Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

DIPARTIMENTO PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

DIREZIONE GENERALE PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE E REGIONALE E LA MOBILITÀ PUBBLICA SOSTENIBILE,

VOTO n. 152/CTP/ MI **ADUNANZA DEL 30.05.2022**

Il Comitato Tecnico Permanente per la Sicurezza dei Sistemi di Trasporto ad Impianti Fissi, istituito con D.M. n° 27 del 30 gennaio 2013, condivide le osservazioni di cui al Paragrafo C.2 della relazione istruttoria dell'Amministrazione prot. RU/3993 del 27.05.2022 relativa al progetto esecutivo dell'intervento "Metrotranvia Milano Parco Nord-Seregno", con le seguenti ulteriori osservazioni:

- i 5 attraversamenti pedonali indicati nell'osservazione II della relazione istruttoria sono da assoggettare a impianto semaforico con priorità per il passaggio del tram;
- il progetto dovrà includere una valutazione del rischio proveniente da attacchi cyber, redatta secondo la norma IEC 62443, che sia collegata agli eventi pericolosi individuati nella relazione di safety evidenziando come il rischio ad essi associato è gestito anche in conseguenza di attacchi cyber secondo la norma CLC/TS 50701;
- il Regolamento di esercizio dovrà prevedere, tra l'altro, quale sia il livello di degrado dell'impianto di segnalamento che possa essere transitoriamente ammesso per proseguire l'esercizio e quali siano le azioni di mitigazione che debbano essere intraprese per compensare il suddetto degrado;
- in relazione alla funzione "riconoscimento lato banchina", considerato quanto riportato nell'Elaborato di progetto n.3102 in relazione al requisito 10.2.10, si chiede di chiarire se in caso di riconoscimento banchina sul lato sinistro venga inibita l'apertura della porta sul lato destro.

IL PRESIDENTE
Dott. Angelo MAUTONE

M_INF.TPL.REGISTRO UFFICIALE.U.0003993.27-05-2022

Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili

DIPARTIMENTO PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE
Direzione Generale per il Trasporto Pubblico Locale e Regionale e la Mobilità Pubblica Sostenibile
- DIV. 5 -

Prot. R.U. **cl. …** **ROMA …**

RELAZIONE

PER IL
COMITATO TECNICO PERMANENTE
PER LA SICUREZZA DEI SISTEMI DI TRASPORTO A IMPIANTI FISSI
(art. 8, c.9 bis Legge 221/12 - D.M. n° 27 del 30/01/2013)

OGGETTO: Città Metropolitana di Milano

Metrotramvia Milano Parco Nord - Seregno
CUP – D21E08000000001

Progetto Esecutivo.
Parere tecnico per nulla osta tecnico per la sicurezza
(art. 3 DPR 753/80)

INDICE DEI CONTENUTI

A – PREMESSE 4
A.1 – ITER PROCEDURALE FINO ALL'AGGIUDICAZIONE DEL CONTRATTO 4
A.2 – ITER PROCEDURALE FINO ALLA CONCLUSIONE DELLA PROGETTAZIONE 5
A.3 – MATERIALE ROTABILE E PRINCIPALI PARAMETRI DI ESERCIZIO 6

B – DESCRIZIONE TECNICA DELL'INTERVENTO 10
B.1 – INQUADRAMENTO GENERALE 10
B.1.1 – La rete tramviaria interurbana di Milano e la Linea Storica Milano-Desio 10
B.1.2 – Principali modifiche tecniche e varianti rispetto al Progetto Definitivo 11
B.1.3 – Caratteristiche Generali dell'Intervento 12
B.2 – TRACCIATO E OPERE CIVILI 18
B.2.1 – Analisi del Tracciato 18
B.2.2 – Sede Stradale e Gestione delle Intersezioni 57
B.2.3 – Sedime Tranviario ed Armamento 61
B.2.4 – Fermate e Capilinea 76
B.2.5 – Sottostazioni Elettriche (Architettura e Layout) 79
B.2.6 – Altri Interventi lungo il Tracciato 83
B.3 – DEPOSITO DI DESIO-SEREGNO 86
B.3.1 – Introduzione 88
B.3.2 – Descrizione di Spazi e Fabbricati 93
B.4 – ALIMENTAZIONE E TRAZIONE ELETTRICA 94
B.4.1 – Introduzione 94
B.4.2 – Sistema HESOP® 97
B.4.3 – Linea Aerea di Contatto 97
B.4.4 – Cavi Alimentatori e Circuito di Ritorno 101
B.4.5 – Messa a Terra e Dispositivi di Sicurezza 101
B.4.6 – Sottostazioni Elettriche (Caratteristiche Elettriche e Impianti) 102
B.4.7 – Illuminazione Pubblica 103

B.5 – SEGNALAMENTO E ALTRI IMPIANTI SPECIALI 104
B.5.1 – Introduzione 104
B.5.2 – Standard di Sicurezza sull'Interlocking e Ulteriori Requisiti di Progetto 105
B.5.3 – Sistema di Segnalamento Interlocking (IXL) 107
B.5.4 – Sistema di Supervisione e Controllo (ATS) 118
B.5.5 – Sistema di Ausilio all'Esercizio (SAE) 118
B.5.6 – Tele di Telecomunicazione (TLC) 119
B.5.7 – Riconoscimento Lato Banchina 120
B.5.8 – Postazioni di Test nel Deposito 121
B.5.9 – Sottosistemi Audio-Video e Telefonia 121
B.5.10 – Sistemi SCADA 122
B.5.11 – Requisiti di Safety 123
B.5.12 – Postazioni Presso Posto Centrale e Deposito 124

C – CONSIDERAZIONI TECNICHE & PRESCRIZIONI 125
C.1 – CHIARIMENTI E INTEGRAZIONI SUCCESSIVE ALL'INVIO DEL PROGETTO 125
C.2 – OSSERVAZIONI E PRESCRIZIONI 132

D – CONCLUSIONI 142

A – PREMESSE

La presente relazione istruttoria ha ad oggetto il Progetto Esecutivo della *"Metrotramvia Milano Parco Nord – Seregno"* (di seguito per brevità "Metrotramvia"), in variante rispetto al Progetto Definitivo del 2008, oggetto del Voto n°395/211 del 26/03/2008 della ex Commissione Interministeriale L. 1042/69, anche a seguito di una complessa fase progettuale.

L'intervento in oggetto, inquadrato quale infrastruttura strategica ai sensi della Legge Obiettivo (e regolato pertanto dagli Artt. 161-194 del D.Lgs 163/2006), risultò beneficiario di finanziamento statale per effetto della Delibera CIPE n°52/2008; per opportuna conoscenza di evidenzia che è in corso una attività istruttoria presso il CIPESS (ex CIPE) ai fini dell'innalzamento della quota di contribuzione statale a copertura dei maggiori costi.

Il parere richiesto a codesto Comitato è finalizzato al rilascio del nulla osta tecnico ai fini della sicurezza sul progetto in argomento; si fa presente, infatti, che a seguito delle disposizioni dell'art.1, comma 15, del D.L. n.32/2019, convertito con modificazioni dalla legge n.120/2020, successivamente modificato dall'art. 52, comma 1, lett. a), n. 8), del D.L. 77/2021 convertito, con modificazioni, dalla legge 108/2021, le varianti ai progetti approvati in sede CIPE sono approvate direttamente dal soggetto attuatore con successiva informativa al CIPESS.

Per quanto concerne l'analisi degli aspetti connessi al programma di esercizio ed il materiale rotabile, la trattazione è limitata a quanto riportato al successivo Paragrafo A.3.

A.1 – ITER PROCEDURALE FINO ALL'AGGIUDICAZIONE DEL CONTRATTO

Il 11/4/2003 veniva sottoscritta l'Intesa Generale Quadro tra Governo e Regione Lombardia, individuando la Metrotramvia tra le opere utili a far fronte allo stato di emergenza infrastrutturale in Lombardia e che implicavano la necessaria assunzione dei relativi impegni finanziari in tempi brevi.

Il 31/7/2007 veniva sottoscritto un Protocollo d'Intesa tra Ministero delle Infrastrutture (oggi Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, di seguito "MIMS"), Regione Lombardia, Provincia di Milano (oggi Città Metropolitana di Milano, di seguito "Città Metropolitana") e Comune di Milano, per la realizzazione della rete metropolitana milanese ed in cui si rilevava che la Metrotranvia risultava funzionale alla prospettiva di sviluppo della rete medesima.

La ex Commissione Interministeriale L.1042/69 (integrata ai sensi dell'art.5 della L.211/92), si esprimeva favorevolmente, in linea tecnico-economica, con Voto n°395/211 del 26/03/2008, sul Progetto Definitivo dell'intervento in argomento

Con Delibere CIPE nn°52 del 27/3/2008 e 67 del 2/4/2008, si procedeva ad approvare il Progetto Definitivo della Metrotramvia, (in subordine alle prescrizioni e raccomandazioni allegate),

prendendo atto del soggetto aggiudicatore (Città Metropolitana) e modalità di affidamento (appalto integrato), e disponendo, nei confronti della Città Metropolitana, un finanziamento statale di 128 milioni di euro, a fronte di un costo totale stimato dell'intervento di 214 milioni di euro.

Con Convenzione stipulata il 27/4/2009 la Città Metropolitana affidava al Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche Lombardia e Liguria (di seguito "Provveditorato"), le funzioni di Stazione Appaltante e di Responsabile Unico del Procedimento.

A Settembre 2012 il Provveditorato individuava come affidatario dell'appalto integrato la C.M.C. – Cooperativa Muratori Cementisti di Ravenna (di seguito "Appaltatore").

L'11/7/2013 veniva sottoscritto il contratto di appalto tra Città Metropolitana e Appaltatore, avente ad oggetto la progettazione esecutiva e la realizzazione della Metrotramvia.

A.2 – ITER PROCEDURALE FINO ALLA CONCLUSIONE DELLA PROGETTAZIONE

Tra il 2014 e il 2016 l'Appaltatore consegnava le prime versioni del Progetto Esecutivo, in relazione alle quali i rapporti di verifica rinvenivano "il permanere di numerose non conformità".

Seguiva nel 2018 una nuova consegna del Progetto Esecutivo, al fine di adeguare la progettazione ad alcune richieste di variante, in relazione alla quale la Città Metropolitana ed il Provveditorato valutarono di comune accordo l'opportunità di svolgere una Conferenza di Servizi inerente i soli aspetti variati rispetto al Progetto Definitivo del 2008.

Il 4/3/2019 veniva indetta una Conferenza di Servizi sul Progetto Esecutivo ("emendato" di alcune criticità residue, concernenti la gestione delle terre di scavo e lo smaltimento delle acque meteoriche, come evidenziato dai rapporti di verifica), in esito alla quale la Città Metropolitana, con Decreto Dirigenziale n°4454 del 20/6/2019, prendeva atto delle espressioni pervenute.

Constatato il perdurare delle difficoltà dell'Appaltatore a concludere la fase di progettazione, la Stazione Appaltante, promossa una serie di incontri promossi al fine di ripristinare il corretto sinallagma contrattuale, stipulava il 5/3/2020 un Atto Integrativo al contratto di appalto principale. L'Atto Integrativo disponeva in relazione alla progettazione una nuova serie di modifiche tecniche (cd. varianti "chiavi in mano" del Deposito e cd. "interoperabilità" della rete tranviaria.).

Il 31/3/2021 l'Appaltatore consegnava l'ultima versione del Progetto Esecutivo, in relazione alla quale il 20/7/2021 veniva emesso il Rapporto di Verifica finale da parte della Società di verifica MM S.p.A. (Unità Tecnica Validazione Progetti) di giudizio "conforme" rimandando alcune osservazioni al RUP, comunque non determinanti ai fini dell'approvabilità.

La Città Metropolitana, con note prott. 118463 del 29/7/2021 e prot. 118966 del 30/7/2021 ha richiesto, l'espressione di codesto Comitato Tecnico ai fini del rilascio del Nulla Osta Tecnico per la sicurezza (art. 3, DPR 753/80), trasmettendo a tal fine: Progetto Esecutivo (rev. 2021), Rapporto

di Verifica finale, relazione tecnico-economica del RUP (anche finalizzata alla distinta istruttoria presso il CIPESS per l'innalzamento della quota di contribuzione statale).

Con nota prot. 217368 del 7/10/2021, l'USTIF di Milano si è espresso favorevolmente ai fini Nulla Osta Tecnico per la sicurezza (art. 3, DPR 753/80), anche in considerazione del recepimento nel progetto, in esito alla Conferenza di Servizi del 2019, delle osservazioni della stessa USTIF.

La Direzione Generale, con nota prot.3114 del 22/4/2022, ha richiesto alcuni chiarimenti e osservazioni; la Città Metropolitana ha fornito riscontro con nota prot. 75622 del 6/5/2022 ad una parte degli stessi, come meglio illustrato al Cap. C (Considerazioni Tecniche e Prescrizioni).

A.3 – MATERIALE ROTABILE E PRINCIPALI PARAMETRI DI ESERCIZIO

Il contratto d'appalto stipulato nel 2013 con C.M.C. non include la fornitura di materiale rotabile; il Quadro Economico della Metrotramvia, secondo quanto rilevato nella relazione del RUP prevede (Parte C) una voce "materiale rotabile" per un importo di 39 milioni di euro (IVA inclusa) che risulta inquadrata contrattualmente in altra procedura di appalto in capo al Comune di Milano.

Ciò premesso, in questo Paragrafo verranno illustrate, esaurendo con ciò la trattazione su tali aspetti, le previsioni inerenti il programma di esercizio della Metrotramvia ed il materiale rotabile. Non è scopo della presente istruttoria offrire valutazioni di merito sul programma di esercizio previsto, in comparazione rispetto a quanto ipotizzato con le Delibere CIPE. Nel prosieguo della trattazione, pertanto, verranno rappresentate le ipotesi di esercizio comunicate con nota prot. 28429 del 18/2/2022, che allega una relazione dall'Agenzia per il Trasporto Pubblico Locale del Bacino della Città Metropolitana di Milano, Monza-Brianza, Lodi e Pavia (di seguito "Agenzia TPL").

Lungo il futuro tracciato della Metrotramvia, secondo quanto comunicato dall'Agenzia TPL, l'attuale offerta trasportistica, a carico di linee su gomma, risulta essere (ora di punta feriale):

- Linea bus 83 (tra Milano e Bresso) – intertempo 10';
- Linea bus 166 (tra Milano e Desio) – intertempo 12';
- Linea bus Z232 (tra Desio e Seregno) – intertempo 15.

All'attivazione funzionale della Metrotramvia, l'Agenzia TPL prevede il seguente programma di esercizio, a carico delle seguenti linee tranviarie (ora di punta feriale, ipotesi "rafforzata"):

- Linea tramviaria "urbana primaria plus" 4 (tra Milano e Paderno D.) – intertempo 8;
- Linea tramviaria "extraurbana primaria" 32 (tra Milano e Seregno) – intertempo 10';

(N.B.: è prevista una la Linea 4/ limitata, che non incide sul tracciato della Metrotramvia)

Le suddette nuove linee saranno esercite da rotabili tranviari di due tipologie:

- n.25 tram monodirezionali da 35m (già in esercizio sulla rete urbana di Milano), da attrezzare per l'esercizio lungo la Linea 4;
- n.18 tram bidirezionali da 25m (di nuova acquisizione), lungo la Linea 32.

Al riguardo il Comune di Milano, in ultimo con nota prot. 0093715 del 16/2/2022, ha chiarito che, stanti gli accordi vigenti con Regione ed altri Enti Locali cofinanziatori:

- per quanto concerne i nuovi tram bidirezionali da 25m, il Comune di Milano contribuirà con la messa a disposizione di n.8 rotabili (corrispondenti a un importo di circa 16 milioni di euro sulla Parte C del Quadro Economico). Tale fornitura è inquadrata nell'ambito di una più ampia commessa (per un totale di n.80 rotabili), già contrattualizzata con Stadler Valencia SAU e che prevede l'implementazione (per tutti i n.18 tram in esercizio sulla Linea 32), dei seguenti sistemi tecnologici: train-stop, riconoscimento banchina, SAE di bordo.
- per quanto concerne i tram monodirezionali da 35m, il Comune di Milano metterà a disposizione n.25 tram Sirio (serie 7100) già in esercizio sulla rete urbana, al fine di renderli compatibili con l'esercizio lungo la Linea 4,, prevedendo l'implementazione dei seguenti sistemi tecnologici: train-stop, SAE di bordo.

Gli scenari di esercizio (attuale con linee bus, e proposto in esito all'attivazione funzionale della Metrotramvia), sono atti a produrre l'offerta trasportistica di cui al seguente specchietto (che opera un confronto con le ipotesi del Progetto Definitivo), sviluppato d'Ufficio prendendo come input i dati di frequenza e posti/vettura tratti dalla richiamata nota dell'Agenzia TPL.

Tab. 1 – *Confronto tra le capacità offerte nel Progetto Definitivo e nel Progetto Esecutivo.*

	Servizi previsti	**Tram disponibili**			**Frequenze (intertempi)**	**Capacità offerta**
		(num.)	***(tipo)***	***posti***	***(passaggi/ora)***	***(posti/ora)***
Scenario CIPE - PD						
1° tratta (Milano-Paderno D.)	Linea 4	12	urb., monod.	285	15 (intertempo combinato 4')	**4.275**
	Linea 32	18	extraurb., bidir.	285		
2° tratta (Paderno D.-Seregno)	Linea 32	18	extraurb., bidir.	285	7,5 (intert. 8')	**2.137**
Scenario proposto - PE						
1° tratta (Milano-Paderno D.)	Linea 4	25	urb., monod.	285	7,5 (intert. 8')	**3.277**
	Linea 32	18	extraurb., bidir.	190	6 (intert. 10')	
2° tratta (Paderno D.-Seregno)	Linea 32	18	extraurb., bidir.	190	6 (intert. 10')	**1.140**

Si chiarisce che le osservazioni e prescrizioni di cui al Cap.C correlate ad aspetti di esercizio si rifanno ai dati forniti dalla richiamata nota del 18/2/2022 dall'Agenzia TPL, che prevalgono sui dati riportati nel Progetto Esecutivo. In particolare, gli elaborati di progetto risultano non aggiornati quanto ad intertempi previsti, in quanto richiamano intertempi di 4' e 8' (sulla 1° e la 2° tratta della Metrotramvia, rispettivamente), dato risalente alle previsioni del Progetto Definitivo.

I contenuti del Progetto Esecutivo risultano invece coerenti quanto alle vetture da esercire (a seguito della CdS 2019, quantificate in n.18 bidirezionali da 25m e n.25 tram monodirezionali da 35m,). Tali numeri appaiono coerenti con le recenti stime di cui alla nota dall'Agenzia TPL, che cita 14 vetture oltre scorte per la Linea 32, e 16(+6) vetture oltre scorte per la Linea 4 (potenziata).

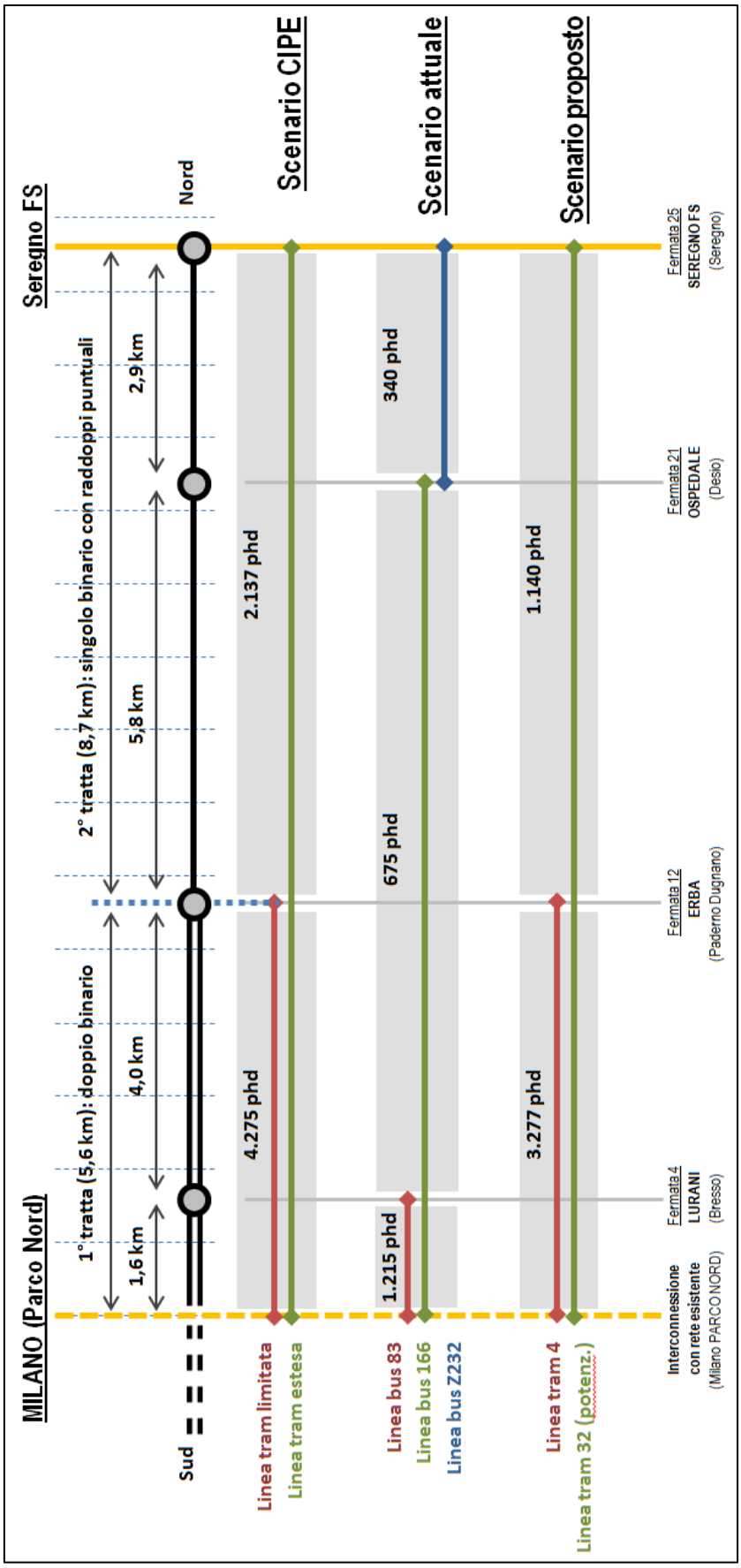


Fig. 1 – *Confronto tra offerte trasportistiche nello scenario attuale e proposto.*

In relazione ai parametri d'esercizio, l'intervento produrrà un miglioramento delle prestazioni (rispetto all'infrastruttura tramviaria da dismettere) sotto il duplice profilo di velocità commerciale e sicurezza di circolazione. In particolare, il Progettista cita, tra i principali obiettivi:

- implementazione di un **sistema di segnalamento di tipo ferroviario** avente lo scopo di proteggere la marcia del tram nelle tratte a binario unico;
- adozione di **moderne tecnologie di regolazione del traffico** con asservimento semaforico delle intersezioni stradali e sistemi di preferenziamento del passaggio del tram.
- una rete di comunicazione moderna e veloce.

