari alberati lungo la viabilità interessata dal progetto dalla linea tranviaria hanno seguito i criteri paesaggistici ed ecologici propri della progettazione urbana. Le scelte hanno tenuto conto degli spazi disponibili per lo sviluppo radicale e delle chiome, nonché delle prescrizioni in materia di distanziamento dalla linea tranviaria stessa e dagli impianti elettrici di supporto.

Il filare arboreo inserito nel contesto urbano assume un ruolo fondamentale nell'aspetto paesaggistico, diventando un tratto caratteristico ed irrinunciabile delle città moderne.

L'accostamento di un filare alberato in corrispondenza del percorso di un mezzo pubblico di nuova generazione, inoltre, caratterizza paesaggisticamente le tratte, conferendo un carattere moderno e dinamico alla tramvia.

3.1.2.5 *Aiuole e rotatorie stradali*

Si intendono valorizzare anche le superfici verdi lungo la tramvia. Elemento distintivo sarà la composizione secondo forme semplici e riconoscibili che nell'alternanza di superfici a prato e superfici con erbacee perenni conferiranno una variabilità di paesaggi.

3.1.2.6 *Parcheggi pubblici*

Il progetto del verde in corrispondenza delle aree a parcheggio è stato sviluppato in un'ottica di applicazione dei principi di sostenibilità (drenaggio urbano sostenibile, qualità degli spazi pubblici, miglioramento del microclima urbano) definendo:

- specie idonee al contesto urbano;
- adeguati spazi per le alberature;
- miglioramento della qualità urbana dei parcheggi;
- criteri gestionali semplici.

Anche per i parcheggi principali, oltre agli inerbimenti, si propone di inserire erbacee perenni in grado di soddisfare gli obiettivi sopra esposti. Le tecniche costruttive, oltre a soddisfare un pronto risultato, assicureranno una semplicità ed economicità di gestione grazie alla predisposizione di teli pacciamanti ecologici e un sistema di irrigazione a goccia.

3.1.2.7 *Armamento permeabile*

Si vuole anticipare il rinverdimento dell'armamento permeabile della tramvia utilizzando specie erbacee rustiche precoltivate con l'obiettivo di ricreare quanto naturalmente si creerebbe con vegetazione erbacea rustica dando l'effetto paesaggistico di un corridoio verde. Lungo la linea vengono previsti 3.620 mq di armamento permeabile.

3.1.2.8 *Tutela degli alberi*

Il progetto esecutivo definirà i criteri per la tutela degli alberi da conservare ed interferenti con il cantiere. Verranno attuate le disposizioni previste dal Regolamento del verde, art. 7-8.

Sono stati individuati una serie di alberi che risultano incompatibili con la realizzazione delle strutture tramviarie, per interferenza diretta con l'opera in senso stretto e con la cantierizzazione necessaria.

Per interventi su platano si osserveranno le norme previste dalle disposizioni per la lotta obbligatoria contro il "Cancro colorato del Platano".

In via Ferrarese è presente un doppio filare arboreo di platano (n.23 alberi) allevato in forma semilibera. La formazione lineare è rappresentata soprattutto da alcuni alberi dimensionalmente appartenenti alla classe "di rilevanza".

La posizione degli alberi è assolutamente incompatibile con le norme di tutela previste dal Regolamento.

La previsione del sottopasso stradale lungo tale tratto stradale rende necessario l'abbattimento di 4 alberi di grande rilevanza

3.1.3 BILANCIO ARBOREO

Dal punto di vista strettamente numerico il progetto prevede l'impianto di:

- 338 nuove alberature nei boschi urbani:
 - 250 nuovi elementi arborei nel querco-carpineto (modulo 1);
 - 88 nuovi elementi arborei nel querco-olmeto (modulo 2);
- 552 alberature viarie lungo il tracciato della tranvia e in corrispondenza delle nuove aree a parcheggio;

per un totale di 890 nuovi elementi arborei e, per le interferenze con il nuovo sedime stradale e sottoservizi l'abbattimento di 206 elementi, con un bilancio arboreo netto di 684 alberi.

Nella tabella che segue si riporta la sintesi del bilancio arboreo.

TRAMVIA DI BOLOGNA – LINEA VERDE			
ALBERATURE – Confronto stato attuale e di progetto			
	Alberi abbattuti	Alberi di nuovo impianto	Delta
In linea	201	384	183
Parcheggio via Bassanelli	5	34	29
Parcheggio via Byron	0	15	15
Parcheggio di Via Gobetti	0	41	41
Parco di via del Tuscolano	0	78	78
Sommano	206	552	+346
Boschi urbani a nord e sud di Via Bentini	0	338	338
Sommano	206	890	+684
	Abbattuti	Nuovi	Rapporti
Rapporto alberi abbattuti/nuovi su viali e parchi	206	552	1:2,7
Rapporto alberi abbattuti/nuovi compresi boschi urbani	206	890	1:4,3

Dall'analisi della tabella sopra riportata si evince un significativo incremento dei nuovi impianti rispetto agli abbattimenti; questa soluzione progettuale consente di compensare ampiamente le perdite, ben oltre le richieste minime del Regolamento del verde pubblico e privato comunale, che prevede all'art. 18 la necessità di una compensazione minima 1:2 tra alberi abbattuti e nuovi impianti.

Il bilancio è ampiamente soddisfatto, sia considerando solo le alberature in parchi e viali e, a maggior ragione, comprendendo anche i boschi urbani.

3.1.4 BILANCIO DI CO2 CON APPLICAZIONE DEL MODELLO BENEFITS

Abbattimenti

Lungo l'area di intervento sono previsti **206 abbattimenti**. Per le stime dei valori ecosistemici si è ritenuto prudenzialmente di considerare l'80% degli alberi da abbattere in fase di maturità,

mentre il rimanente 20% come giovani alberi. Si rimanda alle tavole di rilievo dello stato di fatto delle opere a verde per l'individuazione degli stessi.

L'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie introdotte nel presente progetto, evidenzia per le alberature esistenti da abbattere:

- una complessiva capacità di stoccaggio di CO₂ pari a 325.080 kg (229+ 324.851);
- CO₂ assimilata pari a 32.044 kg CO₂/anno (152+31.892),

che, come di seguito illustrato verranno compensate, dai nuovi impianti previsti dal progetto.

Nuovi impianti

Il progetto generale prevede **552 nuovi alberi** lungo la linea e nei parchi e **338 nuovi alberi nei boschi urbani**. Si rimanda alle tavole di progetto per l'esatta collocazione ed individuazione degli stessi.

L'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie introdotte nel presente progetto, evidenzia per i nuovi impianti:

- una complessiva capacità di stoccaggio di CO₂ a maturità pari a 2.004.219 kg:
 - 1.085.837 kg CO₂ per le alberate viarie (comprehensive di parcheggi, giardini e parchi);
 - 918.382 kg CO₂ per i boschi urbani.
- una complessiva capacità di assimilazione di CO₂ pari a 206.129 kg CO₂/anno,
 - 113.695 di CO₂ assimilata per le alberate viarie (comprehensive di parcheggi, giardini e parchi);
 - 92.434 di CO₂ assimilata per i boschi urbani.

che, compenseranno l'abbattimento delle 206 alberate esistenti.