La ex Provincia di Milano, con nota prot. 227110 del 17/9/2013, ha attribuito al sistema la definizione di "tramvia urbana veloce"; tale definizione assume mero rilievo amministrativo.

Il Progettista rappresenta che gli standard di progettazione adottati nel Progetto Esecutivo, ai sensi della norma UNI 8379:2000 (parte "termini e definizioni"), collocano l'intervento in oggetto nella classe "tramvia".

In considerazione dei parametri caratteristici del servizio, riportati nel Progetto, in riferimento alla medesima UNI 8379:2000 (Appendice B), il sistema potrebbe essere qualificato nella sotto-classe "tramvie veloci", almeno in riferimento ad alcune sub-tratte. Il sistema in oggetto presenta:

- **capacità dei convogli** – tra i 285 e 190 posti/vettura (rispettivamente vetture da 35m e 25m, dati assunti Agenzia TPL);
- **portata potenziale** – 3.277 posti/ora sulla 1° tratta, 1.140 posti/ora sulla 2° tratta (da Tab.1);
- **distanza media fra le stazioni** – 560m (dato di progetto);
- **velocità commerciale** – 22 km/h (dato dichiarato nell'Elaborato "Diagrammi di Velocità").

APPENDICE B (informativa) ULTERIORI PARAMETRI CARATTERISTICI PER METROPOLITANA, METROPOLITANA LEGGERA, TRANVIA E TRANVIA VELOCE

prospetto B.I **Valori di riferimento**

	Portata potenziale minima per senso di marcia[1] (posti/h)	Distanziamento[1] (min)	Capacità convoglio[1] (passeggeri)[2]	Distanza media fra le stazioni (m)	Incarrozzamento a livello	Velocità commerciale[1] (km/h)	Lunghezza max. convoglio[3] (m)
Metropolitana	24 000	3	1 200	600 - 1 000	SI	25	150
Metropolitana leggera	8 000	3	400 oppure 200[4]	500 - 800	SI	25	80
Tranvia veloce[5]	2 700	4	180	350 - 500	Eventuale	15	60
Tranvia	1 000	10	180	200 - 350	Eventuale	10	30

Fig. 2 – *Stralcio di tabella con indicazione parametri caratteristici per la classificazione di sistemi di trasporto su ferro (tratta dalla norma UNI 8379:2000, Appendice B).*

Si rileva sul punto come la velocità commerciale dichiarata da Progetto sia da ricalcolare sulla base delle considerazioni meglio rappresentate nella **Richiesta III** di cui al Cap.C.2.

B – DESCRIZIONE TECNICA DELL'INTERVENTO

B.1 – INQUADRAMENTO GENERALE

B.1.1 – La Rete Tramviaria Interurbana di Milano e la Linea storica Milano-Desio

Storicamente, l'area dell'hinterland milanese è stata servita da una serie di linee tranviarie che collegavano Milano con centri urbani e produttivi posti esternamente ai confini comunali.

Nei primi decenni (a cavallo tra Ottocento e Novecento), lo sviluppo di tale rete interurbana non seguì una programmazione ordinata, ma fu frutto dell'iniziativa privata tramite concessioni ottenute di volta in volta dagli Enti Locali di riferimento. A partire dagli anni '30 del Novecento, le linee iniziarono ad essere esercite, salvo alcune eccezioni, dall'attuale ATM di Milano.

Tra le linee storiche ora dismesse si citano, a titolo di esempio: Milano-Monza, Milano-Saronno, Milano-Corsico, Milano-Abbiategrasso, Milano-Vaprio, Milano-Lodi, Milano-Legnano.

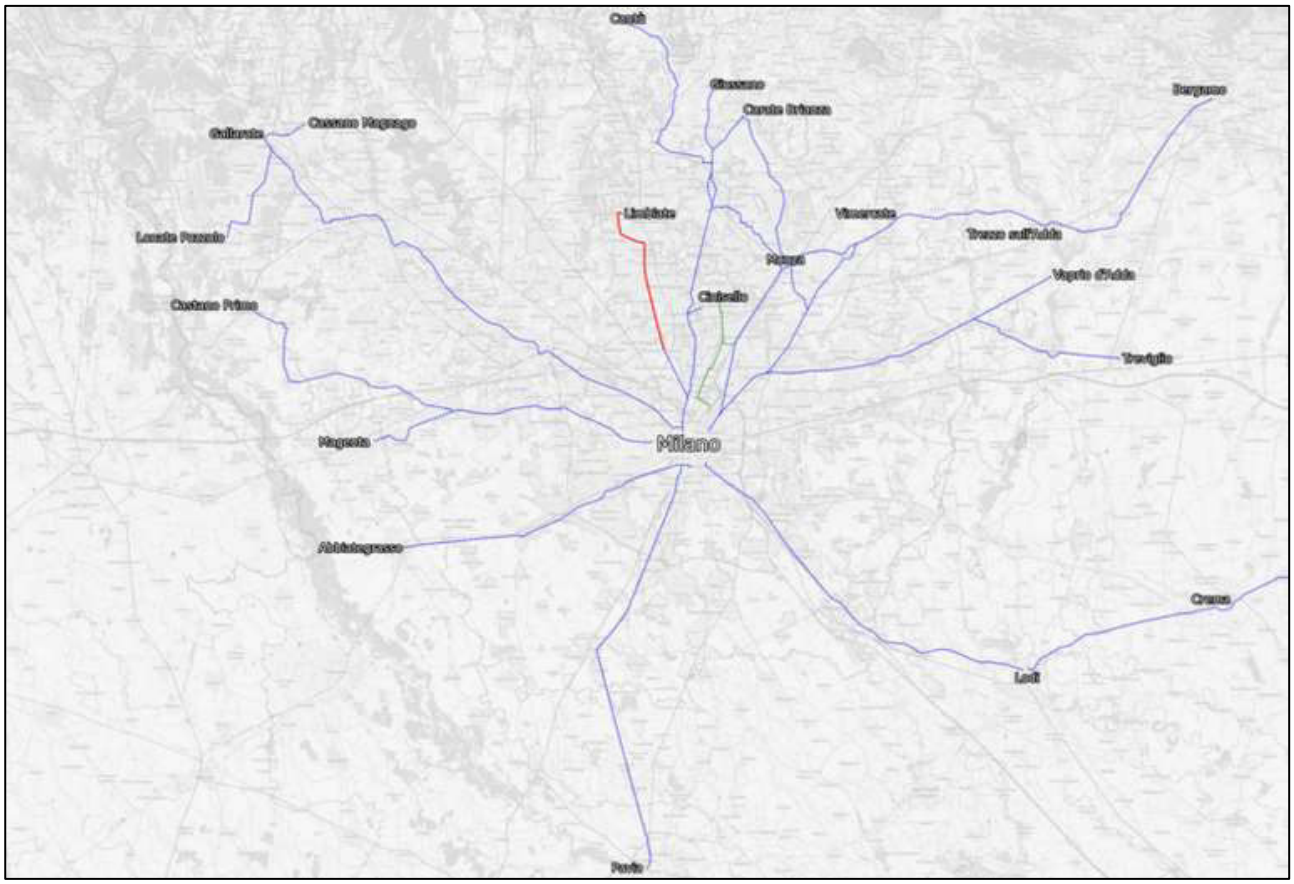


Fig. 3 – *Rete interurbana storica di Milano (approx.1931), con evidenziazione delle tramvie ancora in esercizio (rossa: Milano-Limbiate, verde: Milano Cinisello)*

Dopo una serie di dismissioni avvenute fra gli anni '60 e '80 e la sospensione del servizio sulla Milano-Desio attuata nel settembre 2011, dell'antica rete sopravvive solo la Milano-Limbiate, mentre la Milano-Cinisello (dismessa nel 1956) è stata in parte riattivata nel 2008.

Nel 1999, in esito al prolungamento della Linea Metropolitana M3, le linee Milano-Desio e Milano-Limbiate videro l'eliminazione dei tratti urbani, ivi incluso il comune capolinea di Via Valtellina. A seguito di ciò, i capolinea furono attestati più a Nord, rispettivamente ad Affori per la Milano-Limbiate (lungo Via Vincenzo da Seregno) e a Niguarda per la Milano-Desio. Nel 2011 ambedue le linee, a causa di scarsa manutenzione, furono sospese; la sola Milano-Limbiate fu riattivata nel 2012.

Allo stato attuale, per la linea Milano Limbiate è previsto un progetto di ammodernamento finanziato con fondi statali, mentre la linea Milano-Desio verrà completamente ammodernata (con una modifica di tracciato nella parte settentrionale, da cui il cambio di denominazione in Milano-Desio-Seregno, o per brevità Milano-Seregno) con il progetto oggetto della presente istruttoria.

Il nuovo tracciato della Metrotranvia Milano-Seregno attraversa in totale 8 comuni (Milano, Bresso, Cormano, Cusano Milanino, Paderno Dugnano, Nova Milanese, Desio, Seregno), servendo la direttrice storica "Valassina" sviluppandosi prevalentemente sulla ex SP9, e si pone a "naturale prosecuzione" della rete tramviaria urbana di Milano, con la quale si connette presso "Parco Nord".

Fig. 4 – *Comuni attraversati dal tracciato della (nuova) tramvia Milano-Seregno.*

B.1.2 – Principali Modifiche Tecniche e Varianti rispetto al Progetto Definitivo

L'intervento in oggetto si configura come trasformazione dell'impianto tranviario della ex linea Milano-Desio (il cui servizio è sospeso dal 2011) in tranvia veloce (definizione UNI 8379) fino ad attestarsi a Nord nei pressi della Stazione ferroviaria di Seregno. In sintesi, l'intervento consisterà nel rifacimento totale della attuale via di corsa (armamento, linea aerea, cavidotti) e degli impianti di terra, oltre che la infrastrutturazione ex novo di una tratta tra Desio e Seregno.

Come anticipato al Cap.A.3, tracciato presenta uno sviluppo complessivo di circa 14,3 km ed è suddivisibile in due tratte funzionalmente distinte, seppur contigue:

- **1° tratta (lunghezza 5,6 km)** tra Milano e Paderno Dugnano – a doppio binario;
- **2° tratta (lunghezza 8,7 km)** tra Paderno Dugnano e Seregno FS – a singolo binario con n.10 raddoppi (normalmente localizzati in corrispondenza delle fermate).

Rispetto al Progetto Definitivo del 2008, il Progetto Esecutivo oggetto d'istruttoria presenta una rilevante quantità di differenze, anche sostanziali, che si seguito si sintetizzano, inquadrate come di seguito:

- modifiche riconducibili all'ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE n°52/2008:
  - approfondimenti inerenti l'impatto dei cantieri su traffico e sosta;
  - smantellamento e riqualificazione della sede tranviaria esistente a Cusano M. e Desio;
  - nuove soluzioni progettuali per il parcheggio di interscambio di Paderno D.;
  - previsione di ripiantumazioni arboree doppie rispetto agli abbattimenti;
  - accoglimento di richieste degli Enti Locali per aspetti connessi alla viabilità locale;
  - segnalamento di tipo ferroviario con standard di sicurezza SIL4 (essenzialmente costituito di un Interlocking centralizzato e un sistema Train-Stop);
  - "diversa ottemperanza" di Prescrizioni connesse ai reticoli idraulici, in esito ad accordo con il Consorzio Est Ticino Villoresi.
- migliorie tecniche proposte dall'Appaltatore in sede di offerta di gara:
  - incremento tratte di armamento a platea prefabbricata e flottante;
  - sistema meccanizzato di posa dell'armamento "AppiTrack";
  - rivisitazione architettonica del Deposito;
  - sottostazioni elettriche con gruppi di conversione "reversibili", che consente il recupero dell'energia frenata, con riduzione di numero da 10 a 8;
  - aggiunta di 2 comunicazioni semplici nella tratta a doppio binario;
  - modifica geometria cigli con installazione di profili tipo "SicurBike";
- modifiche/adeguamenti richiesti dalla Stazione Appaltante prima della CdS del 2019:
  - reinserimento del cavidotto tranviario tra le opere dell'appalto;
  - modifica del posizionamento dei pali di trazione elettrica;
  - smaltimento delle acque di piattaforma mediante una rete di drenaggio dedicata;
  - ulteriori richieste degli Enti Locali per aspetti connessi alla viabilità locale;
- varianti richieste dalla Stazione Appaltante confluite nell'Atto Integrativo del 2020;
  - variante cd. "interoperabilità" con la rete tramviaria esistente (previsione di elementi tecnici atti a garantire integrazione tra la Metrotramvia e la rete tramviaria di Milano);
  - variante cd. "chiavi in mano" del Deposito (previsione di ulteriori forniture e impianti non inclusi nel Progetto Definitivo, con modifiche al layout e alle attività previste).

B.1.3 – CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

L'intervento prevede, in sintesi, la trasformazione dell'obsoleto impianto tranviario esistente, con ammodernamento e rifacimento radicale degli impianti attuali, sia per quanto attiene le vie di corsa e la tecnologia impiantistica, sia per quanto riguarda il tipo di rotabili e i criteri di esercizio.

Da quanto sopra consegue che, nella 2° tratta del tracciato, prevalentemente a singolo binario (tra Paderno Dugnano e Seregno), il nuovo sistema sia gestito da sistemi interlocking e train-stop atti a garantire l'esercizio in sicurezza, pur conservando la marcia a vista di tipo tramviario.

Il tracciato della Metrotramvia attraversa aree densamente popolate soprattutto nella 1° tratta, affiancate soprattutto a Ovest da insediamenti produttivi di rilievo, e si sviluppa prevalentemente in sede centrale a due carreggiate stradali. La prima parte del tracciato si può giovare di dismissione e parziale tombinatura del Canale Derivatore di Nova (cfr. Cap B.2.6), e presenta una configurazione prevalentemente in sede propria, centrale alle carreggiate stradali. Il sottopasso dell'A4 prevede un breve tratto a binario unico. Presso Paderno Dugnano è presente un'ampia area a verde adibita a capolinea intermedio (per i tram monodirezionali); il tracciato prosegue da qui prevalentemente a binario unico per tutta la 2° tratta. Nell'ultimo tratto a Nord, il tracciato abbandona il percorso della tramvia esistente per servire l'ospedale di Desio, per poi attestarsi presso la Stazione FS di Seregno.

Di seguito le caratteristiche principali dell'infrastruttura di linea:

- LUNGHEZZA TRACCIATO: **ca 14,4 km** *(N.B.: le pk dell'armamento, da Sud a Nord, non partono da 0.000, per particolare convenzione risalente al Capitolato di Gara)*
- SVILUPPO IN SEDE PROPRIA PROTETTA: **80% circa**
- SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE: **n.8** (n.7 lungo linea, m.1 a servizio Deposito)
- SCAMBI LUNGO LA LINEA: **n.2** (comunicazioni semplici)
- IMPIANTI DI FERMATA: **n.25** (inclusi capilinea, di ci n.16 laterali, e n.9 centrali)

Oltre all'infrastruttura di linea costituente la Metrotramvia (sinteticamente riconducibile a opere viarie, ferrotramviarie, di alimentazione e trazione elettrica, impianti di fermata e di piazzale), l'intervento prevede:

- realizzazione di un nuovo **Deposito-Officina** presso Desio-Seregno (cfr. Cap. B.3);
- realizzazione di un **parcheggio di interscambio** presso Paderno Dugnano (cfr. Cap. B.2.6);
- **dismissione di tratte di tramvia esistenti** con relativa riqualificazione della sede (n.3 tratte presso Via della Cooperazione, Comune di Cusano M., Comune di Desio) (cfr. Cap. B.2.6);
- **idraulica**: estensione tombinatura Canale Villoresi, parziale dismissione Derivatore di Nova;
- realizzazione di un **sottopasso pedonale della A4**.

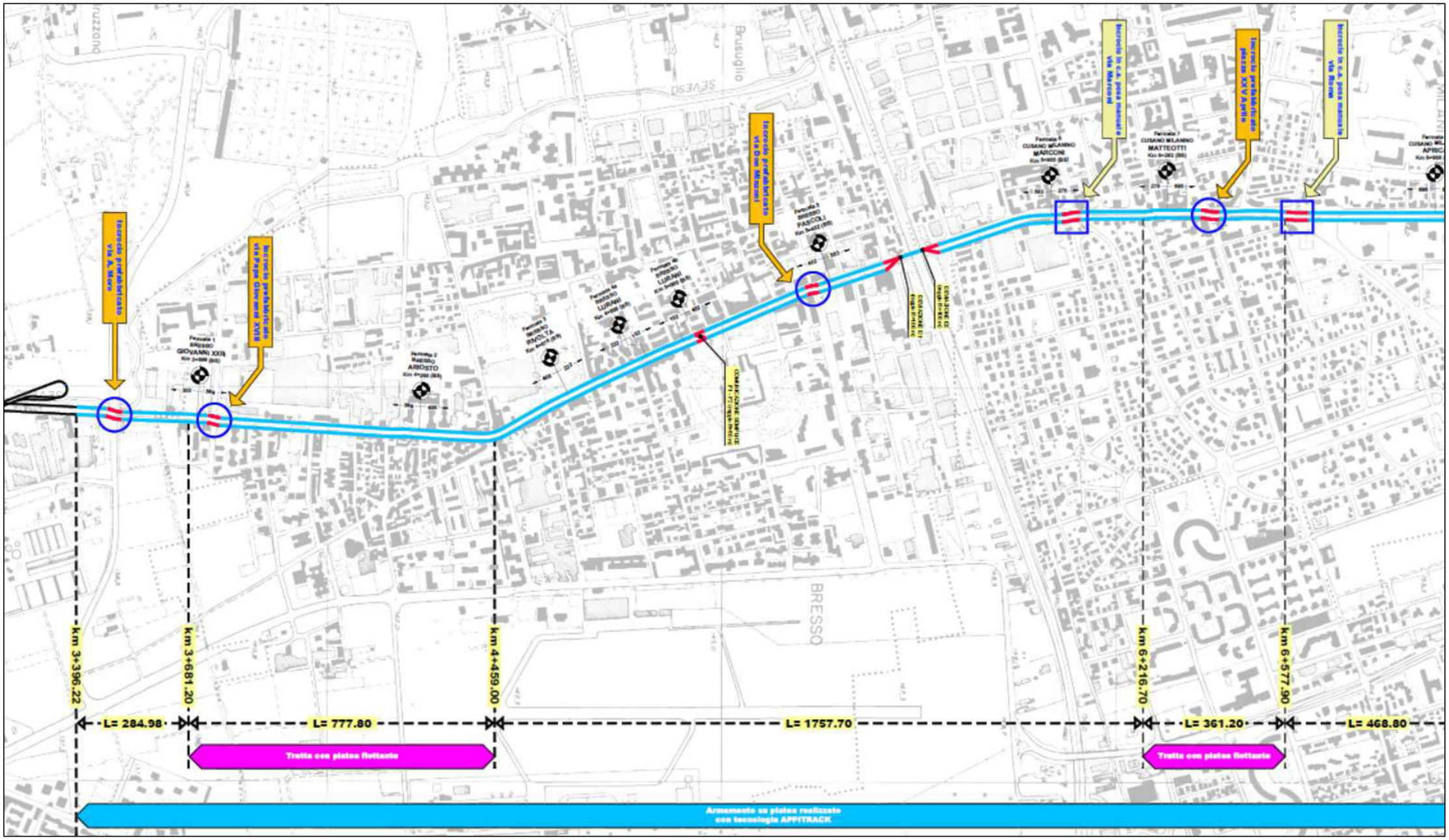


Fig.5.1 – *Corografia del tracciato della Metrotramvia, con evidenza di fermate e tipologia di sovrastruttura.*