Stima del mancato assorbimento causato dal soil sealing presso il capolinea nord

Con la realizzazione del Capolinea Nord si consumerà una porzione di territorio destinato all'attività agricola.

Il suolo a livello globale è un fattore chiave nel ciclo del carbonio: la rimozione di terreno arabile e di sottosuolo durante l'impermeabilizzazione ci priva del suo potenziale per la fissazione naturale nell'atmosfera, influenzando sul ciclo del carbonio e sul clima.

Normalmente la fissazione di CO₂ avviene tramite la crescita vegetativa e l'accumulo di materia organica.

Nello specifico, i suoli interessati dal Capolinea Nord sono seminativi destinati a foraggiere e cereali.

Per considerare la riduzione di capacità di assorbimento determinata dal consumo di suolo si è fatto riferimento a diverse fonti bibliografiche, essendo il dato molto variabile in relazione alle tecniche di conduzione delle aziende agricole

- il DM 11/10/2017 (abrogato e sostituito da DM 23/06/2022) che, inserendo come fonte dati di Regione Piemonte, stima 5.000 kg CO₂/ha/anno la riduzione annua di assorbimento per i prati stabili
- "Impronta carbonica aziende agricole italiane" a cura di Silvia Coderoni e Guido Bonati - INEA, ROMA 2013: i quantitativi di carbonio stoccabili nel terreno, per singolo sistema colturale con annesse pratiche di gestione variano da 3.000 kg CO₂/ha/anno nel caso di seminativi gestiti con lavorazioni assenti o ridotte, fino ai 6.000 kg CO₂/ha/anno nel caso di foraggiere permanenti.

Ai fini della stima in oggetto, si ritiene congruo utilizzare un dato prudenziale di 5000 kg CO₂/ha/anno.

Considerando i seguenti dati:

- 1,21 ha superficie totale area deposito;
- 0,08 ha di superfici mantenute a verde;

- 1,13 ha di suolo consumato, per differenza dei due dati precedenti;
- 5.000 kg CO₂/ha/anno dei prati stabili.

dal prodotto 1,13 ha x 5.000 kg CO₂/ha/anno si ottengono circa 5.650 kg CO₂/anno di mancata capacità di assorbimento determinata dalla trasformazione prevista dal progetto con l'inserimento del Capolinea.

Bilancio di fitomassa

Al netto degli abbattimenti previsti che hanno:

- capacità di stoccaggio di CO₂ pari a 325.080 kg,
- CO₂ assimilata pari a 32.044 kg CO₂/anno,

al netto della perdita di suolo agricolo presso il Capolinea nord:

- CO₂ assimilata pari a 5.650 kg CO₂/anno,

considerando le nuove alberature di progetto con:

- complessiva capacità di stoccaggio di CO₂ a maturità pari a 2.004.219 kg,
- complessiva capacità di assimilazione di CO₂ pari a 206.129 kg CO₂/anno,

il progetto delle opere a verde della linea tranviaria verde di Bologna genera una capacità di assorbimento pari a 168.435 kg CO₂/anno (206.129 - 32.044-5.650).

3.2 PAESAGGIO E PATRIMONIO STORICO/CULTURALE

Dal punto di vista del paesaggio, i principali impatti legati alla realizzazione della nuova linea tramviaria possono essere riconducibili alla frammentazione dei sistemi paesaggistici presenti e alla riduzione dei caratteri del paesaggio circostante l'infrastruttura.

In particolare, i principali contesti sono descritti di seguito:

- *Paesaggio del centro storico*: in questo frangente la nuova infrastrutturazione costituirà l'opportunità per contribuire alla costruzione di sequenze interessanti, l'individuazione di punti di riferimento, l'apertura di prospettive e la formazione di strettoie, gli allineamenti, i raggruppamenti, gli sbarramenti;
- *Paesaggio della stazione e della Bolognina*: contraddistinto da un tessuto edilizio compatto e consolidato, ad impianto regolare, in cui sono presenti tipi edilizi in linea e puntuali costituiti prevalentemente da palazzine;
- *Paesaggio di Corticella*: caratterizzato da tessuto antropizzato e da una maglia consolidata connotata da eterogeneità di impianto (compatto ed aperto), di tipi edilizi, in linea, puntuali e a blocco, e di volumetrie dei manufatti (palazzine, edifici a torre a carattere intensivo), che generano uno skyline fortemente movimentato e dinamico e in cui la nuova infrastrutturazione ben si colloca anche dal punto di vista dimensionale;
- *Paesaggio periurbano*: in cui si colloca il terminal nord e dove il principale impatto è legato al consumo di suolo per la realizzazione dell'area.

3.2.1 DESCRIZIONE DELL'INSERIMENTO DELL'OPERA NEL CONTESTO PAESAGGISTICO E STORICO-CULTURALE

Di seguito viene descritta l'impostazione data alle sistemazioni urbanistiche lungo il tracciato.

Via dei Mille (da Piazza dei Martiri a Via dell'Indipendenza)

In tale tratta la tramvia attraversa il tessuto compatto della città storica (edifici prospicienti di interesse culturale e testimoniale del Secondo Novecento) fino all'intersezione con via Montebello, per poi entrare nel nucleo di antica formazione (edifici prospicienti di interesse culturale e testimoniale) e si sovrappone con la Linea Rossa in via dell'Indipendenza

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di segnalamento, semaforizzazione incroci.

L'asse stradale è caratterizzato dalla presenza di edifici risalenti in parte all'inizio del '900 o al secondo dopoguerra, tutti con portico che copre piano terra e piano ammezzato.

Il contesto attraversato dalla linea tramviaria è caratterizzato dalla fortissima densità edilizia e dall'assenza, pressoché totale, di aree verdi.

Sotto il profilo meramente paesaggistico, l'opera rimane defilata rispetto al Parco della Montagnola che mantiene la sua funzione di punto panoramico a 360° su tutta la città.

Si specifica, in relazione alla vicinanza dell'opera rispetto al Parco della Montagnola, che gli interventi previsti in progetto riguardano esclusivamente la realizzazione dell'intersezione tra la nuova linea in via dei Mille e l'infrastruttura tramviaria già contemplata dal progetto esecutivo della Linea Rossa sul lato ovest di via dell'Indipendenza e la generale riqualificazione delle pavimentazioni esistenti che verranno integralmente mantenute.

Via dell'Indipendenza (da Via del Mille a Piazza XX Settembre)

Trattasi di tratto in sovrapposizione con la Linea Rossa i cui lavori sono in corso di esecuzione. Il progetto non prevede modifiche all'assetto già previsto nel progetto esecutivo della Linea Rossa.

Via Matteotti (da Piazza XX Settembre fino all'incrocio con via Algardi)

Trattasi di tratto in sovrapposizione con la Linea Rossa i cui lavori sono in corso di esecuzione. Il progetto non prevede modifiche all'assetto già previsto nel progetto esecutivo della Linea Rossa.

Via Matteotti/via Mazza/via Bolognese (dall'incrocio con via Algardi fino a via Ferrarese)

Trattasi di tratto in parziale sovrapposizione con la Linea Rossa i cui lavori sono in corso di esecuzione. Il progetto non prevede modifiche all'assetto già previsto nel progetto esecutivo della Linea Rossa.