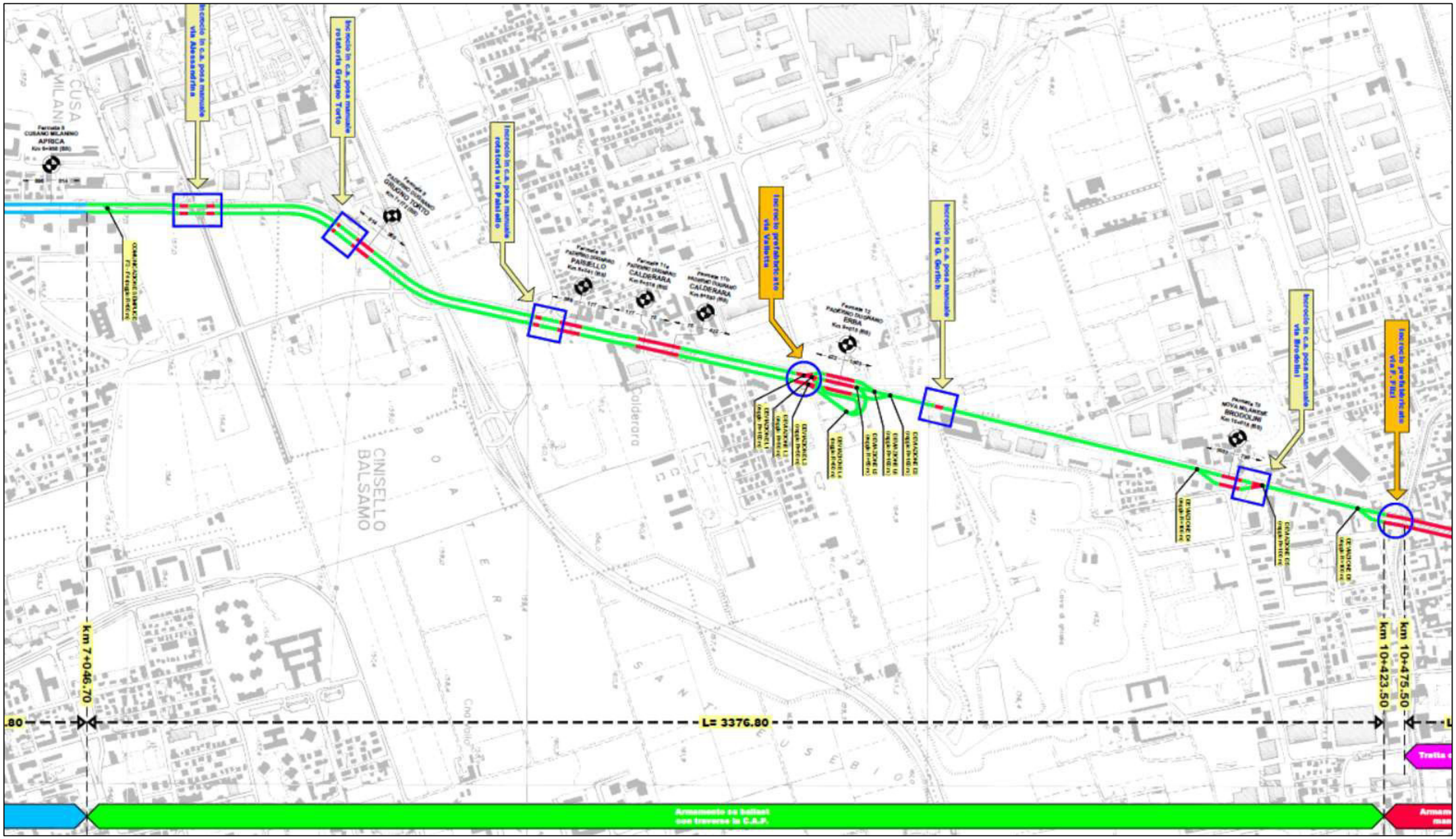


Fig.5.2 – *Corografia del tracciato della Metrotramvia, con evidenza di fermate e tipologia di sovrastruttura.*

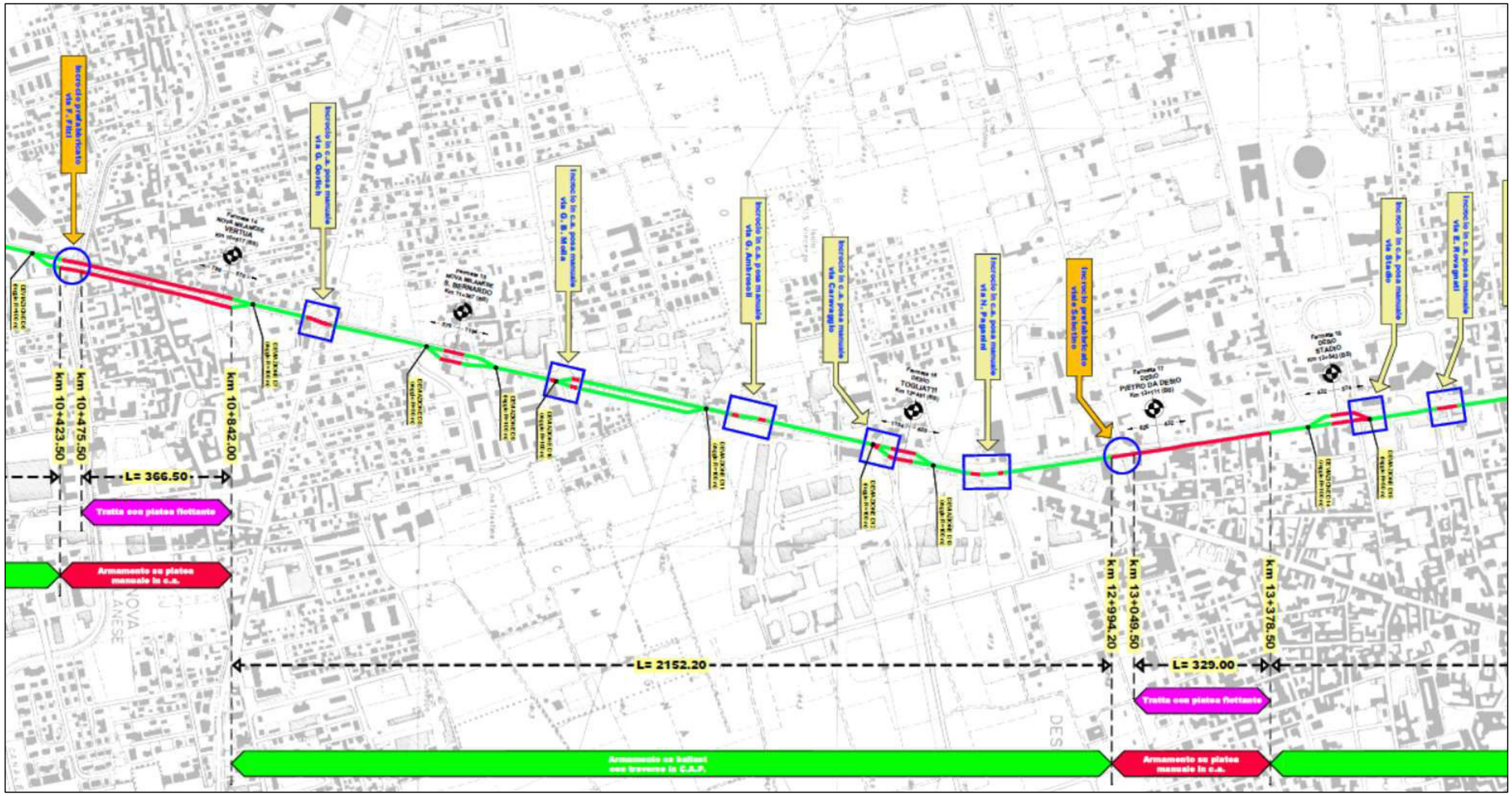


Fig.5.3 – *Corografia del tracciato della Metrotramvia, con evidenza di fermate e tipologia di sovrastruttura.*

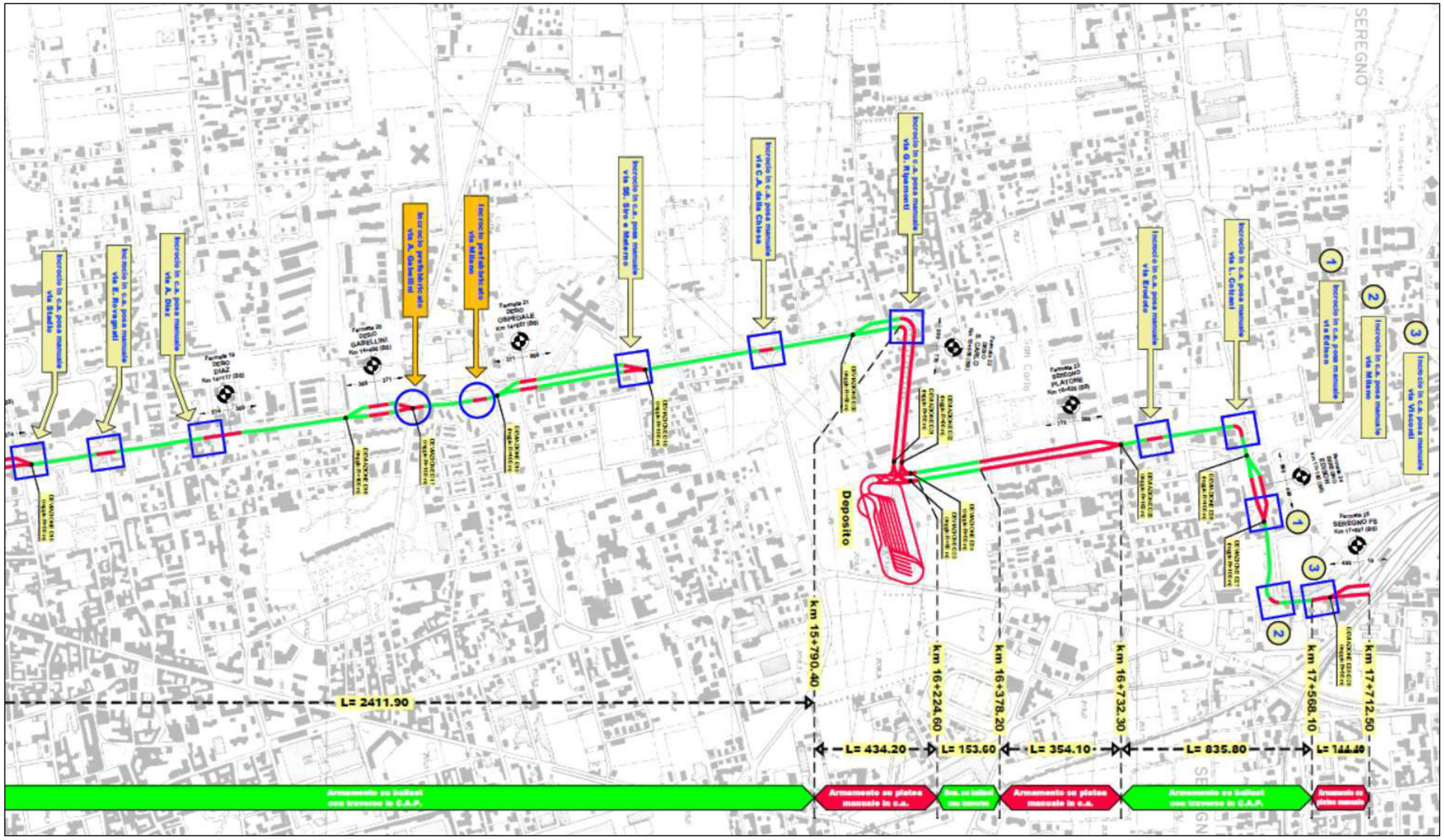


Fig.5.4 – *Corografia del tracciato della Metrotramvia, con evidenza di fermate e tipologia di sovrastruttura.*

B.2 – TRACCIATO E OPERE CIVILI

B.2.1 – DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Segue una analisi del tracciato della Metrotramvia, che riporta stralci di planimetrie e sezioni più rilevanti ai fini della comprensione dell'inserimento del sistema nel contesto urbano.

Il tracciato è percorso da Sud (confine settentrionale del Comune di Milano) a Nord (fino al capolinea provvisorio di Seregno). Negli stralci di planimetria che seguono, il Nord è posto a destra delle figure; nelle sezioni tipologiche, il Nord esce dal foglio.

Comune di Milano

Via Ornato e Via Vittorio Veneto (progr. 3,4-3,6 km)

In questa tratta la tramvia è posta a **centro strada**, mantenendo carreggiate esterne di almeno 5,50m per lato. Su Via Ornato il sedime tranviario è protetto da spartitraffico a verde, su Via Vittorio Veneto da **"doppio cordolo"**. Su Via Vittorio Veneto la strada è affiancata a Est dalla ricostituzione di una pista ciclopedonale esistente. Presso l'intersezione semaforizzata con Via Aldo Moro (5 fasi) è realizzata la **SSE n°1**.

Sul lato Ovest di Via Vittorio Veneto è presente il nuovo **Centro Commerciale "Il Gigante"** (con una passerella pedonale a servizio di via Via Ornato, estranea al progetto), che costituisce un importante polo di attrazione.

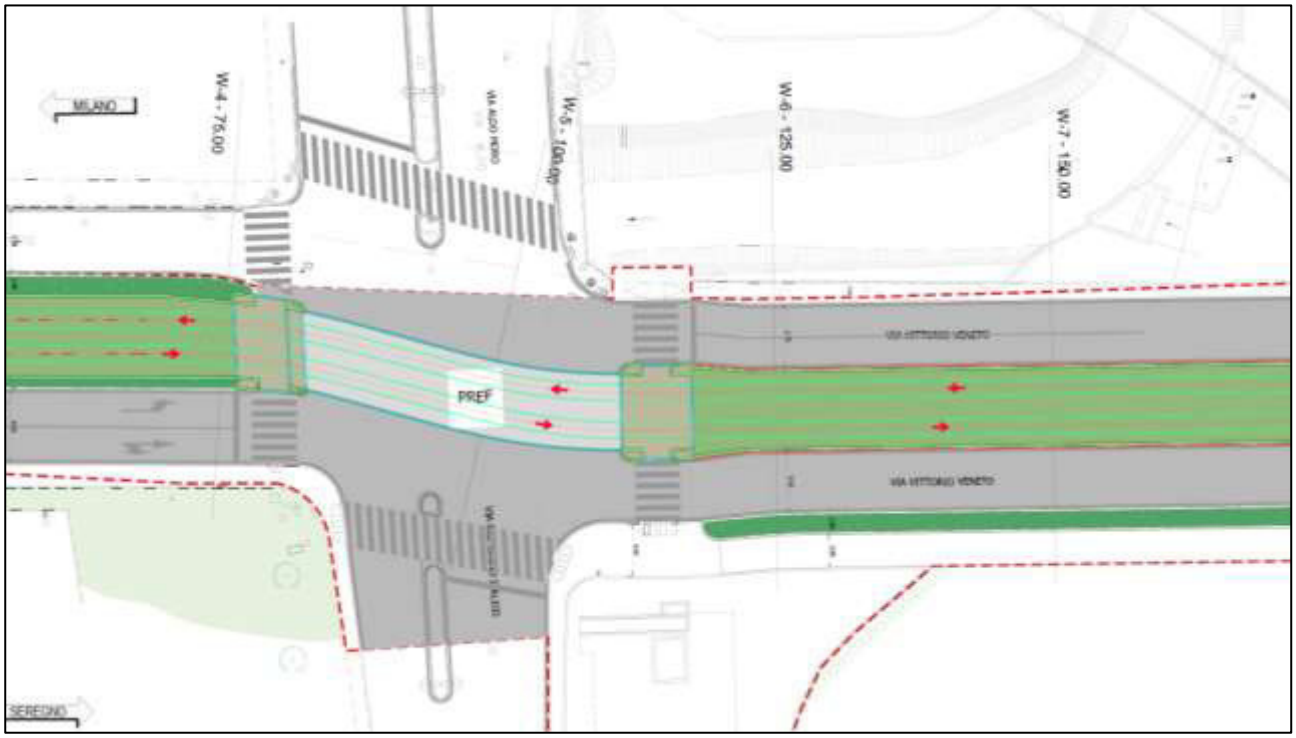


Fig.6 – *Via Ornato e Via Vittorio Veneto.*

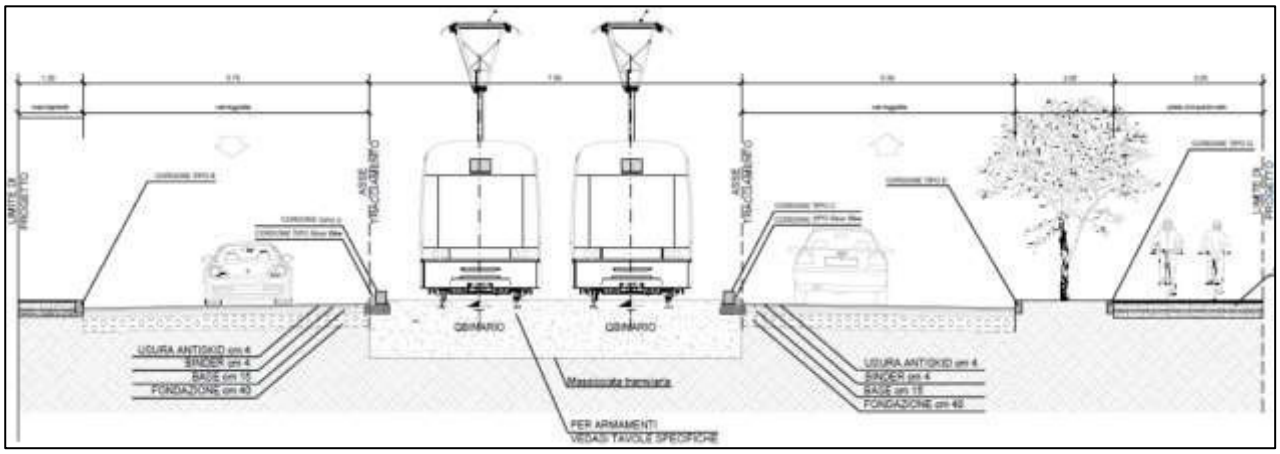


Fig. 7 – *Via Vittorio Veneto, tratta nei pressi di Milano.*

Comune di Bresso

<u>Via Vittorio Veneto fino al Santuario della Madonna del Pilastrello (progr. 3,6-4,4 km)</u>

La tramvia entra nel Comune di Bresso proseguendo su Via Vittorio Veneto.

La collocazione della **fermata n°1 Bresso-Giovanni XXIII** (a banchine laterali) è tale da consentire un leggero flesso nel tracciato in corrispondenza all'intersezione **semaforizzata** con Via Giovanni XXIII (4 fasi), che consentire di individuare 2 corsie di attestamento per carreggiata, oltre che essere coerente con il nuovo insediamento ex-Villa.

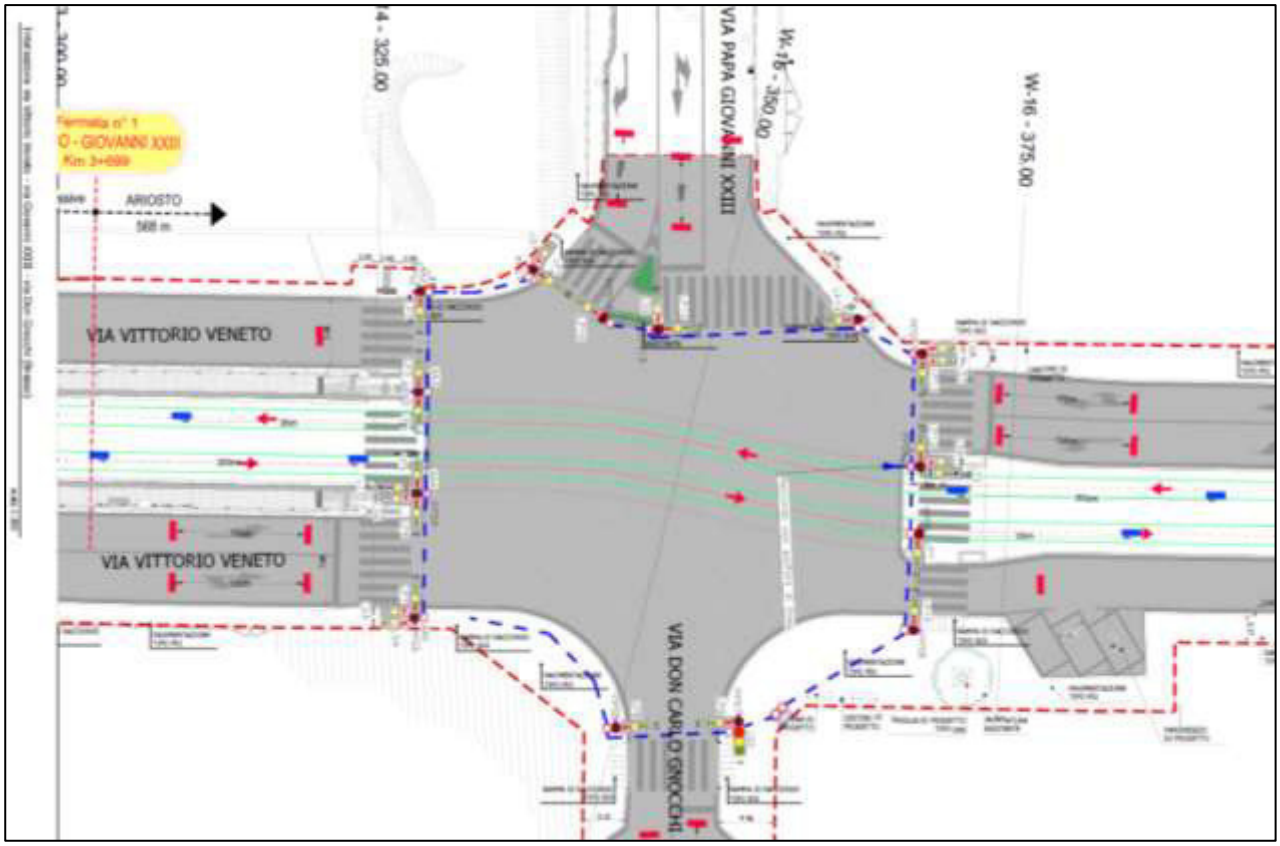


Fig. 7 – *Fermata e intersezione Giovanni XXIII.*

Il successivo tratto di Via Vittorio Veneto (circa 500m) presenta ancora la tramvia a centro strada, ma con **carreggiata Ovest di sezione maggiore**, per facilitare le manovre ai mezzi pesanti a servizio degli insediamenti industriali presenti. Il sedime tranviario è protetto inizialmente da cordolo alto 8cm, che consente la "carrabilità della sede tranviaria in condizioni di emergenza", ed in seguito (nelle zone in adiacenza agli insediamenti industriali) diviene a raso.

In questa tratta sono presenti 4 intersezioni "a T" sul lato Est (in ordine con Via Don Vercesi, Via Leonardo da Vinci, Via Dante Alighieri, Via Ambrogio Strada), le cui prime 2 verranno riqualificate con spazi pedonali arredati. L'intersezione con Via Don Vercesi interessa la tramvia limitatamente a un **attraversamento pedonale "a baionetta"** senza semaforo. In corrispondenza a Via Leonardo da Vinci, si è valutato (ancora in relazione all'effettuazione di manovre da parte di mezzi pesanti) di predisporre una intersezione **semaforizzata** (3 fasi), a raso in asfalto. Segue una pavimentazione tramviaria ancora a raso ma in masselli di granito, che si conclude presso una intersezione "a T" sul lato Ovest con Via Ludovico Ariosto, anch'essa **semaforizzata** (3 fasi).

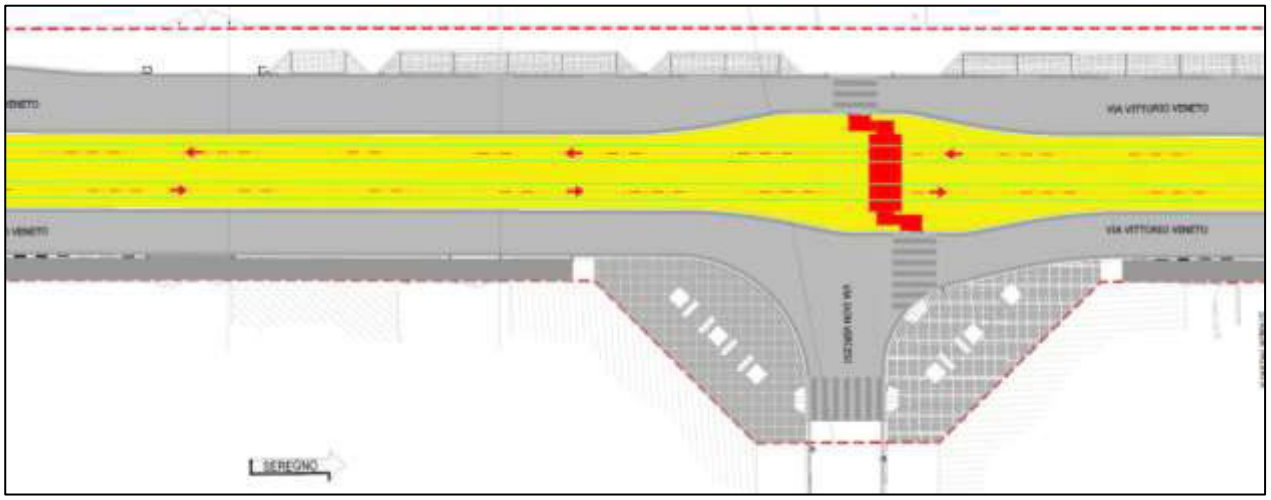


Fig. 8 – *Via Vittorio Veneto, intersezione con Via Don Vercesi (attraversamento "a baionetta").*

Fig. 9 – *Via Vittorio Veneto, intersezione con Via Leonardo Da Vinci (semaforizzata).*

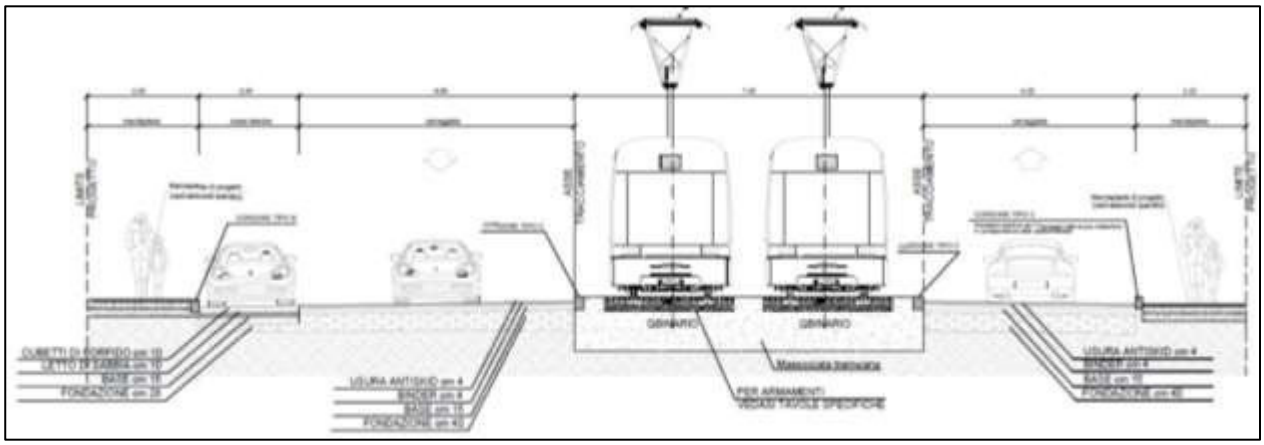


Fig. 10 – *Via Vittorio Veneto, presso Bresso*.

A seguire è posta la **fermata n°2 Bresso-Ariosto** (a banchine laterali), cui segue un breve tratto con carreggiate stradali laterali a singola corsia di larghezza 3,50m, in corrispondenza al quale la sede tranviaria è protetta da cordolo di 8cm che consente sormontabilità "in casi eccezionali". La natura di tale "sormontabilità eccezionale" è approfondita nella **Richiesta I** di cui al Cap.C.2.

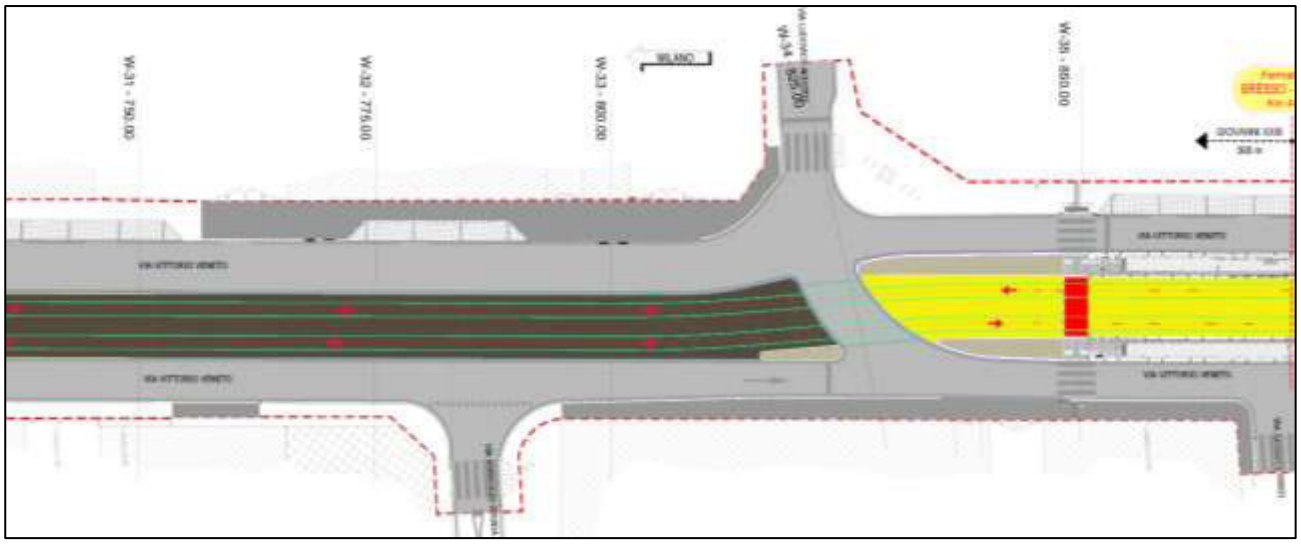


Fig. 11 – *Ultimo tratto di sede tramviaria a raso, prima della fermata Ariosto.*

Via Vittorio Veneto fino a Lurani (progr. 4,4-5,0 km)

L'area presso il **Santuario della Madonna del Pilastrello** è critica sia per la valenza storico-architettonica, sia per i cospicui flussi veicolari. La necessità di mantenere carreggiate stradali ai due lati del santuario, complica la gestione delle intersezioni stradali che incidono sull'area.

Si è valutato si sottoporre l'intersezione **a semaforizzazione** (4 fasi), e di disciplinare i flussi di traffico con una piccola rotatoria subito a Est del Santuario, senza necessità di ulteriori impianti. L'area intorno al Santuario sarà valorizzata con pavimentazioni lapidee, con sede stradale rialzata.

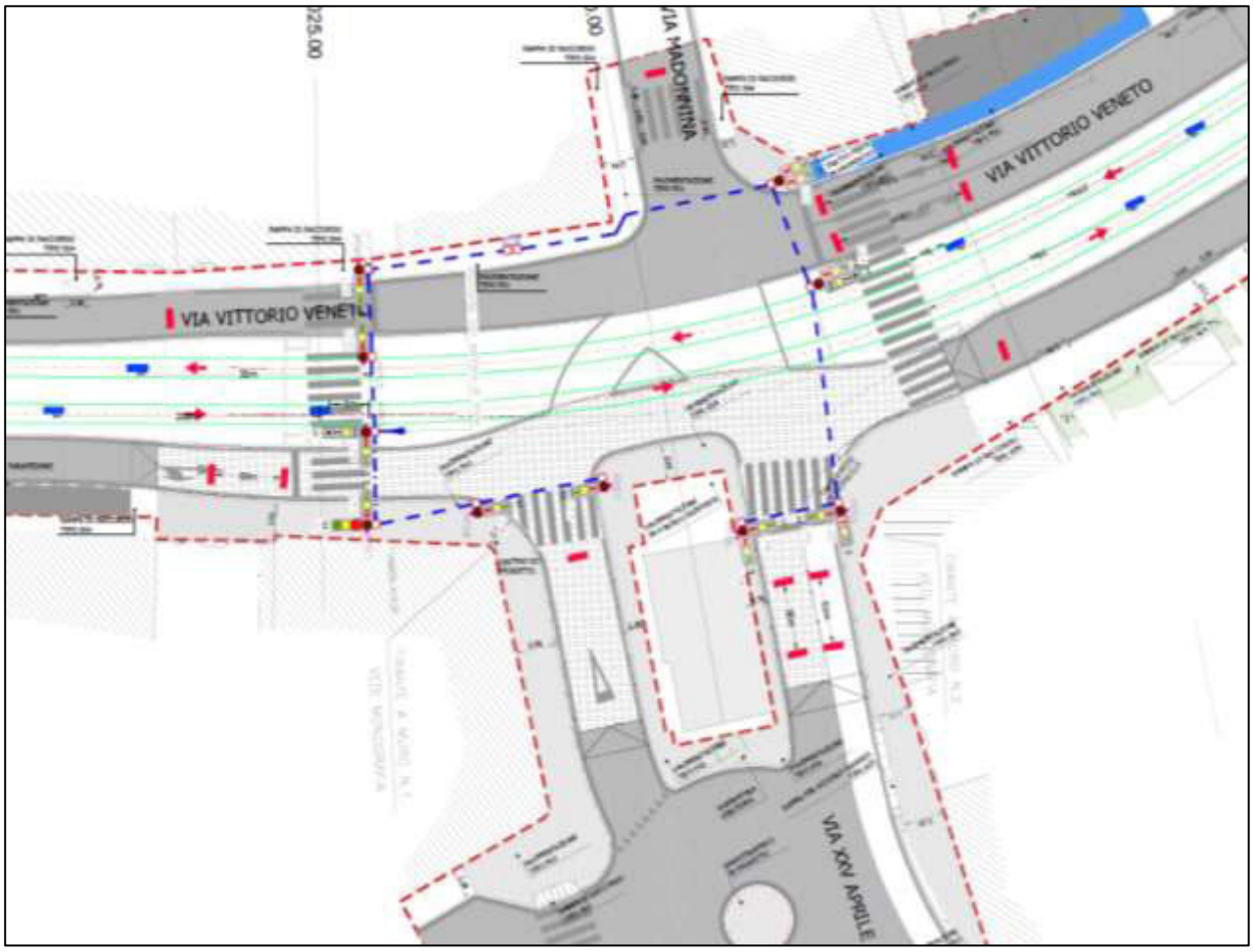


Fig. 12 – *Risistemazione dell'area presso il Santuario della Madonna del Pilastrello*.

Dopo il Santuario, Via Vittorio Veneto prosegue deviando leggermente a Ovest; in questa tratta la tramvia si mantiene ancora **a centro strada**, con carreggiate laterali larghe 4,0m, ed è affiancata a Ovest dal Parco Rivolta, all'interno del quale verrà realizzato un percorso ciclabile ed in corrispondenza alla cui uscita si è valutato di **semaforizzare** un attraversamento pedonale.

A seguire, sul lato Est della **fermata n°3 Bresso-Rivolta** (a banchine laterali), sono ricavate due corsie per una migliore gestione dell'intersezione **semaforizzata** con Via Tagliabue (4 fasi).

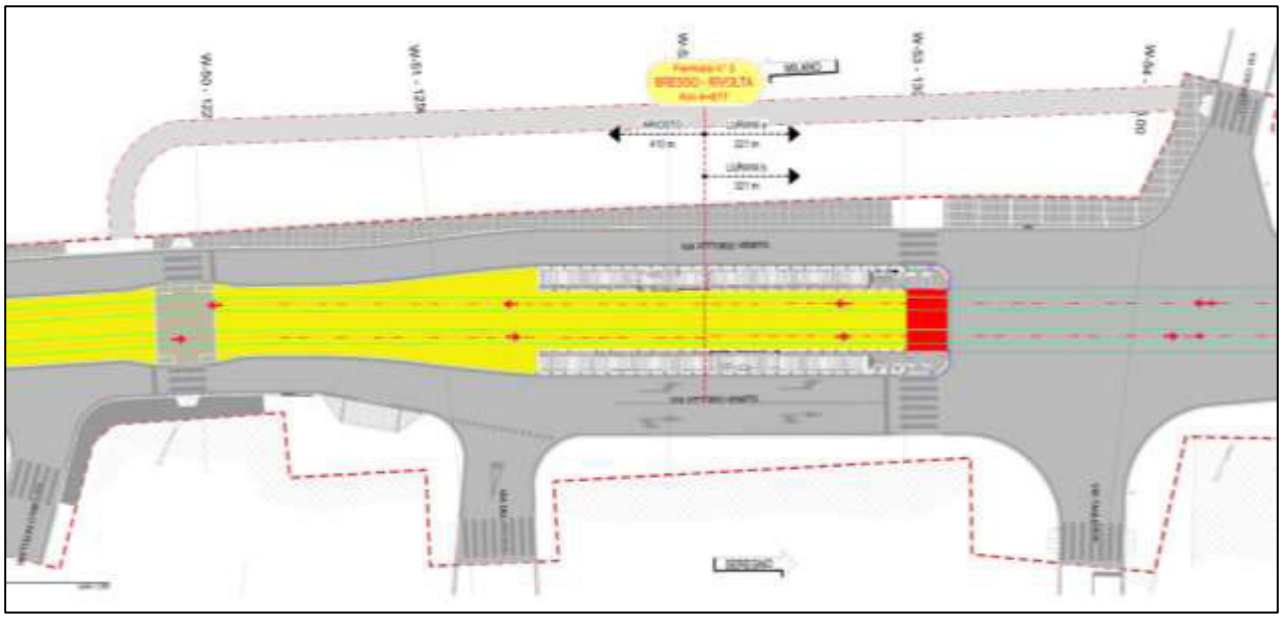


Fig. 13 – *Area prospiciente Parco Rivolta e omonima fermata*.

Nella successiva tratta di Via Vittorio Veneto (fino all'intersezione con Via Isimbaldi, **semaforizzata** a 4 fasi) sono ancora presenti carreggiate laterali larghe 4,0m e, ove possibili, fasce di sosta longitudinali.

Dopo Via Isimbaldi, la **fermata n°4 Bresso-Lurani** è stata progettata a banchine sfalsate in modo da consentire la gestione **semaforizzata** (4 fasi) della intersezione con Via Lurani (degna di nota perché il flusso veicolare in direzione Nord su Via Vittorio Veneto deve attraversare il sedime tramviario) e, contestualmente, **l'attestarsi della tramvia sul lato Est della strada**, mantenendosi affiancata a Via Vittorio Veneto, ora ad unica carreggiata con due corsie in sensi di marcia opposti.

Subito dopo la seconda banchina della fermata Lurani è posta la **1° comunicazione semplice**.

Lo spostamento della sede tranviaria (che si manterrà laterale anche una volta entrati a Cusano Milanino) è motivata dal Progettista come segue: maggiore densità abitativa sul versante Ovest delle strade attraversate, per l'esigua larghezza del sottopasso della A4, per il cospicuo flusso veicolare in direzione Nord che svolta da Via Vittorio Veneto a Via Bellini (a Cusano Milanino).

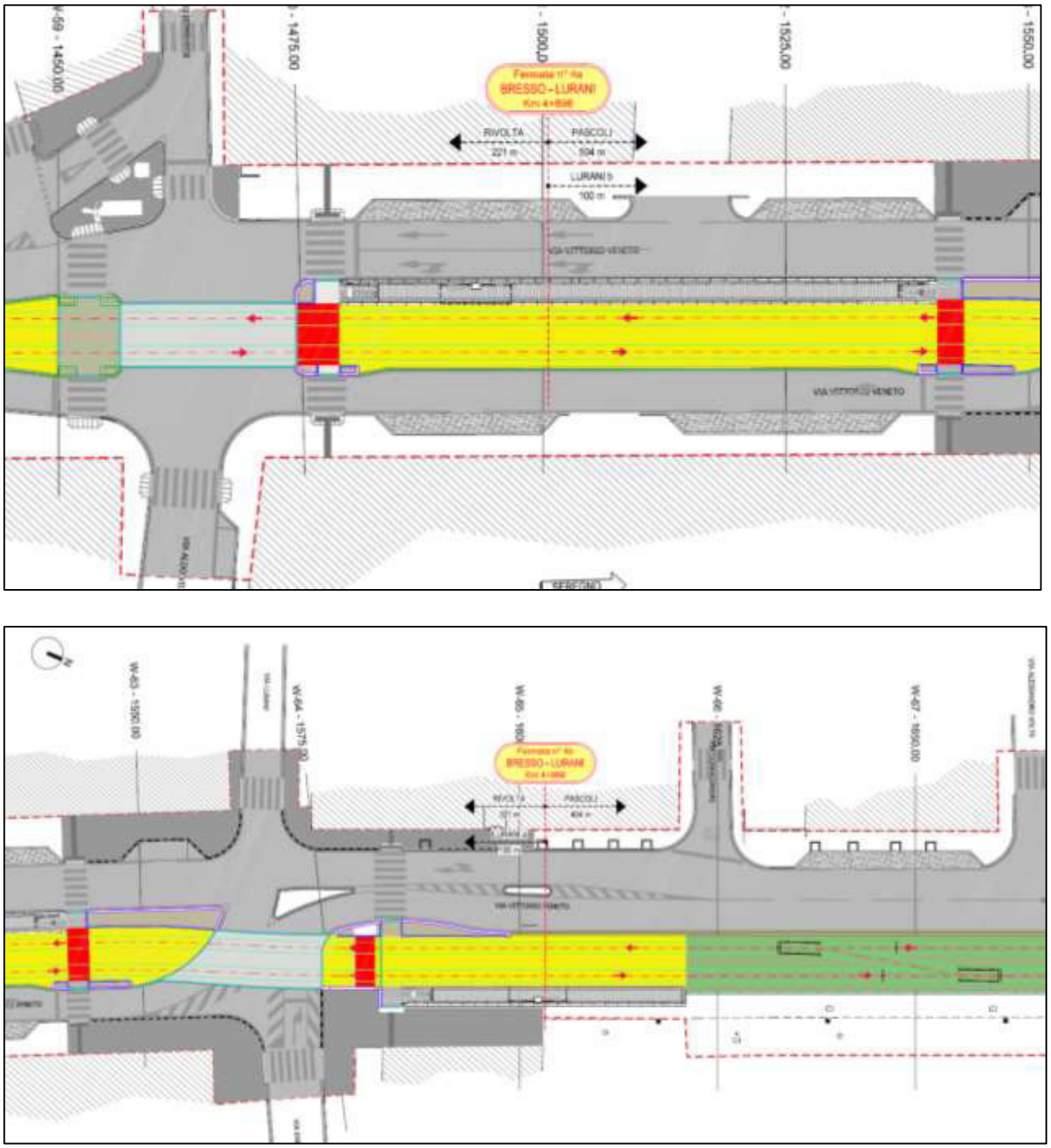


Fig. 14.1-2 – *Banchine sfalsate afferenti la fermata Lurani*.