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di trazione e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: allargamento dell'area pedonale di Piazza dell'Unità.

Via Ferrarere (dall'incrocio con via Algardi fino all'incrocio con via Franceschini)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di trazione e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: realizzazione di un nuovo parcheggio multipiano tra le vie Saliceto e Ferrarese e del sottopasso viario tra via Ferrarese e via Bolognese.

Il quartiere della Bolognina nasce in seguito al Piano Regolatore del 1889, e si sviluppa come un quartiere operaio e manifatturiero, grazie soprattutto alla vicinanza con la stazione e la linea ferroviaria. A partire dagli anni novanta del '900 l'attività industriale viene progressivamente sostituita dal settore terziario, favorito in particolare dalla vicinanza della Fiera di Bologna e dal comodo accesso alle vie di comunicazione ferroviaria e autostradale.

Negli anni 2000 inoltre l'area si arricchisce della nuova sede amministrativa del comune di Bologna, e del nuovo accesso alla stazione ferroviaria dell'alta velocità, che cambiano in parte la fisionomia e il paesaggio cittadino.

Sotto il profilo paesaggistico la nuova infrastruttura si inserisce in un contesto prettamente urbano, caratterizzato dall'edilizia di inizio '900 e successiva per tutta la via Matteotti, fino a piazza dell'Unità e via Ferrarese.

Via di Corticella (da via Mazza a via Lombardi)

L'intervento si inquadra nel contesto del quartiere della Bolognina lungo il primo tratto di via di Corticella. Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di trazione e segnalamento, semaforizzazione incroci.

Via di Corticella (da via Lombardi a sottovia ferroviario)

L'area è caratterizzata dalla presenza dell'Ippodromo dell'Arcoveggio e del suo parco, risalente al 1932, con la sua recinzione in mattoni pieni sormontati da copertina in pietra; sono presenti due ingressi di cui uno monumentale a tre luci sull'estremità sud del parco in prossimità di via

Passarotti ed uno, a singola luce, poco più a nord. Pregevole è anche la cabina elettrica originaria integrata nel linguaggio architettonico del muro di recinzione

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di trazione e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: realizzazione di una nuova area di parcheggio in via Bassanelli (nell'area oggi di pertinenza dell'Ippodromo) che sarà caratterizzata da stalli permeabili inerbiti e dalla presenza di alberature ad ombreggiare le auto in sosta.

Via di Corticella (da sottovia ferroviario a via Stendhal)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di trazione e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: nuovo sottopasso tramviario lungo via di Corticella, tra via di Saliceto – a sud – e via della Croce Coperta – a nord.

Via di Corticella (da rotatoria Stendhal a intersezione con via Lipparini)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di trazione e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: realizzazione di una sottostazione elettrica lungo via Stendhal e realizzazione di un nuovo accesso su tale strada al Giardino Tuscolano Pinardi.

Sotto il profilo paesaggistico il quartiere è valorizzato dalla presenza del Parco dei Giardini dell'Arcoveggio.

Via Bentini (da via Lipparini a via Sant'Anna)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di trazione e segnalamento, semaforizzazione incroci.

Sotto il profilo paesaggistico il quartiere è valorizzato dalla presenza del Parco di Villa Torchi e dalla vicinanza del Canale Navile.

Via Sant'Anna (da via Bentini a via Byron)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci.

Sotto il profilo paesaggistico il quartiere è valorizzato dalla presenza del Parco di Villa Torchi e dalla vicinanza del Canale Navile.

Via Byron (da via Sant'Anna a viale Shakespeare)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci.

Sotto il profilo paesaggistico il quartiere è caratterizzato da edilizia tardonovecentesca immersa nel verde.

Via Shakespeare (da via Byron a via Bentini)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: potenziamento del parcheggio esistente a nord di viale Shakespeare, realizzazione Deposito Secondario e sottostazione elettrica, realizzazione Centro intermodale di Corticella.

Sotto il profilo paesaggistico tale tratto è caratterizzato da edilizia tardonovecentesca immersa nel verde e dalla presenza, a nord, del Centro Sportivo e delle sue aree verdi. Inoltre, a nord

dell'intersezione tra viale Shakespeare e via Bentini è presente un'area agricola abbandonata. L'area, nella sua estremità occidentale, è sottoposta a vincolo paesaggistico di tipo fluviale.

Via Bentini (da via Shakespeare a Stazione Corticella SFM)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, capolinea e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: nuovo ponte sul Canale Navile e rampa in rilevato per il raggiungimento del piazzale della stazione ferroviaria Corticella SFM dalla via Bentini.

Sotto il profilo paesaggistico tale tratto è caratterizzato dalla presenza del Pastificio Corticella che viene interessato da parziale demolizione di alcuni capannoni a nord e dalla presenza del Canale Navile da cui deriva la presenza di vincolo di tipo fluviale.

3.2.2 AREA DI INTERVENTO, DETTAGLIO DELLO STATO DEI LUOGHI E DELLE STRATEGIE DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO DELL'OPERA

L'inserimento dell'opera tramviaria all'interno di un contesto urbano variegato come quello della città di Bologna necessita di attenzione particolare alla qualità delle sistemazioni urbanistiche di progetto, garantendo al contempo i requisiti tipologici e funzionali degli elementi che le compongono e calibrando le finiture in relazione al contesto architettonico.

Finiture

Tale approccio è stato utilizzato nella progettazione delle sistemazioni urbanistiche lungo l'intera tratta, scegliendo i materiali secondo il seguente schema:

Localizzazione	Materiali contesti standard	Materiali Centro Storico e contesti particolari
Sede carrabile	Conglomerato bituminoso	Sampietrini o basole di granito
Sede tramviaria	Conglomerato bituminoso colorato chiaro	Sampietrini o basole di granito (inerbita lungo via dei Mille ed in viale Shakespeare)

Marciapiedi	Conglomerato bituminoso	Sampietrini (via dei Mille ed in piazza dell'Unità)
Cigli stradali	Elementi in granito chiaro	Elementi in granito chiaro recuperate
Cigli aiuole	Elementi in granito chiaro	Elementi in cls
Sedi ciclabili dedicate	Conglomerato bituminoso colorato in pasta con aggiunta di ossidi di ferro	



Figura 3-1 – Area d'intervento standard - stato di fatto



Figura 3-2 – tipologia di intervento standard



Figura 3-3 – Area d'intervento in Centro Storico





Figura 3-4 - Tipologia d'intervento in Centro Storico

Sistemi di trazione elettrica

Le tramvie tradizionali sono caratterizzate dalla presenza di sistemi di trazione elettrica costituiti da pali, tesate e linee di contatto; tali sistemi, generalmente lineari, hanno un impatto maggiore nei centri storici – soprattutto in Italia – dove devono dialogare con la presenza di edifici e monumenti di alto valore, confrontandosi altresì con l'esiguità della sezione stradale.