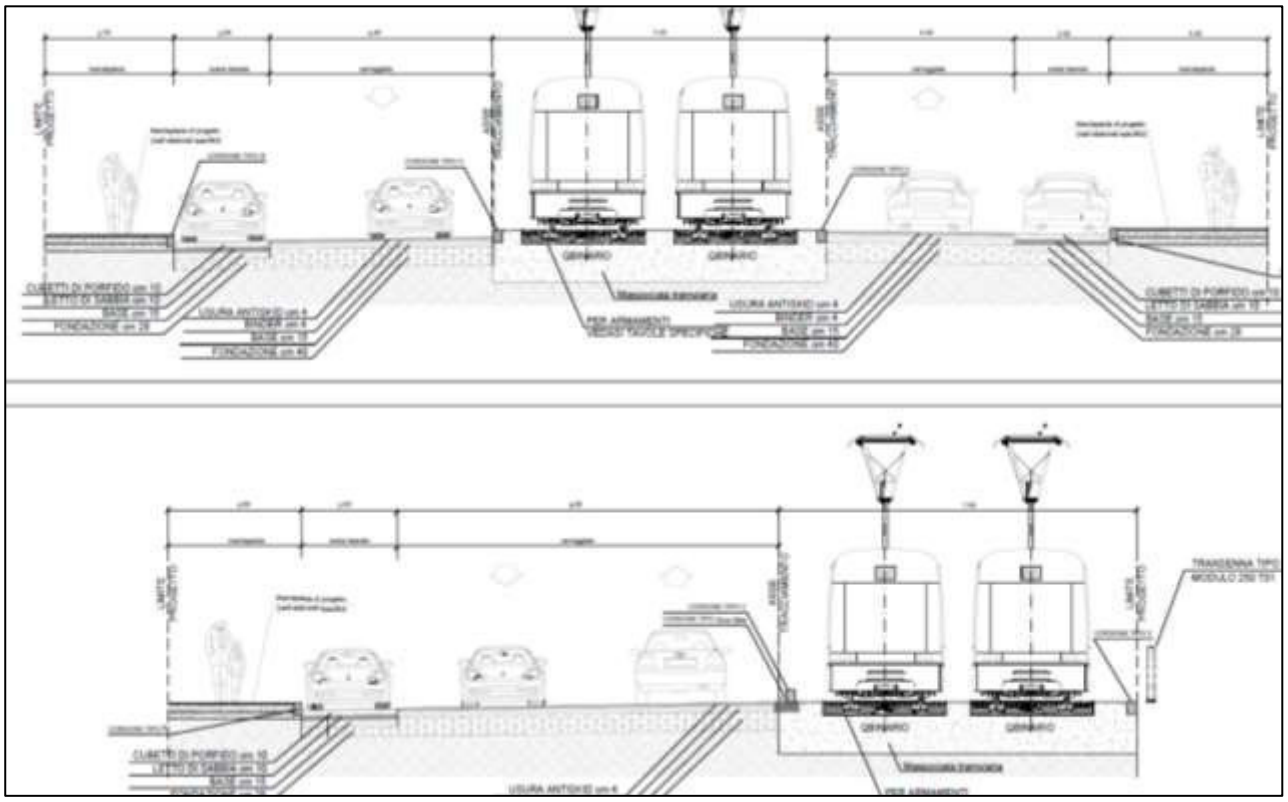


Fig. 15 – *Sezioni stradali prima e dopo la fermata Lurani*.

Via Vittorio Veneto oltre Lurani (progr. 5,0-5,8 km)

Per circa 300m la tramvia **torna in sede propria** e inerbita; sul lato Ovest (separata dal cd. **"doppio cordolo"**) Via Vittorio Veneto si mantiene con 2 corsie di 4,00m ciascuna, sul suo lato Est (separata da transenne di sicurezza "tipo fermata") con la fascia del "mercato" di Bresso, di recente inaugurazione.

Lungo questa tratta sono presenti **due semaforizzazioni** che interessano la tramvia in corrispondenza a passaggi pedonali. Tale configurazione resta pressoché invariata fino all'intersezione **semaforizzata** "a T" con Via Don Minzoni (5 fasi), eccetto un ultimo breve tratto nel quale viene realizzata una controstrada in affiancamento a Est della tramvia, per l'accessibilità ad alcuni edifici residenziali.

Dopo l'intersezione con Via Don Minzoni è situata la **fermata n°5 Bresso-Pascoli** (a banchine laterali) e nei suoi pressi la **SSE n°2 Bresso-Pascoli (interrata)**. Subito a seguire si rilevano le intersezioni **semaforizzate** di Via Galileo Galilei (4 fasi) e Via Carolina Romani (5 fasi).

Presso il confine del Comune di Bresso, la tramvia **sottopassa l'autostrada A4**. Data l'impossibilità di allargare il sottopasso, mantenendo due corsie di marcia per il traffico veicolare, per un breve tratto (circa 100m) la **tramvia diventa a binario unico** (rimanendo nella posizione dell'attuale binario da dismettere). Non essendo possibile ricavare ulteriori transiti, verrà realizzato, più a Est, un sottopasso ciclopedonale largo circa 3m.

Superata l'intersezione semaforizzata con Viale Toscani (a 4 fasi), termina Via Vittorio Veneto e si entra nel Comune di Cusano Milanino.

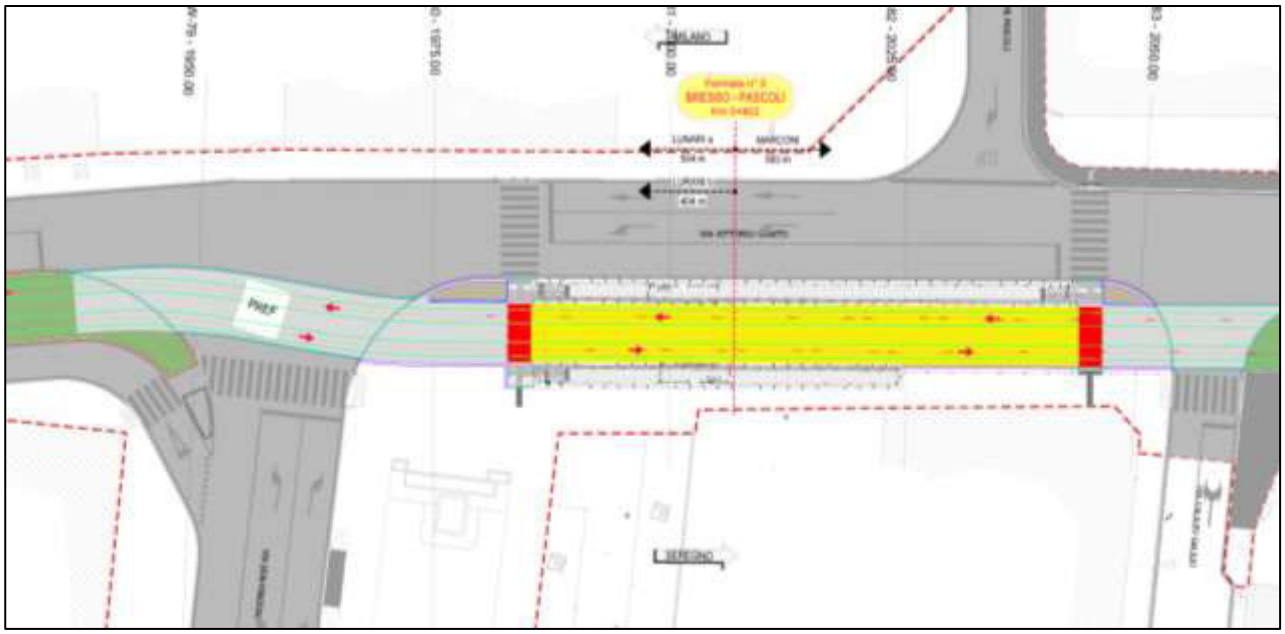


Fig. 16 – *Intersezione con Via Don Minzoni e fermata Bresso-Pascoli*.

Fig. 17 – *Tratto in uscita dal sottopasso della A4*.

Comune di Cusano Milanino

Via Sormani fino alla fermata Matteotti (progr. 5.8-6,3 km)

La tramvia prosegue lungo Via Sormani, **mantenendosi ancora sul lato Est della strada**, con sede inerbita e **"doppio cordolo"** di protezione da una carreggiata con sezione stradale variabile di circa 8m, e ad Ovest una transenna di sicurezza a protezione di una pista ciclopedonale.

Superata l'intersezione con Via Rossini, che presenta una semaforizzazione che interessa la tramvia limitatamente all'attraversamento pedonale (a chiamata), è localizzata la **fermata n°6 Cusano Milanino-Marconi** (a banchine laterali).

Subito dopo la fermata vi è un importante nodo stradale con Via Marconi, Via dei Fiori, Via Unione, **semaforizzato** (a 4 fasi), riorganizzato con una geometria a rotatoria con ampio spazio verde centrale attraversato dalla tramvia.

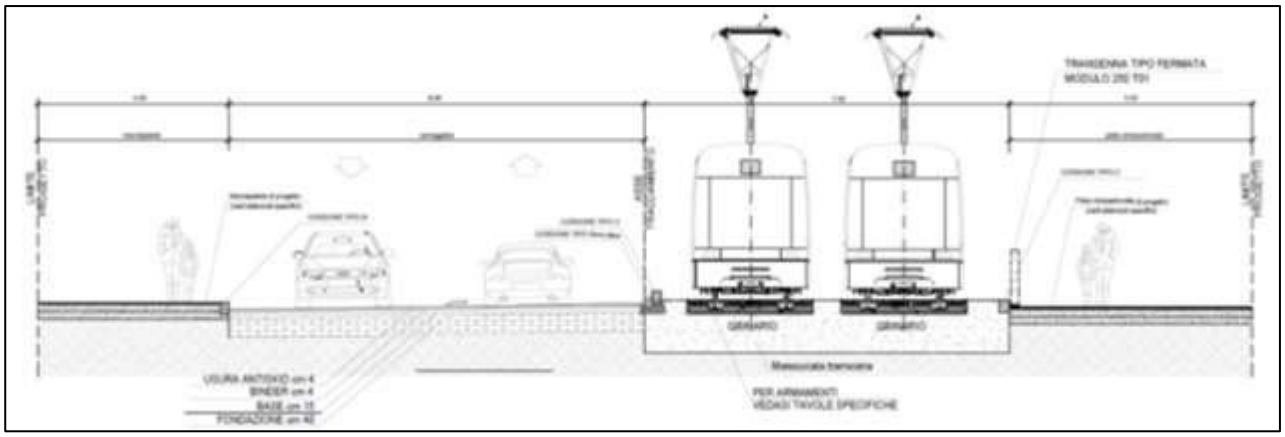


Fig. 18 – *Via Sormani prima della fermata Marconi*.

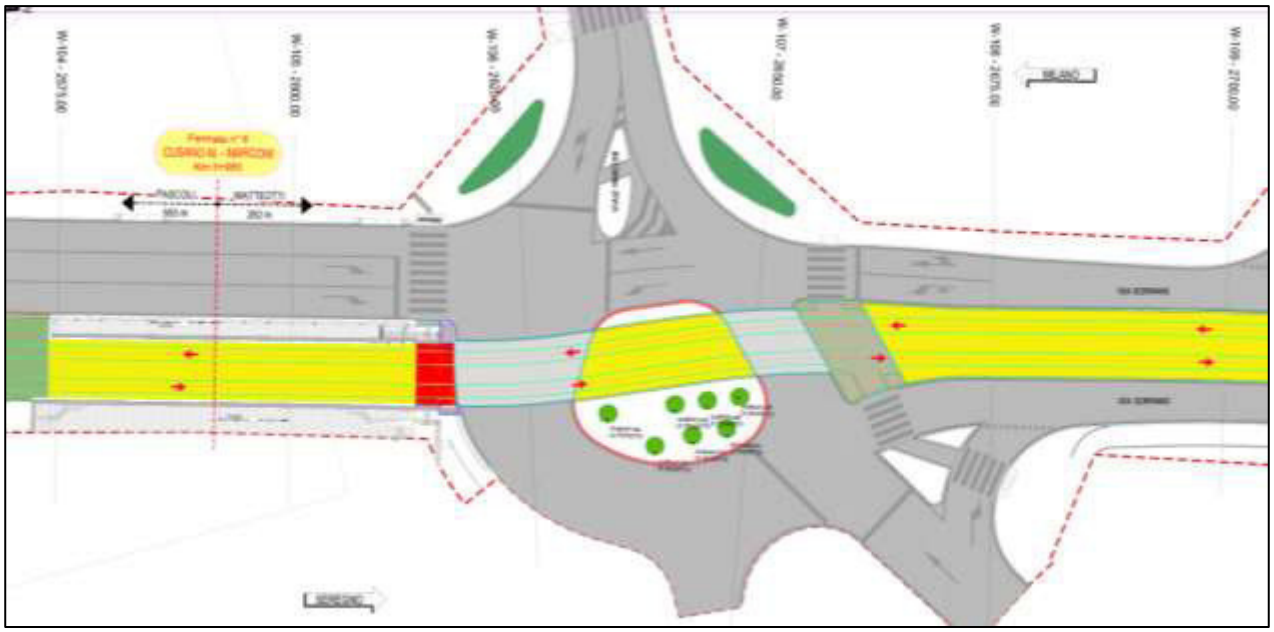


Fig. 19 – *Fermata Marconi e vicina rotatoria.*

Dopo la rotatoria, la tramvia torna a configurazione centrale, con carreggiate laterali a senso unico di larghezza variabile di circa 4,0m, e sedime tranviario in massetti, protetto da cordoni alti 8cm. In continuità alla tratta precedente, sul lato esterno della carreggiata Est viene realizzata la pista ciclopedonale.

Al fine di ricavare la **fermata n°7 Cusano Milanino-Matteotti** (banchine centrali) è necessario il restringimento di corsie delle marcia laterali ed è presente **semaforizzazione** pedonale.

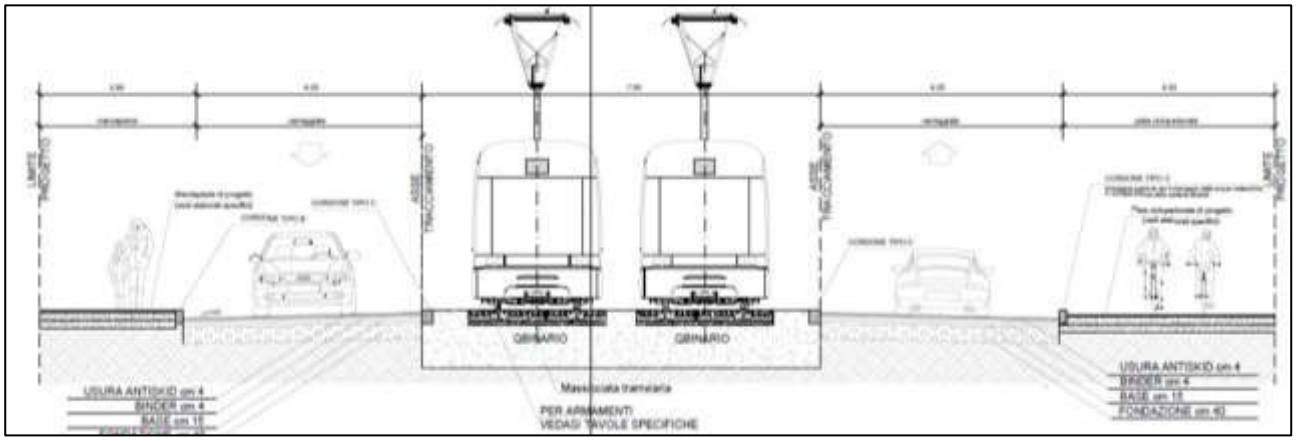


Fig. 20 – *Via Sormani, configurazione con sede centrale, dopo fermata Marconi.*

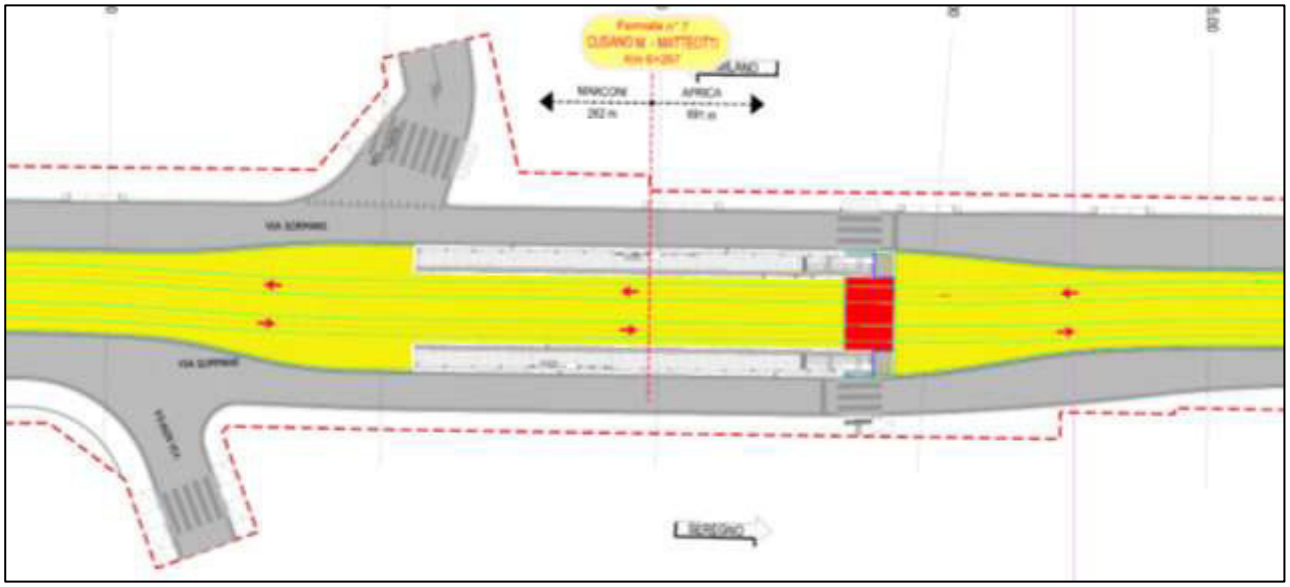


Fig. 21 – *Fermata Cusano Milanino-Matteotti.*

Via Sormani oltre la fermata Matteotti (progr. 6,3-7,5 km)

L'assetto dato a Piazza XXV Aprile, snodo centrale per il Comune di Cusano Milanino interessato da importanti flussi di traffico, ha tenuto conto degli esigui spazi a disposizione, gestendo l'intersezione con Viale Cooperazione e Viale Matteotti con **semaforizzazione** (a 3 fasi).

Da Viale della Cooperazione a Est si sfiocca la **1° delle tratte tranviarie da dismettere**.

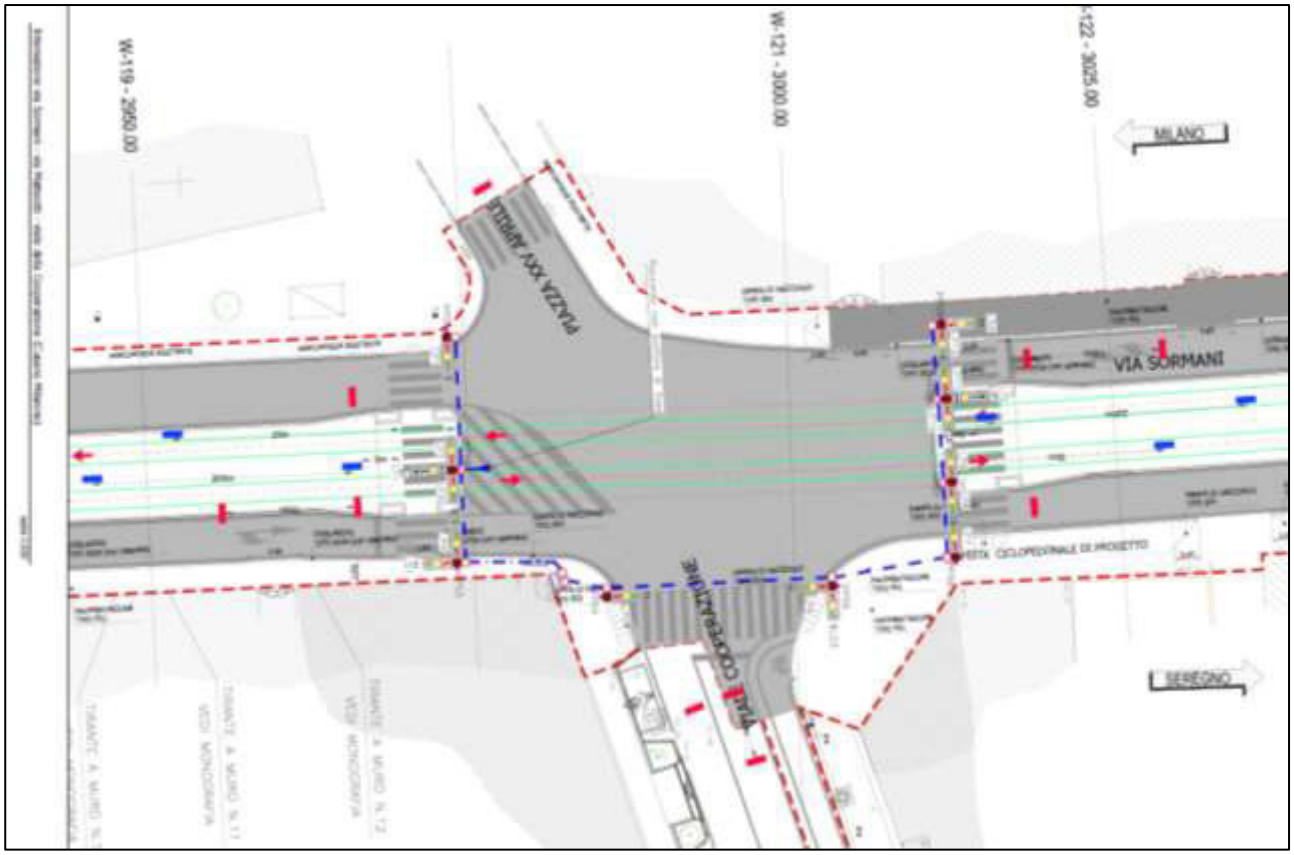


Fig.22 – *Intersezione presso Piazza XXV Aprile-Viale Matteotti con Viale della Cooperazione.*

Dopo Piazza XXV Aprile la tramvia prosegue a centro strada, sul lato Est affiancata dalla pista ciclopedonale, supera l'intersezione **semaforizzata** "a T" (3 fasi) con Viale Pedretti, fino ad incontrare l'intersezione con Via Monte Bianco, che verrà trasformata in rotatoria **semaforizzata** (di complessa fasizzazione, 7 fasi complessive di cui 4 pedonali solo su richiesta), richiedendo lo smantellamento di una stazione di servizio.

Sulla stessa rotatoria viene ripensato l'innesto di Via Roma a Est, da cui si sfiocca la **2° delle tratte tranviarie da dismettere**, che si ricongiunge più a Nord su Via Erba nel territorio di Paderno Dugnano.