Al fine di mitigare tale impatto, il progetto per la nuova linea tramviaria di Bologna prevede che i sistemi di trazione elettrica tradizionali, con pali, tesate e linee di alimentazione elettrica aerea vengano limitati alle aree esterne alla Città Murata (tra Porta San Felice e Piazza XX Settembre). All'interno di questa, invece, le vetture tramviarie circoleranno con batterie a bordo, senza l'ausilio di sistemi tradizionali.

Localizzazione	Materiali contesti standard	Materiali Via dei Mille, via Sant'Anna e via Byron
Trazione elettrica	Tradizionale con pali e tesate 	Assente (trazione a batterie) 

Pensilina di fermata

Il progetto per la pensilina del Tram di Bologna trova nel dialogo continuo tra storia e contemporaneità il proprio humus di coltura; il percorso su cui si articola il tracciato della rete tranviaria lega tessuti diversi sia per urbanizzazione, contesto, vocazioni, architettura e storia; il design della fermata nella forma e nelle cromie tende ad un dialogo neutro mantenendo un carattere distintivo forte e adattabile alle quinte di una città mutevole.

Il concept architettonico delle fermate è stato definito attraverso l'identificazione di elementi riconoscibili e adattabili ai differenti quadri di riferimento prestazionale.

Questi elementi sono declinati da una cornice in ferro che contiene le sedute e due totem ove trovano alloggio gli apparati tecnologici.

Via dei Mille (da Piazza dei Martiri a Via dell'Indipendenza)

Al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina, si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

In riferimento, invece, all'impatto visivo sul contesto del centro storico il progetto prevede che le vetture viaggino a batteria, pertanto senza la presenza degli impianti di trazione elettrica.

Via Matteotti/via Mazza/via Bolognese (dall'incrocio con via Algardi fino a via Ferrarese)

La giacitura prevista per la linea tramviaria non consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via Ferrarese (dall'incrocio con via Algardi fino all'incrocio con via Franceschini)

L'inserimento della nuova infrastruttura nel contesto urbano storicizzato della Bolognina, ne rispetta le caratteristiche materiali cercando un dialogo con le emergenze culturali.

La giacitura prevista per la linea tramviaria non consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via di Corticella (da via Mazza a via Lombardi)

L'inserimento della nuova infrastruttura nel contesto urbano storicizzato della Bolognina, ne rispetta le caratteristiche materiali cercando un dialogo con le emergenze culturali.

La giacitura prevista per la linea tramviaria non consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via di Corticella (da via Lombardi a sottovia ferroviario)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via di Corticella (da sottovia ferroviario a via Stendhal)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via di Corticella (da rotatoria Stendhal a intersezione con via Lipparini)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via Bentini (da via Lipparini a via Sant'Anna)

La giacitura prevista per la linea tramviaria non consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via Sant'Anna (da via Bentini a via Byron)

La giacitura prevista per la linea tramviaria non consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via Byron (da via Sant'Anna a via Shakespeare)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

Via Shakespeare (da via Byron a via Bentini)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato

per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie. La realizzazione del nuovo deposito secondario e del centro intermodale, previsti a nord di via Shakespeare, comporta la realizzazione di opere di salvaguardia e compensazione idraulica volte al superamento del vincolo fluviale.

Via Bentini (da via Shakespeare a Stazione Corticella SFM)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

3.3 INTERVENTI IDRAULICI

Relativamente alla progettazione dei sistemi di drenaggio e trattamento delle acque meteoriche delle aree di terminal e parcheggi nonché dell'infrastruttura lineare è stata effettuata una ricognizione e mappatura dei sottoservizi esistenti (Fognatura, Acquedotto, Enel ecc), fine di individuare il recapito più idoneo nel rispetto dalla DGR 1860/06 e relative circolari interpretative (ARPAE).

Relativamente ai sistemi di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia nelle aree potenzialmente inquinate lo schema di processo prevede una prima ripartizione tra acque di prima pioggia e acque di seconda pioggia:

- Arrivo acque di dilavamento
- Partizione e derivazione delle acque di prima pioggia.

Di seguito,

- per le acque di prima pioggia (AMPP) delle aree parcheggio e ricovero mezzi:

- accumulo e trattamento mediante SUDS secondo le linee guida richiamate nel Regolamento Edilizio del Comune di Bologna 2020;
- per le acque di seconda pioggia (AMSP):
 - partizione e scarico delle acque meteoriche non contaminate nel ricettore finale (per le sole AMSP dilavanti i piazzali bus, strade dell'area di ricovero si prevede anche accumulo temporaneo nella vasca per l'invarianza idraulica che svolge funzione di volano idraulico).

La vasca per l'invarianza idraulica è stata dimensionata nel rispetto dell'indice di accumulo di 500 mc/ha di nuova superficie impermeabile e/o semipermeabile in modo da non superare allo scarico i 10 l/s per ettaro.

Per il trattamento delle acque meteoriche prima pioggia dei parcheggi, del terminal bus e dell'area ricovero mezzi dovranno essere predisposti dei sistemi di drenaggio urbano intermedi secondo le linee guida SUDS (canali vegetati) prima del recapito nella fognatura o nel corpo idrico superficiale e dimensionate nella misura di 25 mc/ha in conformità all'art. 53 del R.E.C. di Bologna.

I reflui domestici sono collettati mediante rete di drenaggio separata fino al recapito finale nella fognatura gestita da Hera Spa.

La localizzazione delle vasche e dei sistemi di accumulo/trattamento risulta, talvolta, sensibilmente laterale rispetto all'asse di deflusso idrico, in quanto è stato necessario tenere in adeguata considerazione anche le relative modalità di esecuzione dei manufatti, cercando di interferire il meno possibile con i piani di rispetto delle procedure operative, nonché il regolare esercizio dell'infrastruttura tranviaria in totale sicurezza.

3.3.1 TERMINAL BUS E RICOVERO MEZZI

Nell'ambito del progetto è stato dimensionato il sistema di drenaggio urbano per l'intercettazione ed il collettamento delle acque meteoriche dei tetti e stradali, la fognatura

nera per lo smaltimento dei reflui civili, i sistemi di trattamento delle acque meteoriche contaminate stradali mediante SUDS e l'area per l'invarianza idraulica a supporto dell'interventi di trasformazione urbanistica.

Sono previste due linee di drenaggio distinte, una a servizio delle coperture, lungo la quale è prevista una vasca di stoccaggio per il riuso delle acque meteoriche (di volume 32 mc) e una rete di drenaggio della viabilità interne dell'area, lungo la quale si è prevista una vasca di circa 32 mc per lo stoccaggio di eventuali sversamenti di inquinanti. Entrambe le reti vengono convogliate nel canale vegetato che assolve alla funzione di laminazione prima dello scarico nel Navile.

Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di drenaggio esistente si prevede la realizzazione di aree di invaso a cielo aperto per la raccolta e l'accumulo delle acque meteoriche, considerando un indice di accumulo pari a 500 mc/ha di superficie.

A vantaggio di sicurezza si assume che allo stato di progetto le aree siano completamente impermeabili.

Al fine di garantire l'invarianza idraulica nel contesto fisico d'intervento anche a seguito della maggiore impermeabilizzazione dei suoli prodotta dalle opere in progetto, si individuano aree di compenso di adeguata capacità e funzionalità idraulica in modo da recuperare i volumi previsti e laminare le portate allo scarico in modo da rispettare il valore indice di 10 l/s per ettaro.