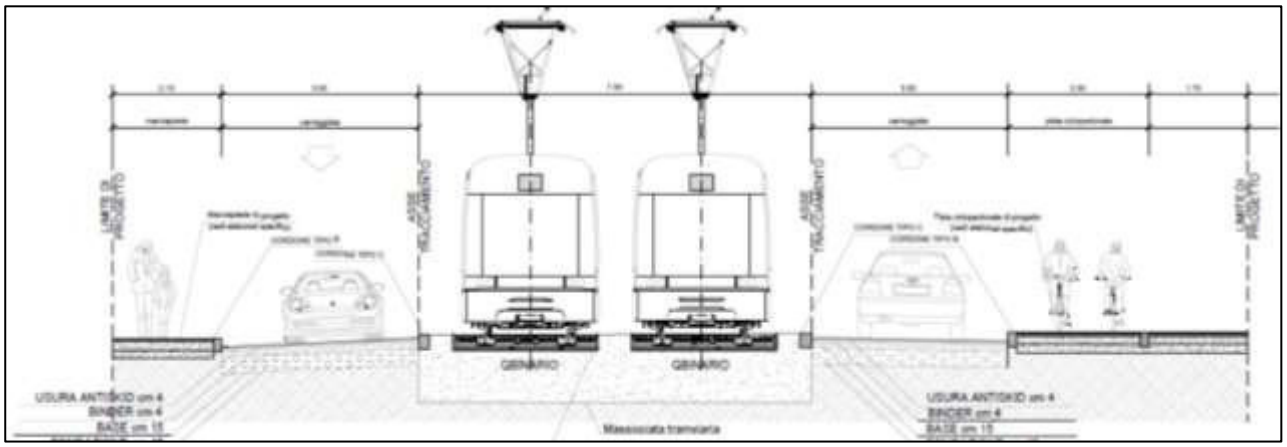


Fig. 23 – *Sezione stradale dopo Piazza XXV Aprile*.

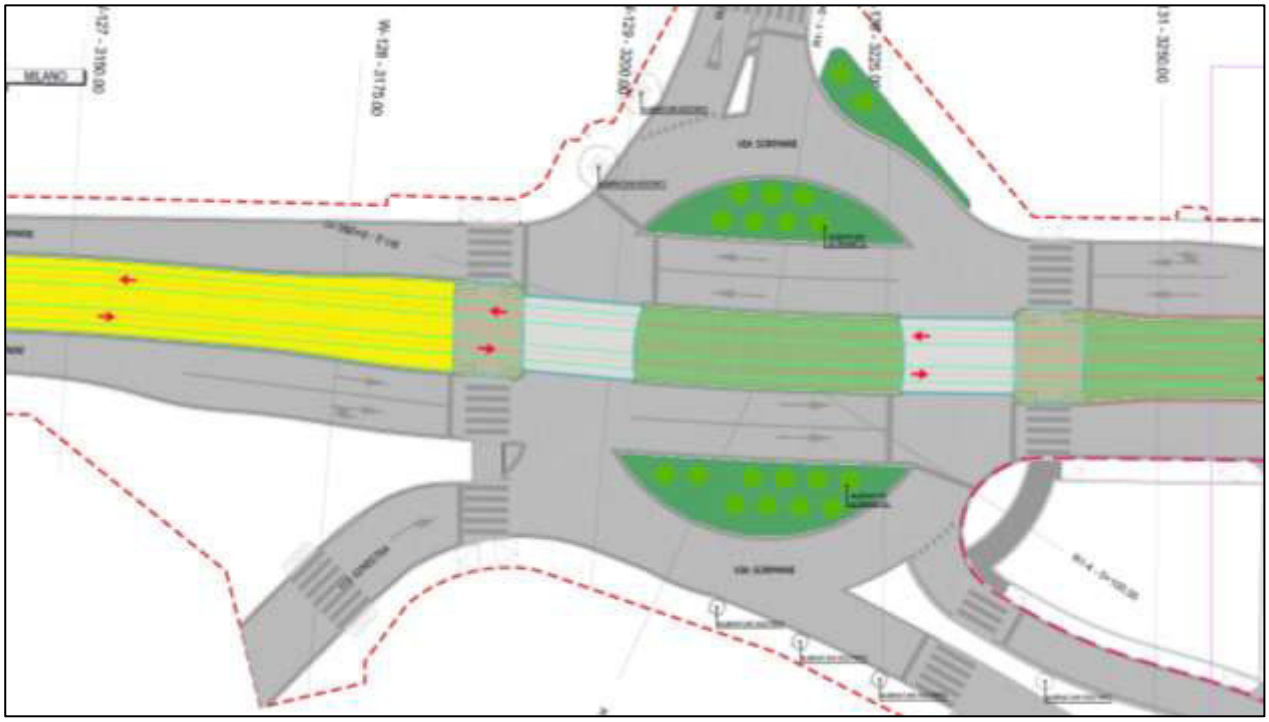


Fig. 24 – *Rotatoria con Via Monte Bianco-Via Roma.*

Su questa tratta, dopo la fermata, sono presenti una **comunicazione semplice** e, a Est della strada, è ricavata l'area per la **SSE n°3 Cusano Milanino-Alessandria**,con relativo piazzale di pertinenza e manovra (recinzione di 2,50m).

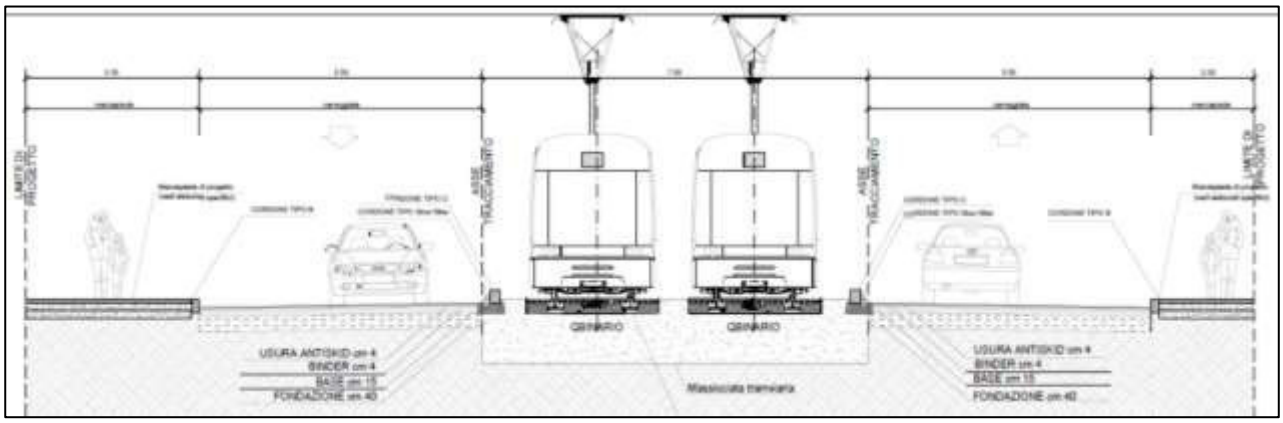


Fig. 25 – *Sezione dopo la rotatoria Monte Bianco*.

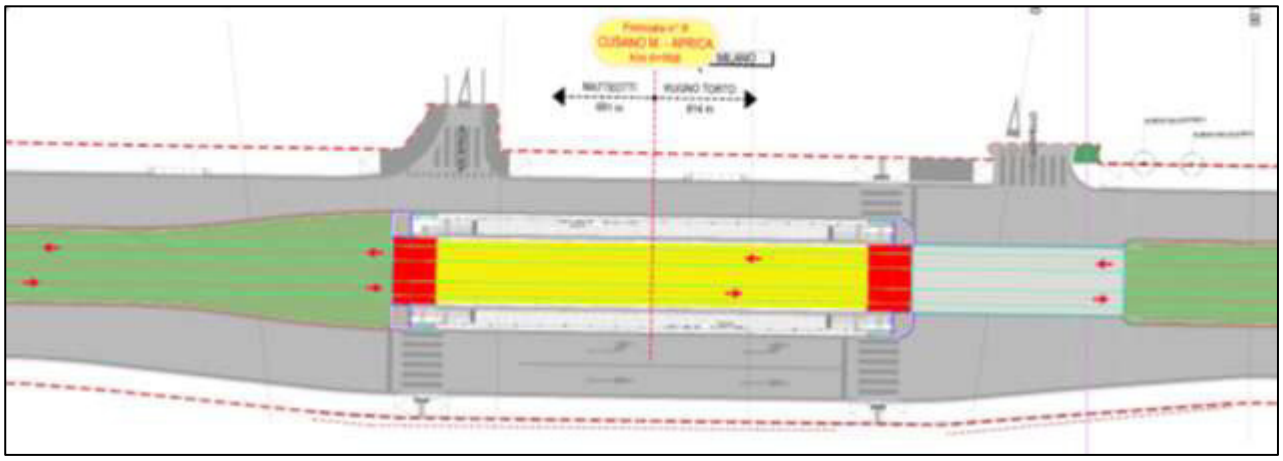


Fig. 26 – *Fermata Cusano Milanino-Aprica e successiva intersezione con via D'Amelio*.

Dopo la sottostazione, l'importante snodo di Via Sormani con Via Alessandrina, viene trasformato in rotatoria **semaforizzata** (4 fasi); dopo la rotatoria, Via Sormani procede come Via Erba, ed il residuo tratto dentro Cusano Milanino procede con sede tranviaria centrale inerbita e carreggiate laterali.

Fig. 27 – *Via Sormani prima della rotatoria con Via Alessandrina*.

Comune di Paderno Dugnano

<u>Via Erba fino alla fermata Calderara (progr. 7,5-8,5 km)</u>

Potendo giovare ancora della dismissione del **tratto Sud del Canale Derivatore di Nova** (cfr. Cap. B.2.6), su Via Erba la tramvia presenta una sede centrale inerbita di larghezza 7,50m, protetta con **doppi cordoli** da carreggiate laterali larghe 7,0m a due corsie per senso di marcia, a Ovest è inoltre realizzata una pista ciclabile larga 3,50m in affiancamento alla strada. Tale configurazione prosegue indisturbata per un tratto di quasi 1km, fino alla rotatoria per Via Paisiello, a servire lo svincolo superstrada "Rho-Monza".

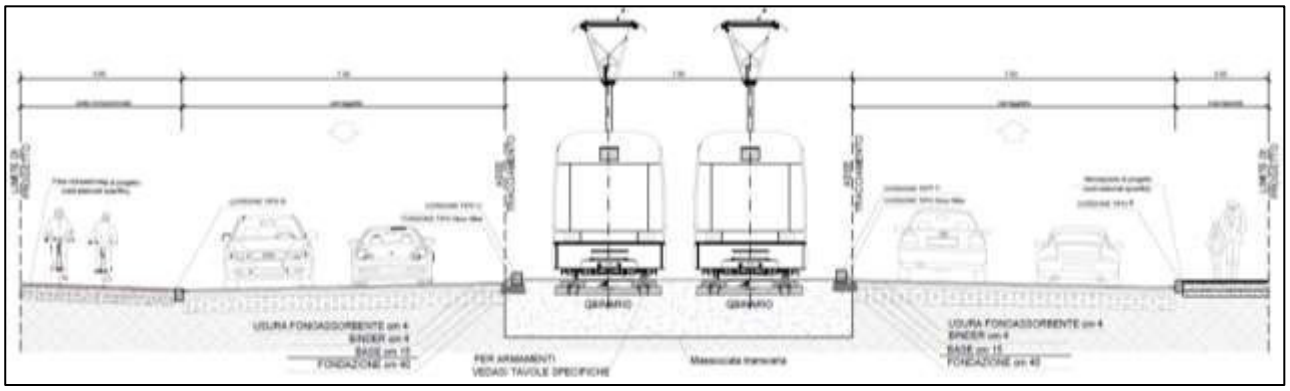


Fig. 28 – *Carreggiata-tipo su Via Erba*.

Tale tratta è disturbata, nei pressi della **fermata n°9 Paderno Dugnano – Grugno Torto** (a banchine centrali), da una sorta di rotatoria **semaforizzata** (3 fasi), atta ad agevolare l'accesso agli insediamenti produttivi e commerciali presenti ed a invertire la marcia; in seguito l'intersezione per la Strada per Cinisiello (per la Fattoria Milanino e il Centro Ippico), è **semaforizzata** per il solo attraversamento ciclopedonale.

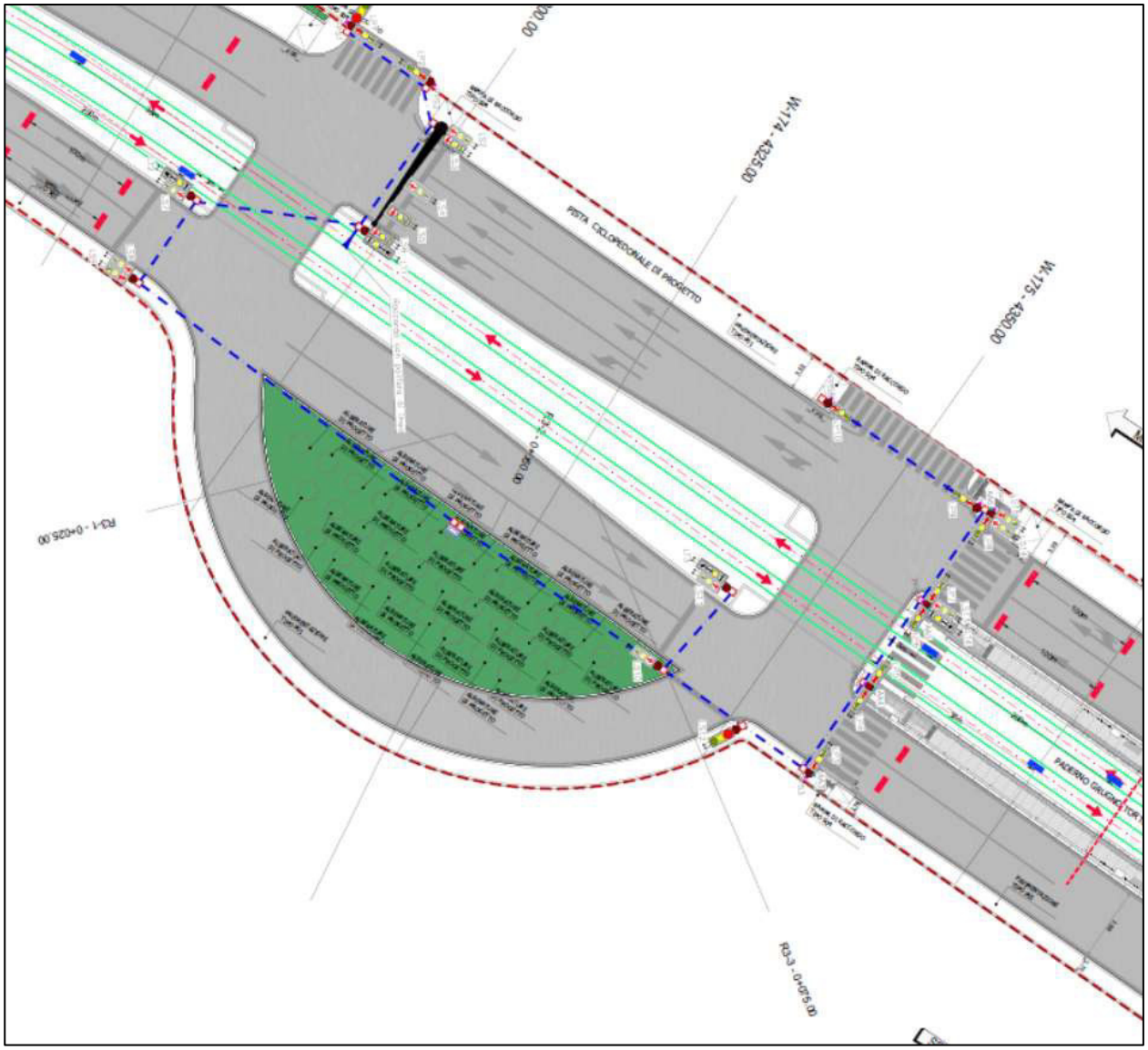


Fig. 29 – *Rotatoria presso la fermata Grugno Torto*.

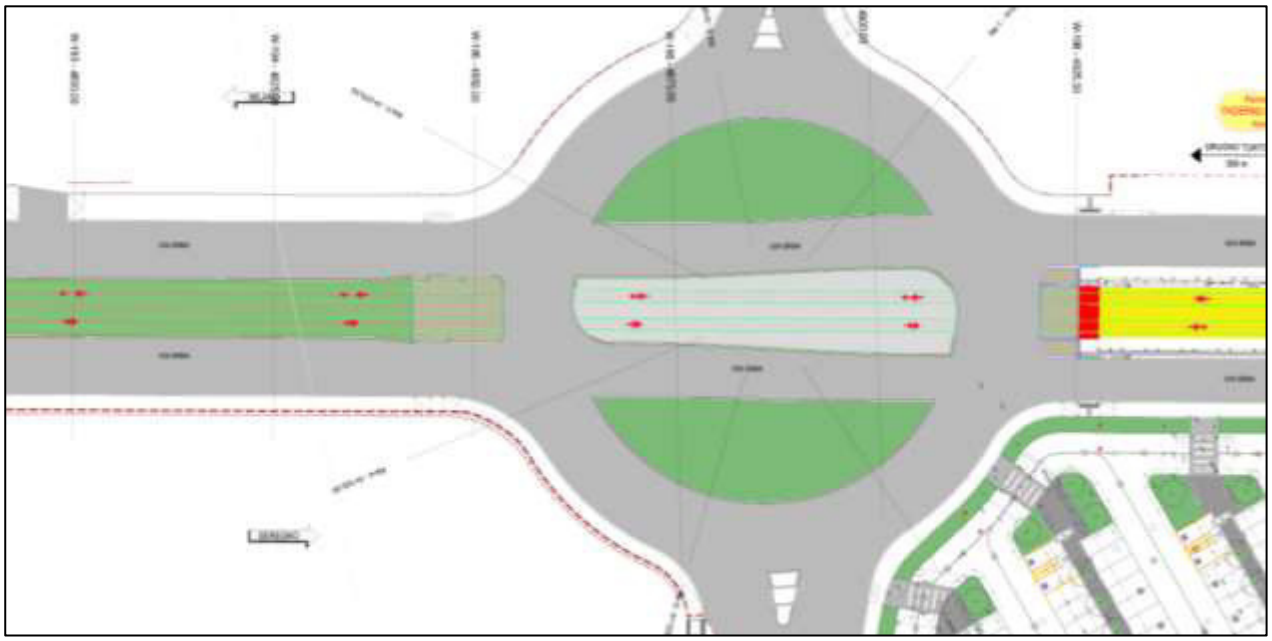


Fig. 30 – *Rotatoria per Via Paesiello - svincolo superstrada "Rho-Monza".*

La rotatoria con Via Paisiello per lo svincolo autostradale verrà opportunamente **semaforizzata** (a 4 fasi), anche a servizio dell'attraversamento con la successiva **fermata n°10 Paderno Dugnano-Paisiello** (a banchine laterali), particolarmente strategica perché posta nei pressi di un **parcheggio di interscambio**, da realizzarsi in un'ampia area ad Est (cfr. Cap B.2.6).

A breve distanza si incontra un attraversamento pedonale "a baionetta" (**non semaforizzato**), e la **fermata n°11 Paderno Dugnano – Calderara**, a banchine laterali sfalsate rispetto alla intersezione con Via Riboldi e Via Varese **semaforizzata** (a 3 fasi) , con un ridisegno stradale utile a ricavare sdoppiamenti di corsie per la svolta a sinistra nelle due direzioni.

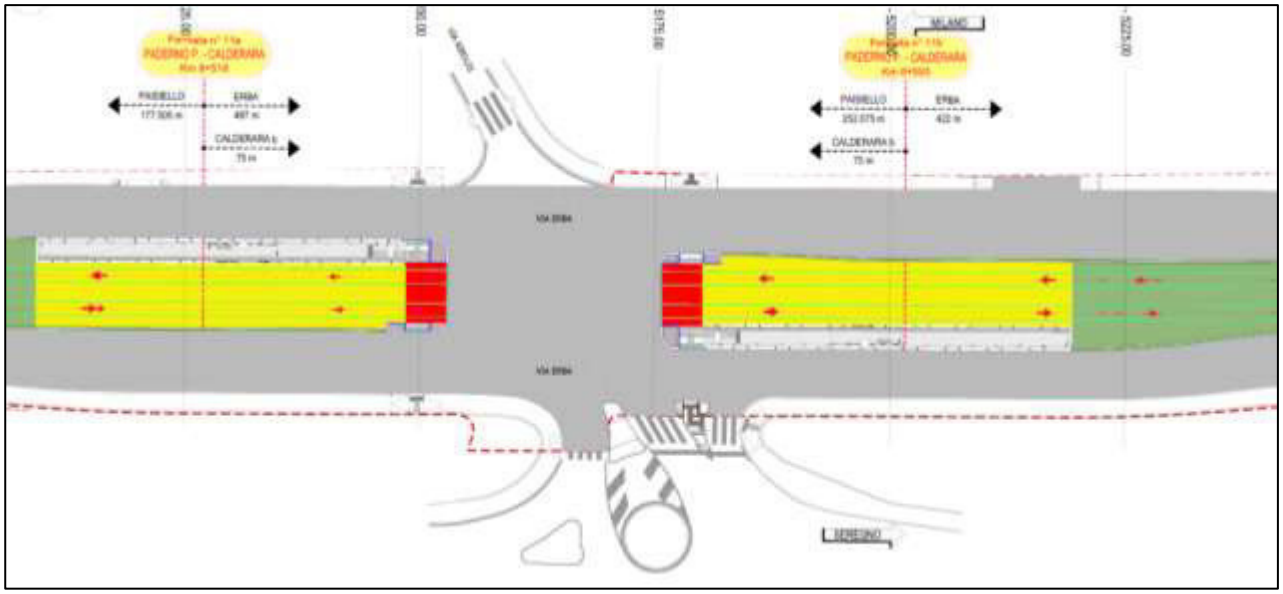


Fig. 31 – *Banchine sfalsate della fermata Calderara.*

Via Erba oltre la fermata Calderara (progr. 8,5-9,4 km)

Dopo le banchine di Calderara, la sede tramviaria si mantiene inerbita e le carreggiate laterali si riducono, pur mantenendosi tra i 5,50 e i 7,00m, ancora protette da **doppi cordoli**. Il Comune di Paderno Dugnano, in questa tratta, si riserva di realizzare per conto proprio itinerari ciclopedonali o stalli di sosta.