Le aree di laminazione si configurano come un invaso secco fruibile, così come definito dalla "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura del bacino del Reno".

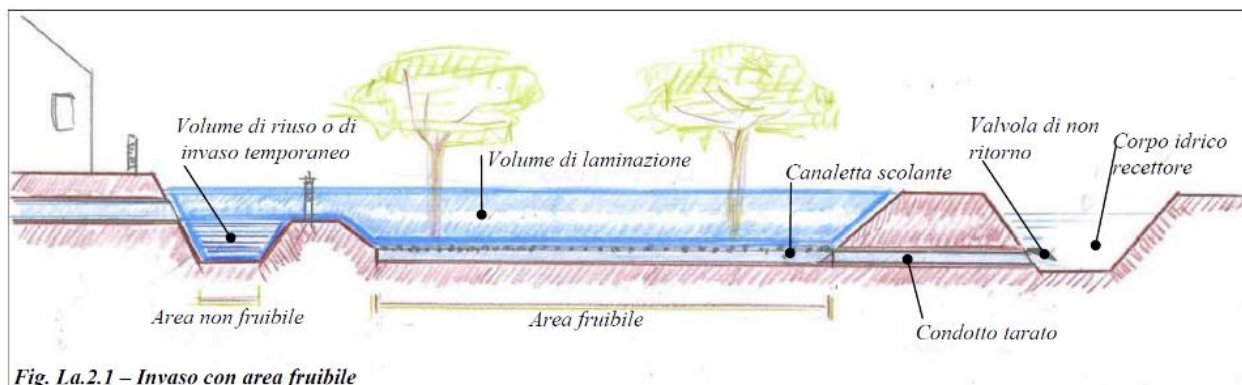


Fig. La.2.1 – Invaso con area fruibile

Figura 3-5 – Invaso per l'invarianza idraulico con area fruibile

Al fine di garantire in condizioni di tempo asciutto la fruibilità dell'area è prevista la piantumazione di specie vegetali e arboree con la possibilità di arredo paesaggistico in modo da integrare l'opera con l'area al contesto specifico.

Per l'area si ottengono i seguenti volumi di compensazione, che debbono essere recuperati all'interno dell'area di compensazione ovest per un totale di 665 mc.

Area terminal: $1.33 \text{ ha} \times 500 \text{ mc/ha} = 665 \text{ mc}$

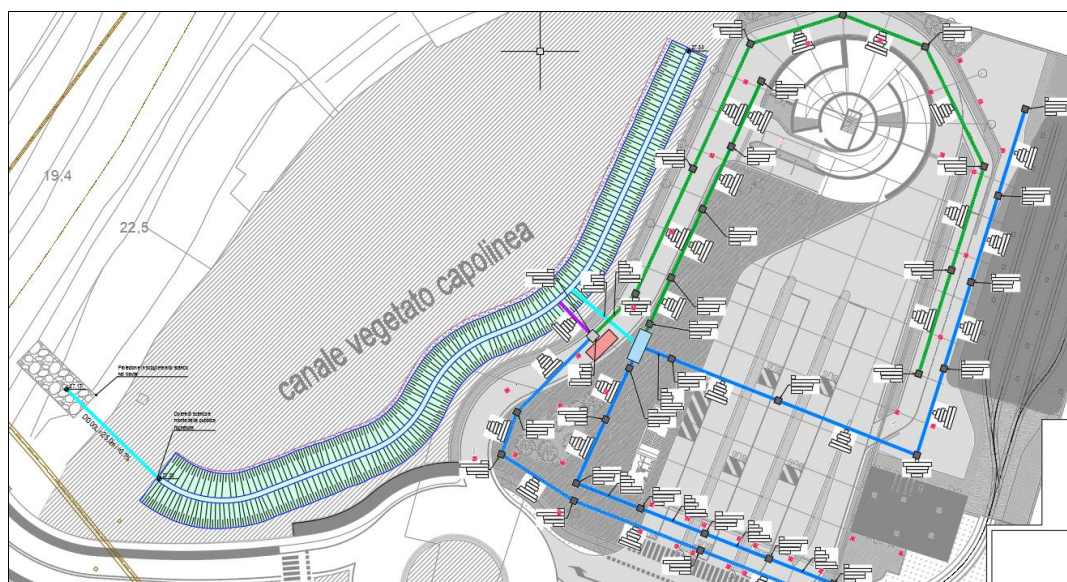


Figura 3-6 – Inquadramento dell'area di compensazione idraulica terminal

Nell'elaborato progettuale B381C-D-X00-IDR-IPA-PP-03-A "Particolari rete di drenaggio Terminal e ricovero mezzi e area per invarianza idraulica" è rappresentata l'area per l'invarianza idraulica di adeguata capacità ($906 \text{ mc} > 665 \text{ mc}$) ed idraulicamente connessa sia con la rete di drenaggio sia con il Navile in cui sono recapitate mediante un manufatto di controllo portellato.

L'area di invaso occuperà una superficie di circa 1.250 mq , sarà realizzata mediante uno scavo medio di circa 1.50 m e scaricherà a gravità nel Navile con una condotta dimensionata per valori di portata che non superino i 10 l/s/ha .

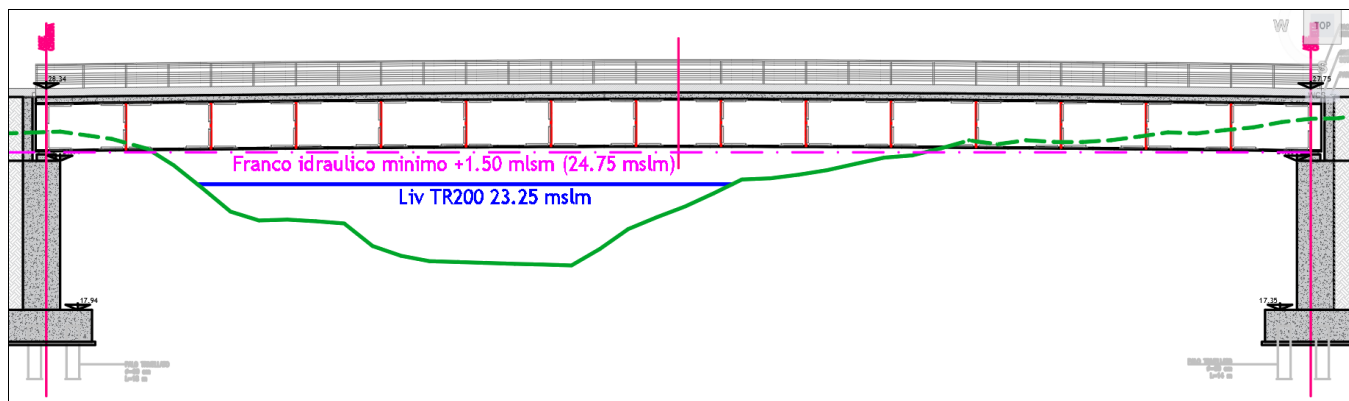
Al fine di non incrementare il rischio idraulico attuale (R_2) si prevede, in questa fase, il rialzamento del piano campagna fino ad una quota minima di 29.00 mslm , a fronte di un livello atteso di 28.70 mslm .