Proseguendo, presso Via Baraggiole è presente un attraversamento ciclopedonale **a baionetta non semaforizzato**, e la successiva intersezione con Via Santi, viene ridisegnata consentendo inversioni di marcia su Via Erba e tenendo conto degli intensi flussi veicolari (collegamento con superstrada "dei Giovi", centri commerciali, centro storico di Paderno Dugnano) mediante opportune **semaforizzazioni**.

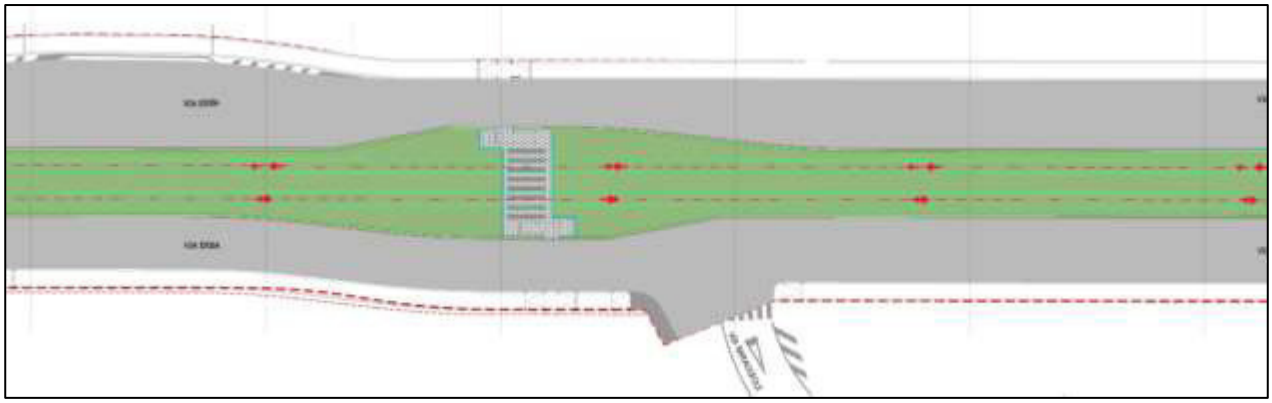


Fig. 32 – *Attraversamento "a baionetta" presso Via Baraggiole.*

Subito a seguito dell'intersezione con Via Santi, le carreggiate stradali si allargano per ospitare, senza intersecarla, l'area della **fermata n°12 Paderno Dugnano – Erba**, che costituisce il Capolinea intermedio della tramvia. Tale area, a verde anche con piantumazioni arboree, è adibita per ospitare:

- **banchine a isola** (di lunghezza doppia rispetto alla standard).
- Anello di inversione (per i rotabili monodirezionali che non proseguono sulla successiva tratta a binario unico);
- Binari esterni rispetto alle banchine, Binari centrali rispetto alle banchine
- **SSE n°4 "Calderara"** (esterna), con relativo piazzale di pertinenza e manovra (recinzione di 2,50m), parzialmente occultato rispetto all'area adibita a fermata da cortina alberata.

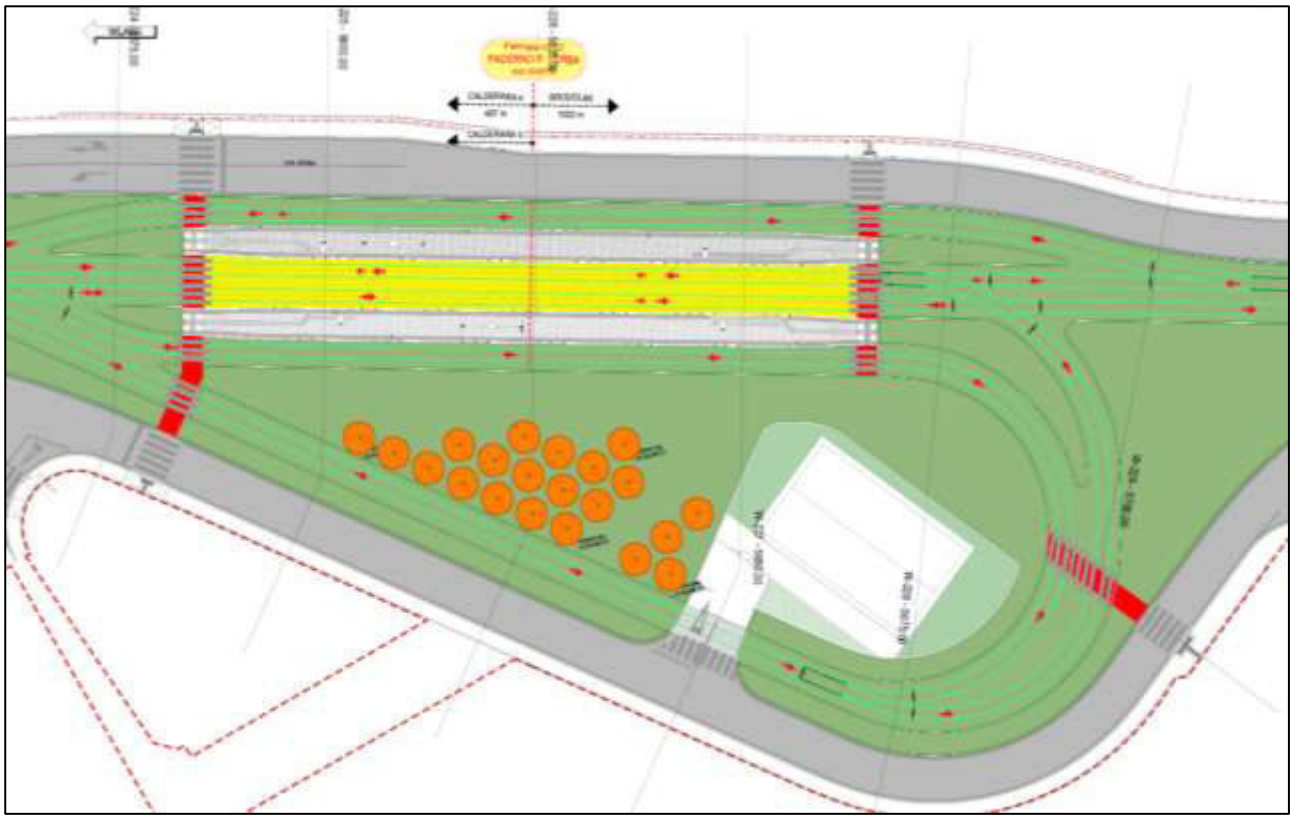


Fig. 33 – *Capolinea intermedio di Erba.*

Superato il Capolinea intermedio, inizio la seconda tratta dell'infrastruttura, in cui la sede tramviaria diventa a singolo binario con sdoppiamenti puntuali, e viene percorsa dai soli rotabili bidirezionali.

Fino al confine di Paderno Dugnano la sede tranviaria, di larghezza ridotta ma di almeno 4,50m, è inerbita e protetta da **doppi cordoli** dalle carreggiate laterali, larghe 5,50m a singola corsia per senso di marcia.

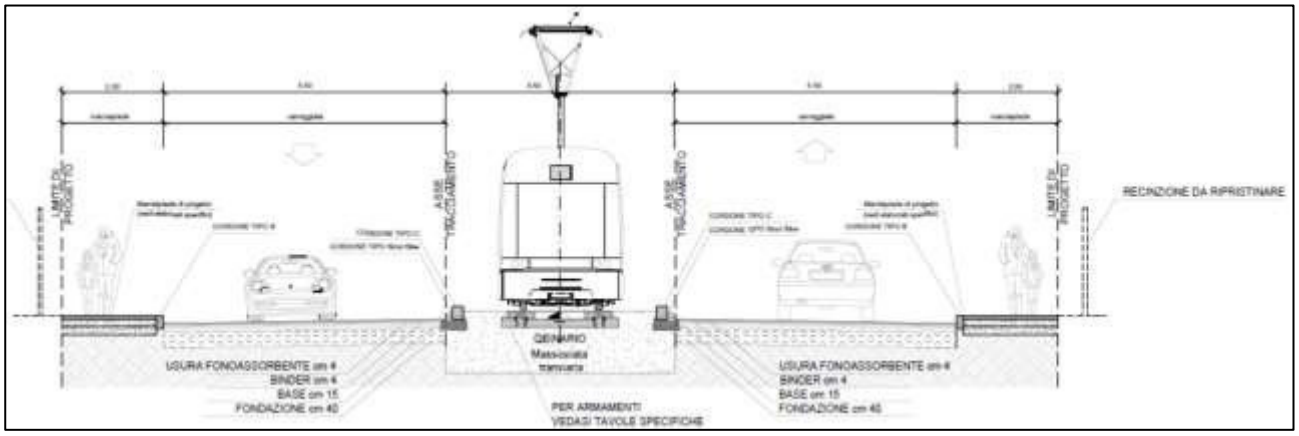


Fig. 34 – *Sezione a binario unico presso Paderno Dugnano.*

Dopo l'intersezione con Via Gorlich, che prevede una intersezione **semaforizzata** (a 3 fasi), anche a servizio degli accessi ad un parcheggio (estraneo all'appalto); e, più o meno in corrispondenza con il confine comunale, l'asse stradale della ex SP9 ("Valassina") prosegue non più come Via Erba ma come Via Garibaldi.

Fig. 35 – *Intersezione con Via Gorlich.*

Comune di Nova Milanese

Via Garibaldi fino al Canale Villoresi (progr. 9,4-10,4 km)

A partire dall'ultima parte del tracciato a Paderno Dugnano, l'allargamento della sezione stradale giova della **tombinatura di parte del sedime del Canale Villoresi** (prevista da progetto, cfr. Cap. B.2.6), pertanto la sede tranviaria e carreggiate stradali mantengono pressoché le stesse caratteristiche dell'ultimo tratto di Paderno Dugnano.

Un breve allargamento della carreggiata stradale in direzione Sud, che diventa a due corsie, inizia presso l'intersezione con Via Cava Madonnina, in cui la sede tramviaria è **semaforizzata** limitatamente all'attraversamento pedonale, e si conclude dopo la **fermata n°13 Nova – Brodolini** (a banchina centrale), in corrispondenza alla quale c'è un **1° raddoppio** di binari.

Subito dopo la fermata, l'importante intersezione con Via Incirano (serve la superstrada "dei Giovi") e Via Brodolini (per Cinisello Balsamo e Sesto San Giovanni) viene trasformata in rotatoria **semaforizzata** (a 4 fasi), e nei pressi della successiva intersezione con Via Oberdan è presente un attraversamento pedonale **semaforizzato**.

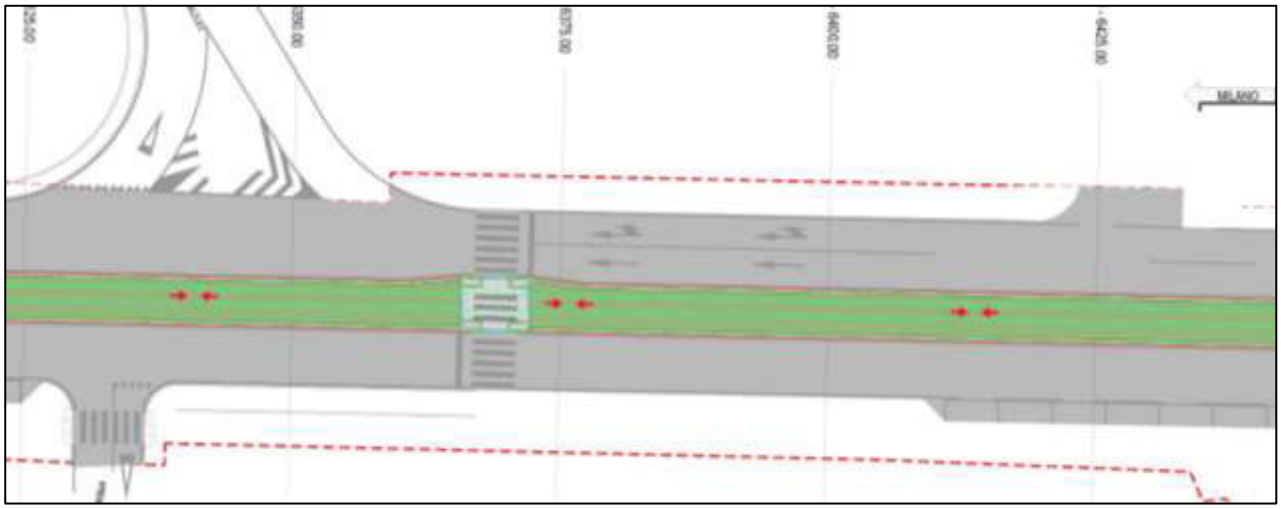


Fig. 36 – *Intersezione con Via Cava Madonnina.*

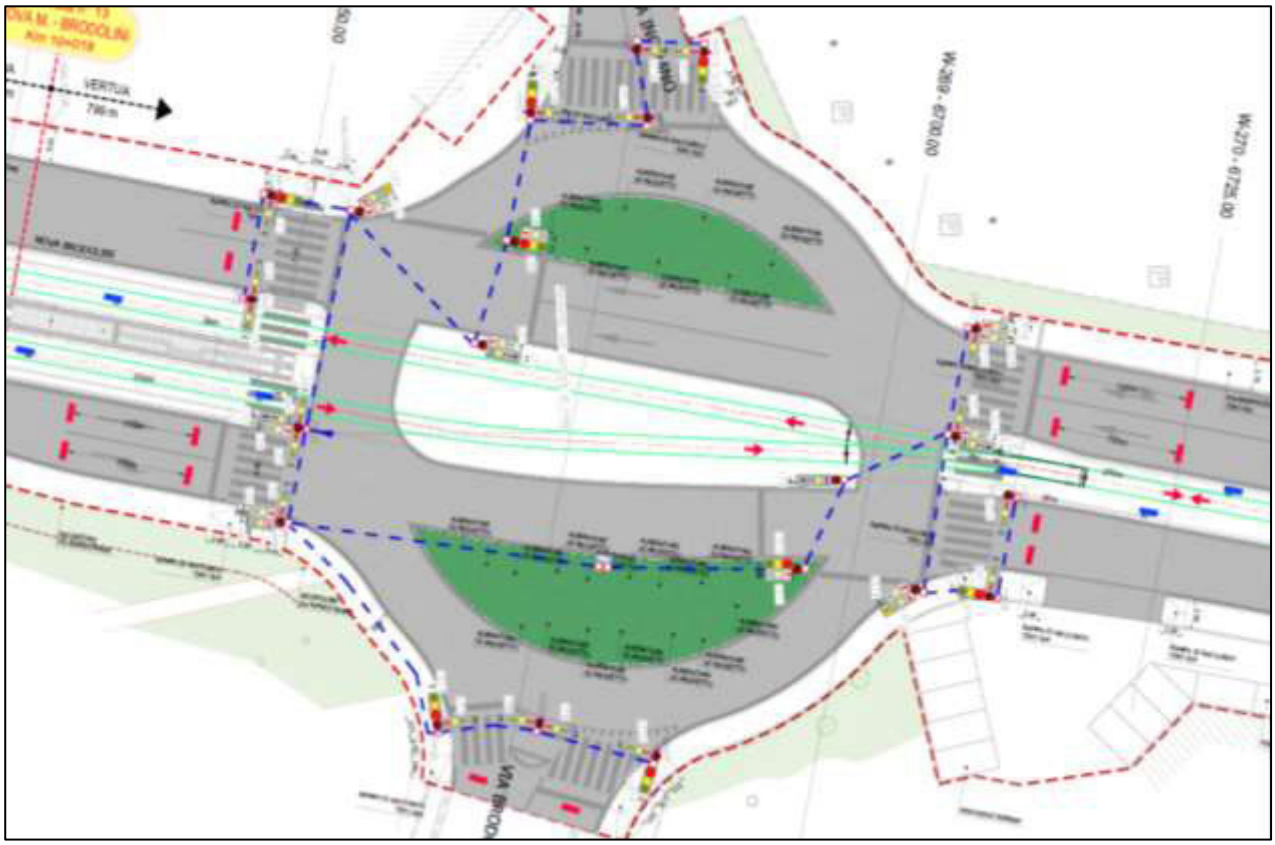


Fig. 37 – *Tratta con raddoppio di binario in corrispondenza alla fermata Nova – Brodolini e successiva intersezione con Via Incirano.*

Via Garibaldi/Via Diaz/Via Milano oltre il Canale Villoresi (progr. 10,4-12,0 km)

Il progetto prevede l'ampiamento del sifone del Canale Villoresi, producendo un incremento della larghezza della sede utile stradale da 10,2 a 13m. A Nord del canale, non è più possibile incrementare la larghezza della sede stradale (come era possibile a Sud), e la distanza tra edifici prospicienti è ridotta a 12m. Conseguentemente, superato il Canale Villoresi e per i successivi circa 400m, la sede tramviaria diventa a **doppio binario** ed a **circolazione promiscua** con il traffico privato, con larghezza di 8,00m (confermando così la previsione del Progetto Definitivo)

La **semaforizzazione** che regola il passaggio dalla zona in sede riservata alla promiscua, è a servizio anche dell'intersezione con Via Filzi e Via Villoresi.

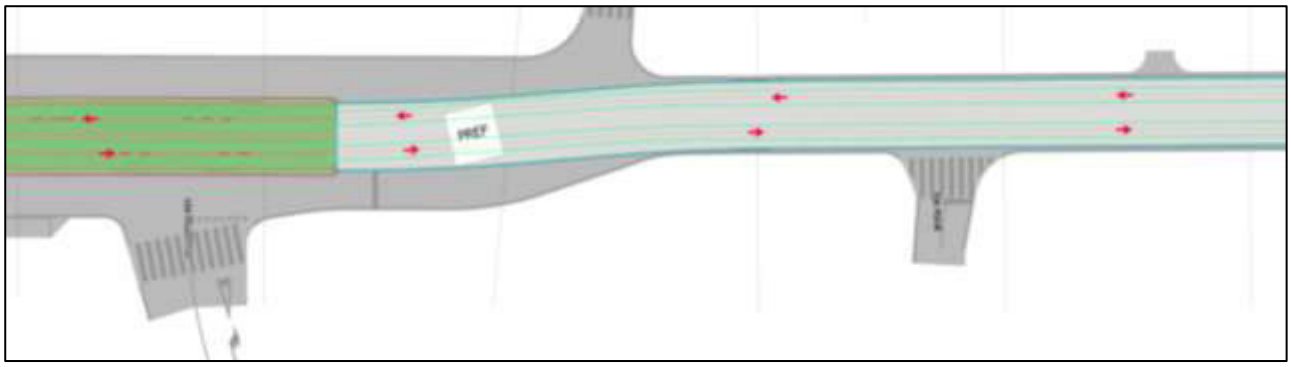


Fig. 38 – *Inizio della tratta a circolazione promiscua presso l'intersezione con Via Villoresi.*

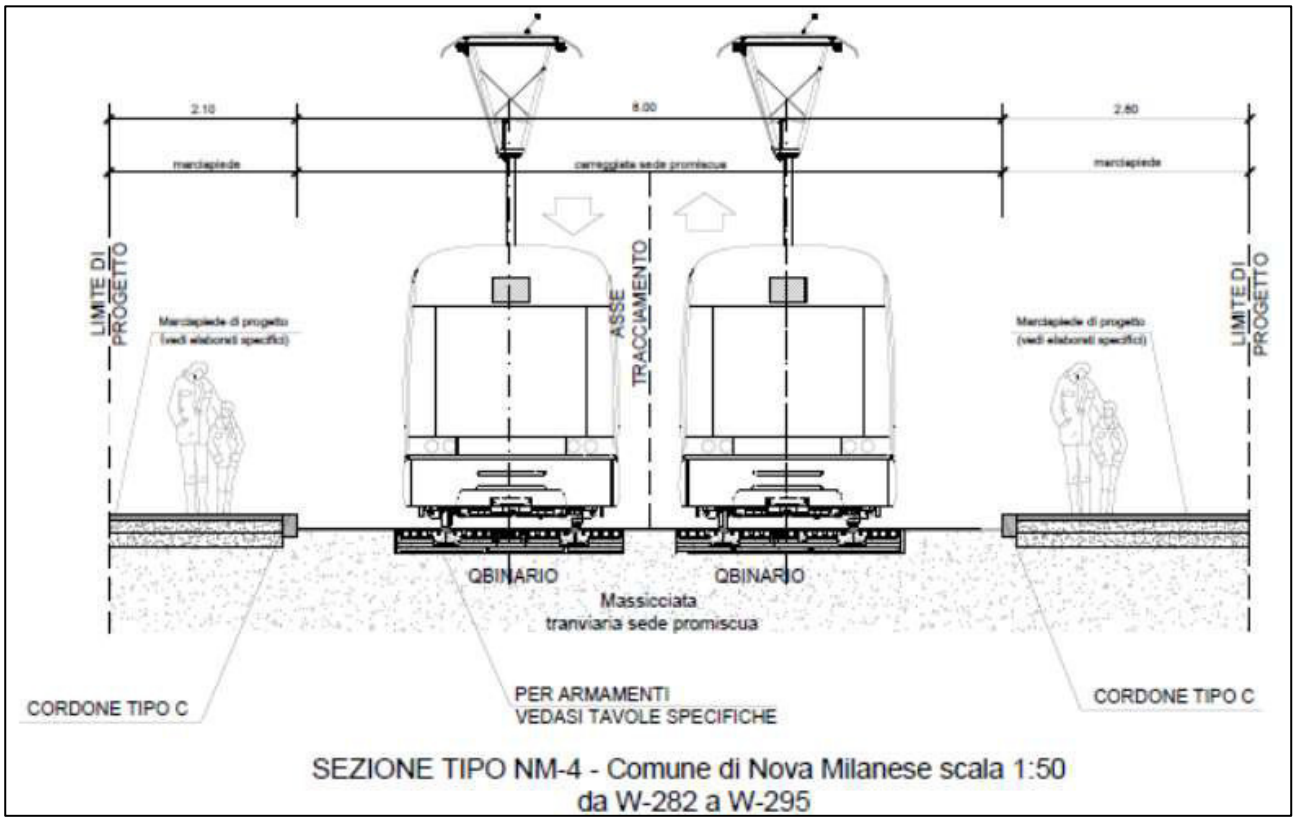


Fig. 39 – *Sezione-tipo nella tratta a circolazione promiscua.*

Nella tratta in promiscuo sono presenti un attraversamento pedonale **semaforizzato** presso Via Battisti, ed una intersezione **semaforizzata** presso Via San Sebastiano.