3.3.2 NUOVO ATTRAVERSAMENTO DEL CANALE NAVILE

La compatibilità idraulica del nuovo ponte tranviario è stata valutata ai sensi del RD 523/1904 e delle NTC 2018

Il nuovo impalcato garantisce un franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, non inferiore a $1,50 \text{ m}$ come di seguito brevemente rappresentato, rimandando allo studio idraulico per gli aspetti modellistici:

- Livello idrometrico massimo TR200 anni a monte del ponte: 23.25 mslm
- Franco di sicurezza minimo: $+1.50 \text{ m}$
- Quota minima dell'intradosso del nuovo ponte 24.75 mslm



Non sono presenti pile in alveo e le spalle del ponte sono state previste esternamente alla sezione idraulica in modo da non interferire con la piena con TR 200 anni sia in fase di esercizio sia in fase di cantiere dove le escavazioni non interesseranno l'alveo attivo in nessuna fase.

3.3.3 SOTTOPASSO TRAMVIARIO PASSANTE

Il progetto prevede, per un tratto della Via Corticella, la traslazione dell'asse tramviario al di sotto del piano campagna; in tale situazione si presenta la necessità di dotare l'intervento di un sistema di raccolta e di sollevamento delle acque meteoriche che interessano le due rampe di discesa e di risalita che si trovano alle estremità della nuova galleria artificiale.

Il sistema di intercettazione, collettamento e sollevamento delle acque di piattaforma in progetto si compone della rete di captazione, drenaggio e delle vasche di laminazione delle acque meteoriche con funzione di volano per il gruppo di pompe di sollevamento.

Tutto il sedime esistente viene occupato dalla nuova opera che risulta avere un'estensione di circa 568 m e larghezza pari a 9.20 metri. La superficie drenaggio complessiva pari a circa 0.5 ha.

Il drenaggio della piattaforma prevedere un impianto di sollevamento delle acque meteoriche. All'interno del sottopasso si prevede invece l'intercettazione il sistema di collettamento per allontanare le acque di pioggia.

Il sistema di raccolta e sollevamento delle acque meteoriche si compone dei seguenti elementi:

- rete di captazione dalle acque in sede tranviaria (griglie trasversali) e convogliamento al punto più depresso delle due rampe (tubazioni di drenaggio);
- vasca di accumulo delle acque con funzione di volano per il gruppo di pompe di sollevamento e con funzione di laminazione delle massime portate di pioggia in modo da rispettare allo scarico i 10 l/s per ettaro attesi da HERA Spa, senza aggravare il carico idraulico sulla fognatura servente;
- pozzetto di alloggiamento delle pompe ispezionabile;
- pompe di sollevamento adatte ad acque meteoriche e relativo gruppo di continuità come prescritto nelle specifiche del gestore del servizio idrico integrato (HERA Spa).

La necessità di laminare le portate di piena scaturisce dall'esigenza di rispettare il valore indice allo scarico di 10 l/s per ettaro; ciò consente di non sovradimensionare l'impianto di sollevamento meccanico in termini di portata da sollevare e prevalenza.

Tuttavia data l'importanza del sottopasso in argomento, la vasca di laminazione consente di invasare circa 500 mc di acque meteoriche aumentando la resilienza dell'opera in caso di mancato funzionamento degli impianti di sollevamento e/o del gruppo elettrogeno in dotazione, come da specifiche di Hera Spa.

3.3.4 SOTTOPASSO STRADALE VIA FERRARE/VIA MAZZA

Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, come nel caso di studio, i sottopassi possono essere realizzati a condizione che sia incrementato il rischio, non sia superato il "rischio medio R2" definito dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 settembre 1998 come il rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture e la funzionalità delle attività economiche e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

Il progetto prevede per un tratto di via Ferrarese la traslazione dell'asse stradale al di sotto del piano campagna; in tale situazione si presenta la necessità di dotare l'intervento di un sistema di raccolta e di sollevamento delle acque meteoriche che interessano la sede stradale stessa, comprensiva delle due rampe di discesa e di risalita che si trovano alle estremità della nuova galleria artificiale.

Il sistema di intercettazione, collettamento e sollevamento delle acque di piattaforma stradale in progetto si compone della rete di captazione, drenaggio e delle vasche di laminazione delle acque meteoriche con funzione di volano per il gruppo di pompe di sollevamento per la restituzione nella pubblica fognatura.

Il drenaggio della piattaforma prevedere un impianto di sollevamento delle acque meteoriche. All'interno del sottopasso si prevede invece l'intercettazione il sistema di collettamento per allontanare le acque di pioggia.

Il sistema di raccolta e sollevamento delle acque meteoriche si compone dei seguenti elementi:

- rete di captazione dalle acque in sede tranviaria (caditoie) e convogliamento al punto più depresso delle due rampe (tubazioni);
- vasca di accumulo delle acque con funzione di volano per il gruppo di pompe di sollevamento e con funzione di laminazione delle massime portate di pioggia in modo da rispettare allo scarico i 10 l/s per ettaro attesi da HERA Spa, senza aggravare il carico idraulico sulla sede di scolo secondaria;
- pompe di sollevamento acque meteoriche e relativo gruppo di continuità come prescritto nelle specifiche del gestore del servizio idrico integrato (HERA Spa).

Per la progettazione idraulica del sottopasso sono stati condotti studi bidimensionali per definire il massimo battente idraulico atteso a fronte di eventi meteorici eccezionali (TR 200), eventi storici estremi (evento alluvionale del 16 Maggio 2023) e fenomeni di flash flood.

Sulla base di tali condizioni a contorno sono stati definiti gli interventi a presidio del sottopasso.

Gli interventi per la gestione del rischio da alluvione prevedono interventi disconnessione idraulica (muretti di contenimento a tenuta idraulica, canalette di guardia delle rampe), sistemi di drenaggio delle rampe dimensionati su orizzonte duecentennale (TR 200 anni) e vasche volano interrate (una per sottopasso) per garantire comunque allo scarico nella fognatura il rispetto del valore indice di 10 l/s per ha.

La necessità di laminare le portate di piena scaturisce dall'esigenza di rispettare il valore indice allo scarico di 10 l/s per ettaro; ciò consente di non sovradimensionare l'impianto di sollevamento meccanico in termini di portata da sollevare e prevalenza.

Tuttavia data l'importanza del sottopasso in argomento, la vasca di laminazione consente di invasare circa 200 mc di acque meteoriche garantendo condizioni di sicurezza anche in caso di mancato funzionamento degli impianti di sollevamento e del gruppo elettrogeno in dotazione come da specifiche di Hera Spa.

3.3.5 PARCHEGGI

I parcheggi a corredo del progetto sono sostanzialmente di due tipologie:

- nuovi parcheggi realizzati impermeabilizzando aree parzialmente permeabili
- riorganizzazione funzionale di parcheggi esistenti

Nella prima tipologia di parcheggi (Parcheggio Bassanelli, Parcheggio di via Shakespeare nelle due stecche all'estremità est ed ovest), al fine di aumentare la resilienza del territorio ai cambiamenti climatici, la progettazione del sistema di drenaggio urbano ha seguito gli indirizzi di cui all'art 53 del R.E.C di Bologna, prevedendo come sistema di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia e volano idraulico, canali vegetati e vasche con trincee infiltranti in modo da rispettare allo scarico il valore soglia di 10/s per ettaro e recuperare 25 mc/ha per il trattamento in continuo delle prime piogge sfruttando la capacità di autodepurazione del sistema vegetale.

Nella seconda tipologia di parcheggi, ove la riorganizzazione funzionale non modifica la permeabilità dei suoli, si prevede di riprogettare la rete di drenaggio, con recapito in sistemi di drenaggio sostenibili, dimensionati, ai sensi dell'art 53 del R.E.C di Bologna, in modo da rispettare allo scarico il valore soglia di 50 l/s per ettaro e recuperare 100 mc/ha.

Per quanto riguarda il parcheggio di via Saliceto, previsto su area attualmente impermeabile, la funzione di volano a monte del recapito in pubblica fognatura viene garantita dalla vasca per l'accumulo e il riutilizzo delle acque meteoriche non contaminate provenienti dalle coperture.

Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento urbano, si prevede la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane, considerando un indice di accumulo pari a 500 metri cubi per ettaro di superficie per superfici attualmente verdi e un indice di accumulo pari a 100 metri cubi per ettaro di superficie per superfici attualmente impermeabili.

Il parcheggio di VIA BASSANELLI insiste in aree a verde o comunque prevalentemente permeabili ed è stato assunto che allo stato di progetto le aree siano completamente impermeabili.

Il parcheggio di VIA SHAKESPEARE insiste ad ovest e ad est su aree attualmente a verde, mentre nella sua zona centrale in aree impermeabili già destinate a parcheggio.

A valle delle suddette considerazioni si ottengono i seguenti volumi:

- Parcheggio di VIA BASSANELLI – 0.675 ha x 500 mc/ha 337.5 mc
- Parcheggio di VIA SHAKESPEARE EST – 0.21 ha x 500 mc/ha 105.0 mc
- Parcheggio di VIA SHAKESPEARE OVEST – 0.298 ha x 500 mc/ha 149.0 mc
- Parcheggio di VIA SHAKESPEARE CENTRO – 0.375 ha x 100 mc/ha 37.50 mc

Ai fini dell'invarianza idraulica sulla rete di smaltimento delle acque meteoriche si prevede di recuperare i suddetti volumi, all'interno di ogni singola area a parcheggio, realizzando invasi a cielo aperto e/o dei compensi (escludendo vasche interrato) che saranno dimensionati nel

rispetto di quanto previsto dalla “Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura del bacino del Reno”. Il recapito è stato individuato nella rete fognaria pubblica.

Infine, al fine di non incrementare il rischio, si prevedono le seguenti condizioni di fattibilità:

- per il parcheggio di Via Shakespeare in cui è atteso dal modello bidimensionale un livello di 28.50 mslm, si prevede un sovrizzo del piano stradale fino a 28.60 mslm.
- per il parcheggio di Via Bassanelli in cui è atteso dal modello bidimensionale un livello di 37.60 mslm, si prevede un sovrizzo del piano stradale fino a 37.70 mslm.

Il sistema di drenaggio dei nuovi parcheggi, costituito dalle caditoie per l'intercettazione delle acque meteoriche e dai collettori, recapita i volumi raccolti nei sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) che consentono di svolgere le seguenti funzioni:

- trattamento delle AMPP nella misura di 25 mc per ha ai sensi dell'art. 53 del R.U.C.
- autocontenimento idraulico degli afflussi meteorici in modo da non superare i 10 l/s per ettaro allo scarico in pubblica fognatura.

Per il progetto dei parcheggi in argomento sono stati scelti due tipologie di interventi “SUDS” alternative fra loro: canali vegetati (asciutti) e vasche con trincee infiltranti entrambe adatte per aree di parcheggio per convogliare le acque di runoff in spazi pubblici con la possibilità di arredo paesaggistico per una migliore fruibilità delle aree di parcheggio.



Figura 3-7 – Esempio di canale vegetato asciutto

3.3.6 SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE

Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento urbano, si prevede la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane, considerando un indice di accumulo pari a 500 metri cubi per ettaro di superficie.

Si precisa che per la SSE nell'area di ricovero i volumi sono ricompresi nel conteggio del non aggravio di tutta l'area di progetto.

Per la SSE in via Stendhal i volumi da recuperare sono i seguenti

$$150\text{mq} / 10000 \text{ ha} \times 500 \text{ mc/ha} = 7.50 \text{ mc}$$

Si prevede di recuperare i suddetti volumi, in prossimità della SSE, realizzando un invaso a cielo aperto dimensionato nel rispetto di quanto previsto dalla "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura del bacino del Reno". Il canale ha larghezza del fondo 50 cm, altezza 50 cm, pendenza sponde 3:2, lunghezza 30m.

Considerata la modesta area drenata non si prevede scarico in pubblica fognatura ma dispersione sul fondo.

Al fine di scongiurare condizioni di allagabilità per fenomeni di ristagno dovuti ad eventi meteorici intensi e quindi aggravamenti del rischio, si prevede per la SSE in via Stendhal il sovrizzo del p.c. di 30 cm e/o la realizzazione di muretti di contenimento di pari altezza, consentono la realizzazione della SSE in condizioni di sicurezza idraulica, senza alcun incremento di rischio.

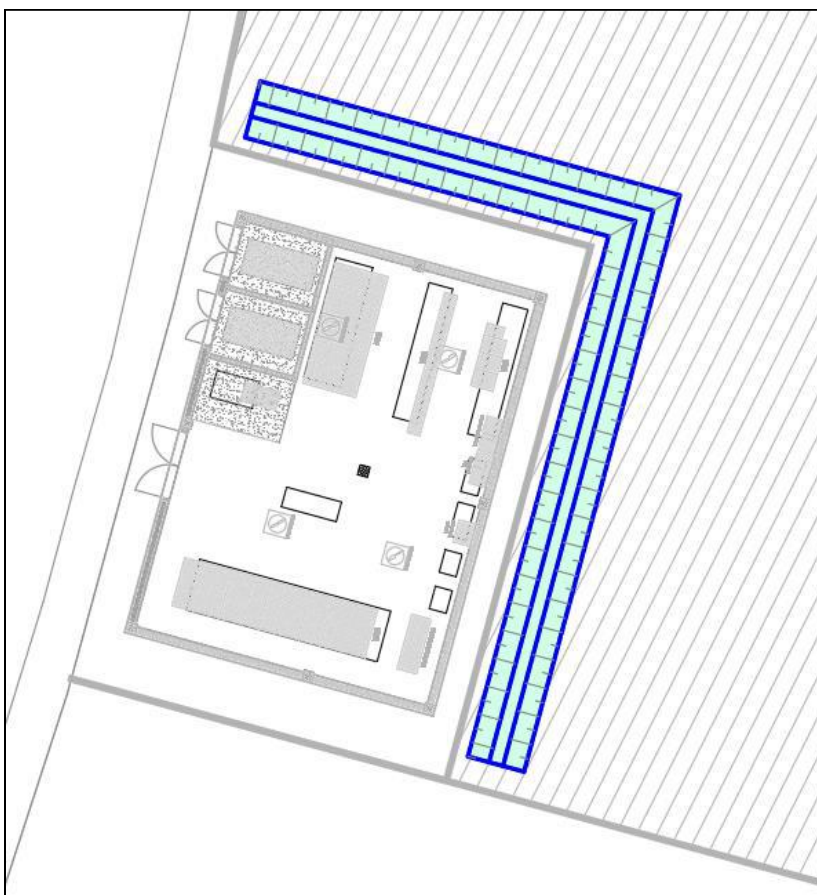


Figura 3-8 – SSE11 via Stendhal

3.3.7 IDRAULICA DI LINEA – DRENAGGIO PIATTAFORMA TRAMVIARIA

Il sistema di raccolta è costituito principalmente da griglie stradali a fessura in ghisa sferoidale D400 con canaletta in calcestruzzo di larghezza 30 cm e altezza 30 cm ad interasse di 25 m, che raccolgono le acque di piattaforma e le convogliano in un pozzetto d'ispezione adiacente alla sede tramviaria. Dal pozzetto, le acque vengono collegate ad un collettore di progetto che corre parallelo alla sede tramviaria e che recapita le acque raccolte nella pubblica fognatura, in pozzetti esistenti o camerette di progetto.

Nei tratti i cui deflussi superficiali verranno modificati a seguito della realizzazione della tramvia, si è previsto il rifacimento della caditoia stradale a bocca di lupo e il riallaccio alla rete esistente.

Tale approccio consente di gestire correttamente i deflussi della piattaforma tramviaria e di garantire in termini di smaltimento della sede stradale il ripristino della situazione attuale.

E' inoltre previsto il drenaggio della gola della rotaia ottenuta con apposite asole nella gola della rotaia da effettuarsi al massimo ogni 200 m circa. Per consentire di allontanare l'acqua raccolta dalla gola della rotaia vengono realizzati quattro fori del diametro di 16 mm/cad all'interno della gola che sono messi in comunicazione con la canaletta di drenaggio.

3.4 RUMORE

Al fine di contenere l'impatto acustico relativo all'incremento del traffico veicolare privato e pubblico, si prevede la posa di asfalto fono assorbente lungo le seguenti tratte stradali quale intervento di mitigazione acustica:

- Via Algardi (nel tratto compreso tra la Via Ferrarese e Via Raimondi) per una lunghezza di circa m. 120;
- Via Ferrarese (nel tratto compreso tra la Via Algardi e Via Creti) per una lunghezza di circa m. 120;
- Via Barbieri per una lunghezza di circa m. 900;
- Via Gobetti (nel tratto compreso tra la Via Barbieri e Via Erbosa) per una lunghezza di circa m. 600;
- Via della Beverara (nel tratto compreso tra la Via Gagarin e Via Marco Polo) per una lunghezza di circa m. 1200;
- Via dell'Arcoveggio (nel tratto compreso tra la Via Giardini e Via delle Fonti) per una lunghezza di circa m. 350;
- Via Lipparini (nel tratto compreso tra la Via Stendhal e Via di Corticella) per una lunghezza di circa m. 300;

- Via di Corticella (nel tratto compreso tra la Via delle Fonti e Via dell'Arcoveggio) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Cristoforo Colombo (nel tratto compreso tra l'uscita della tangenziale Lame Nord e Via di Corticella) per una lunghezza di circa m. 2500.

Per le aree nelle quali la variazione positiva acustica si presuppone legata anche al passaggio della tramvia, ossia lungo Via Ferrarese (nel tratto compreso tra la Via Algardi e Via Creti) e Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare), si potranno valutare opportuni accorgimenti quali:

- lubrificazione del sistema rotaia/ruota mediante l'utilizzo di grasso biodegradabile per ridurre lo stridìo;
- utilizzo di sistema di "armamento massivo" con utilizzo di materassino antivibrante da posare sotto la soletta di cemento su cui sono appoggiate le rotaie;
- utilizzo di una gomma per il rivestimento dei binari, efficace anche contro le vibrazioni;
- modifica del profilo delle ruote;
- riduzione della velocità della tramvia.

Infine nei casi in cui gli sforzi effettuati per contenere i livelli sonori non risultino sufficienti, si può ipotizzare il ricorso ad interventi puntuali di mitigazione del rumore, quali ad esempio il raddoppio degli infissi e/o l'installazione di finestre fonoisolanti/silenti, atti a non conseguire la variazione acustica positiva evidenziata.

Inoltre, qualora la Stazione Appaltante decidesse di propendere per l'impiego di vetture ad assi sterzanti, gli effetti riportati nello studio acustico non potranno che migliorare: l'entità di tale miglioramento non potrà essere valutato fino alla effettiva determinazione delle caratteristiche tecniche delle nuove vetture.

3.5 VIBRAZIONI

Il progetto prevede, in funzione della variabilità delle situazioni incontrate lungo il tracciato, l'utilizzo di tipologie di armamento, aventi caratteristiche di isolamento vibrazionale differenziate mediante l'inserimento di materassini elastomerici di spessore adeguato. Di seguito si riporta la sintesi degli interventi previsti, per maggiori dettagli si faccia riferimento agli elaborati progettuali del sottocapitolo "Progetto ferrotramviario".

Sono state definite le relative sezioni dell'armamento, in particolare:

- Sezione tipo L0 "livello 0": la sezione tipo dell'armamento della tranvia definita L0 è composta da una rotaia incamiciata in profili avvolgenti in gomma che determinano un appoggio continuo elastico (definita con termine inglese "ERS/CRS Embedded Rail System / Continuous Rail System"). Si assume che la sezione tipo L0 non abbia uno specifico smorzamento delle vibrazioni malgrado la gomma che riveste le rotaie dia comunque un certo contributo in tal senso;
- Sezione tipo L2 "livello 2": La sezione tipo dell'armamento della tranvia definita L2 è composta da una rotaia incamiciata in profili avvolgenti in gomma che determinano un appoggio continuo elastico (definita con termine inglese "ERS/CRS Embedded Rail System / Continuous Rail System"). A partire dalla sezione tipo L0 corrispondente al livello 0 di smorzamento, semplicemente interponendo materiali resilienti tra la piastra di fondazione ed il getto di bloccaggio, si determinano due sezioni ammortizzate con performance ordinate in base al grado di smorzamento richiesto. Il livello cosiddetto L2 «Livello 2» corrisponde a uno smorzamento medio delle vibrazioni;
- Sezione tipo L3 "livello 3": il "Livello 3" è tipologicamente simile al "Livello 2". La sezione tipo L3 pertanto si distingue rispetto alla L2 per l'inserimento di un materassino elastomerico più efficiente (spessore 40 m) sotto la soletta di calcestruzzo del binario. La sezione tipo "Livello 3" sarà utilizzata in aree in cui è richiesto un alto livello di attenuazione delle vibrazioni. Tale sistema si è rivelato ottimo in quelle sezioni tranviarie

in cui la linea passa in centro storico e/o la distanza tra edifici e binario è molto ridotta (aree sensibili e $d < 7$ m).