Superata la **fermata n°14 Nova – Vertua** (a banchina centrale), dotata di attraversamento pedonale **semaforizzato**, gli spazi consentono di tornare alla configurazione con sede tramviaria inerbita e riservata a singolo binario, di larghezza 4,50m e protetta da **doppi cordoli** anche se con carreggiate laterali ridotte a 4m con singola corsia per senso di marcia.

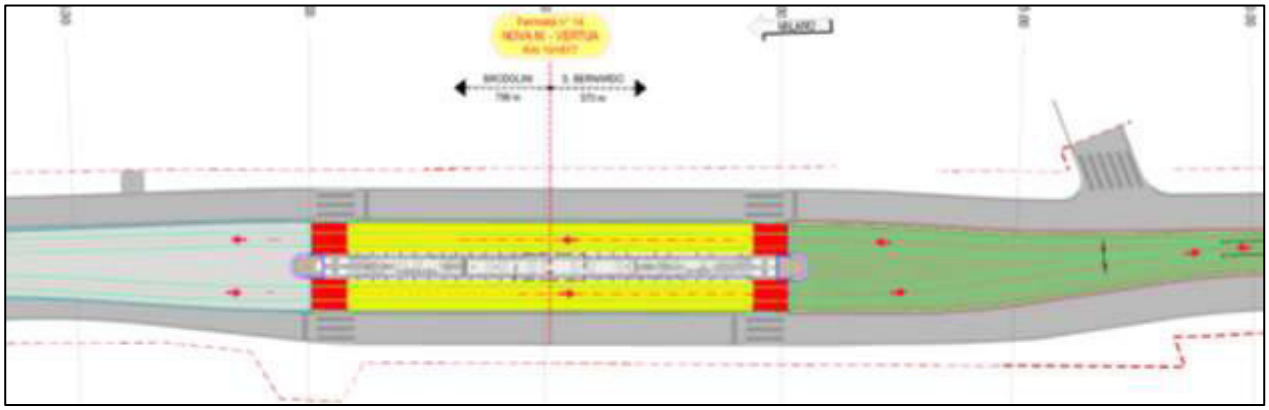


Fig. 40 – *Fermata Nova – Vertua e ritorno a singolo binario con sede tramviaria esclusiva.*

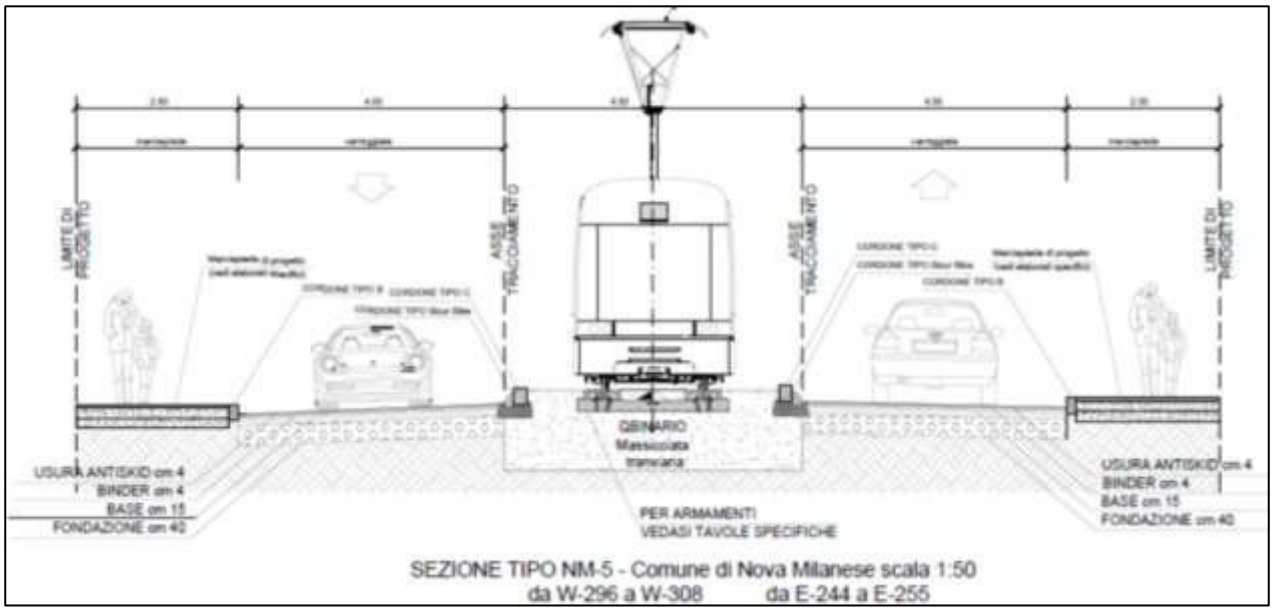


Fig. 41 – *Sezione di nuovo a binario unico a carreggiate laterali.*

La successiva intersezione, presso Piazza Libertà, costituisce il più importante snodo di traffico di Nova e viene ridefinita con una soluzione che prevede una rotatoria **semaforizzata** (a 6 fasi, di cui 4 pedonali a chiamata), che consente anche l'inversione di marcia ai flussi veicolari.

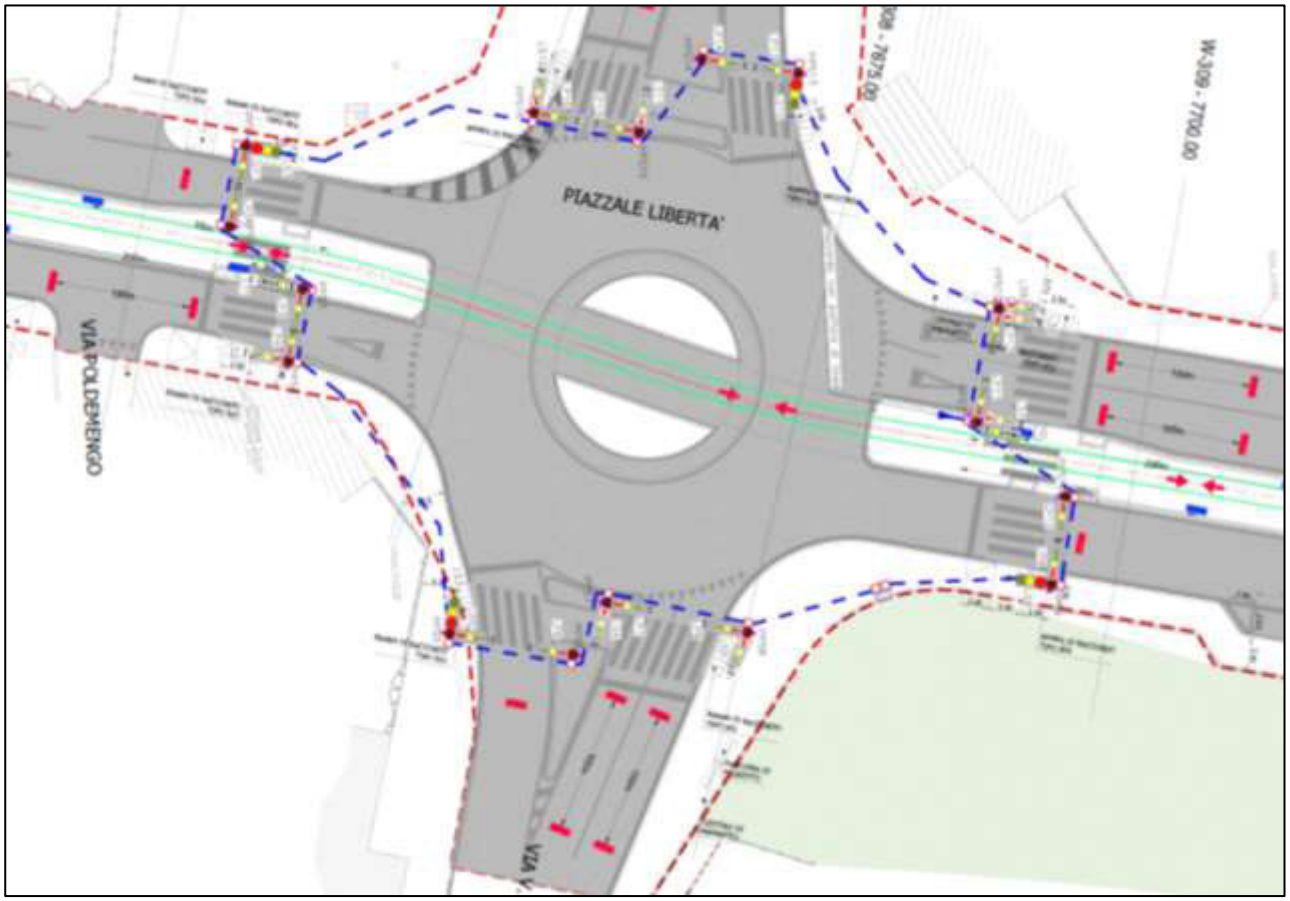


Fig. 42 – *Configurazione a rotatoria di Piazzale Libertà.*

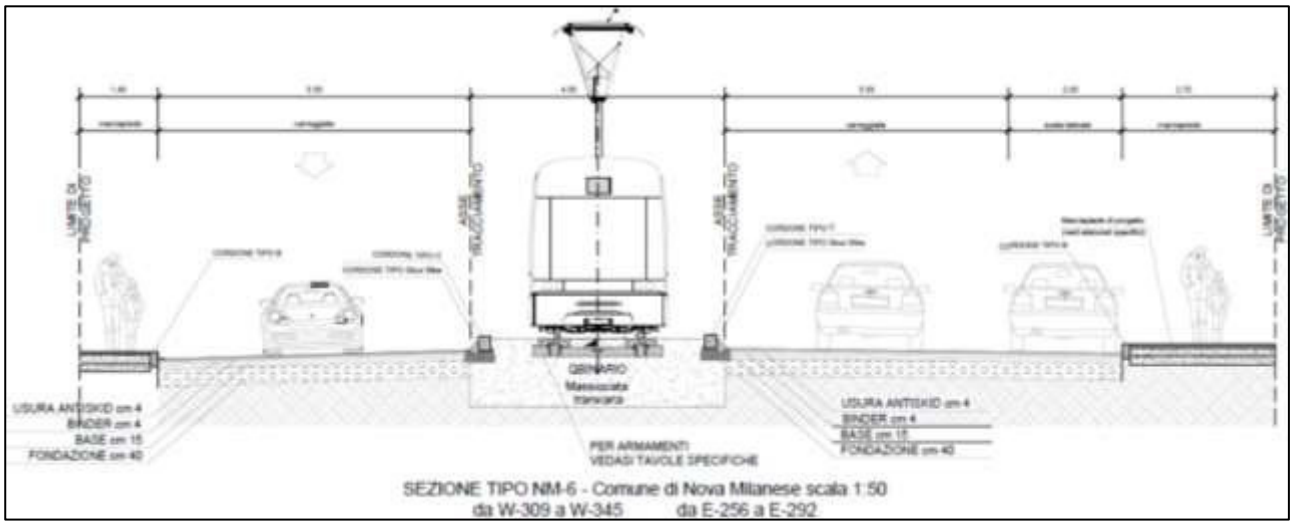


Fig. 43 – *Sezione dopo Piazzale Liberta*.

Superata Piazza della Libertà la ex SP "Valassina" assume il nome di Via Diaz, e la sezione stradale si allarga, consentendo pari sede tramviaria e carreggiate stradali da 5,50m, di cui quella Est con posti auto longitudinali. Su questa tratta, al fine di realizzare la **fermata n°15 Nova – San Bernardo** (a banchina centrale), con attraversamento pedonale **semaforizzato**, si ha un **raddoppio** di binario, e la carreggiata stradale si allarga e Est, riducendosi di sezione, a scapito di posti auto esistenti.

Nella tratta stradale successiva è localizzata la **SSE n°5 "San Bernardo"** (interrata).

In corrispondenza all'intersezione con Via Venezia-Via Molla, anch'essa ridefinita con soluzione a rotatoria **semaforizzata**, che consente l'inversione dei flussi veicolari, in questo caso individuando spazi per corsie di preselezione per svolte a sinistra, gli spazi consentono un nuovo **raddoppio** della sede tramviaria. Pertanto, su quest'ultima tratta di circa 300m fino al confine comunale, dove la ex SP "Valissana" assume il nome di Via Milano, la sede tramviaria, ancora inerbita, è a **doppio binario**.

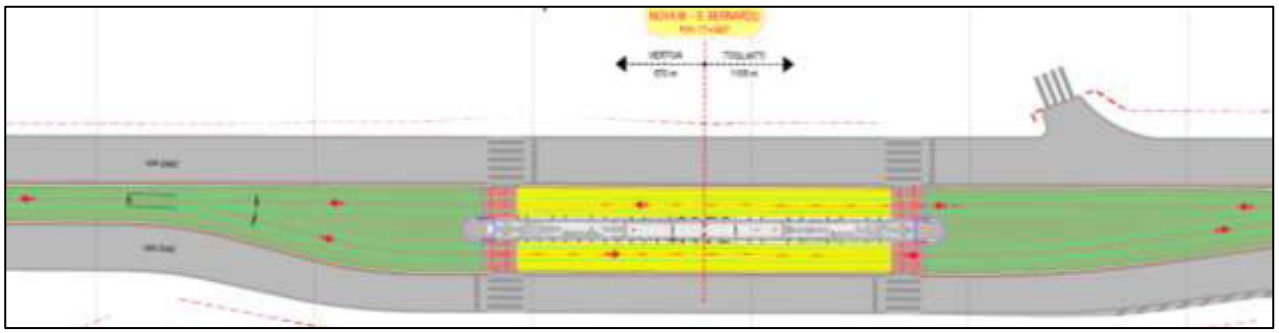


Fig. 44 – *Fermata Nova – San Bernardo*.

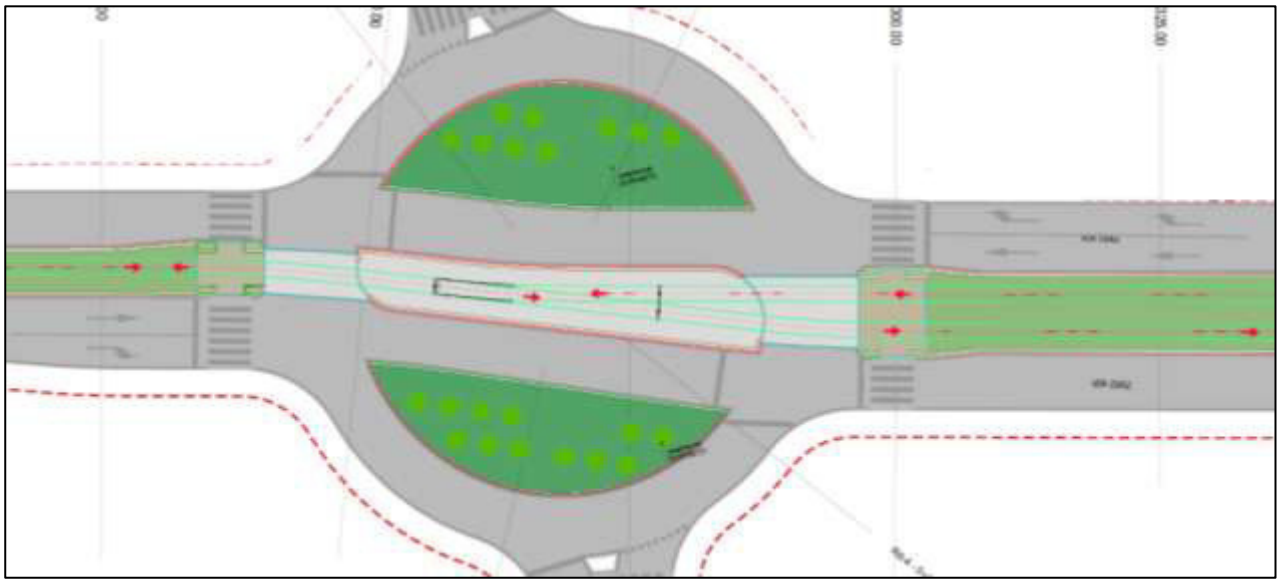


Fig. 45 – *Rotatoria con Via Venezia-Via Molla.*

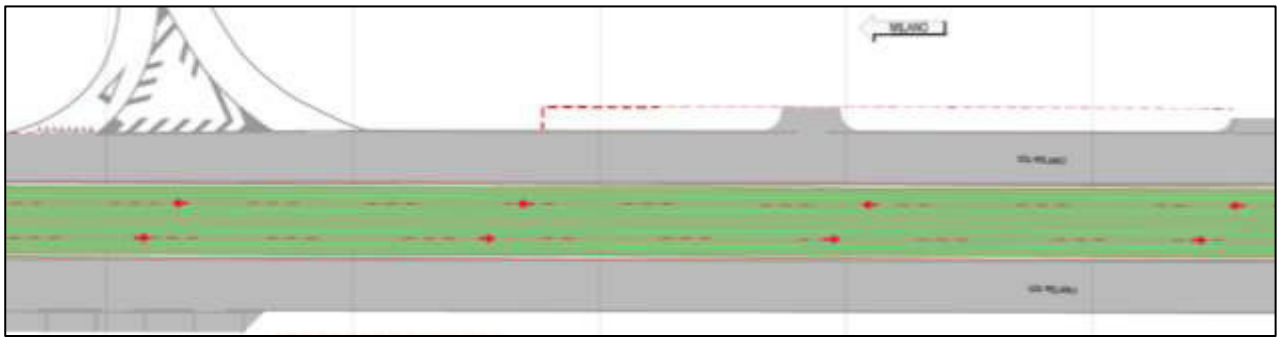


Fig. 46 – *Tratta a doppio binario di Via Milano.*

Comune di Desio

<u>Via Milano fino alla fermata Pietro da Desio (progr. 12-13,1 km)</u>

La sede tramviaria, tornata a singolo binario e di larghezza 4,50m, si mantiene inerbita ed a centro strada e protetta con **doppi cordoli** da carreggiate laterali di larghezza 4,50m, che per ampie porzioni consente a Est una fascia di posti auto longitudinali. Questa configurazione si mantiene per i primi circa 500m del Comune di Nova.

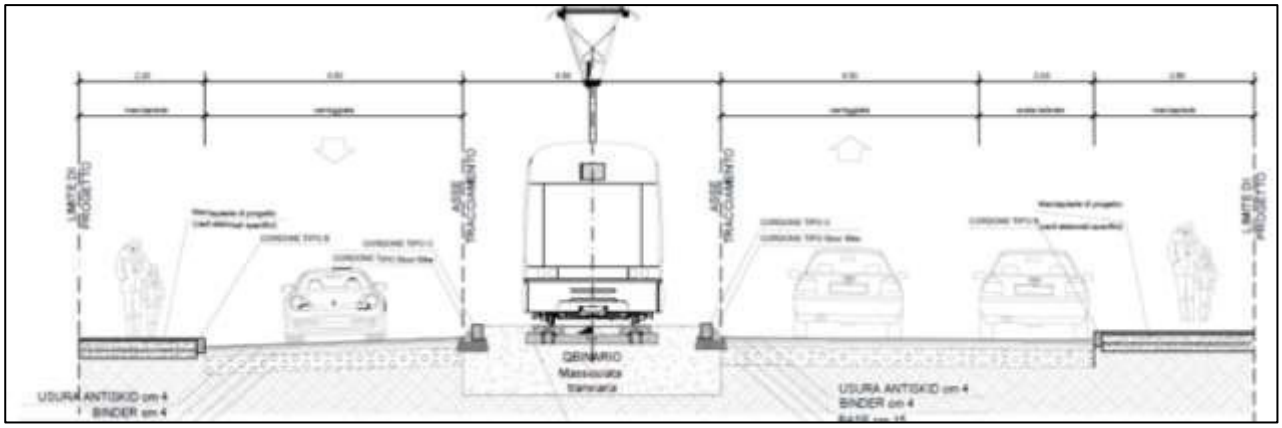


Fig. 47 – *Sezione stradale nella zona Sud di Desio.*

Le prime due intersezioni incontrate da Via Milano, con Via Ambrosoli (circonvallazione Sud di Desio), e con Via Caravaggio, già oggi semaforizzate, vengono riprogettate come rotatorie **semaforizzate** (a 3 e 4 fasi) di ampio diametro.

In corrispondenza alla seconda rotatoria, è presente un **raddoppio** di binari per realizzare la **fermata n°16 Desio-Togliatti** (a banchina centrale).

Fig. 48 – *Tratta finale del raddoppio di binario e rotatoria presso Via Ambrosoli.*

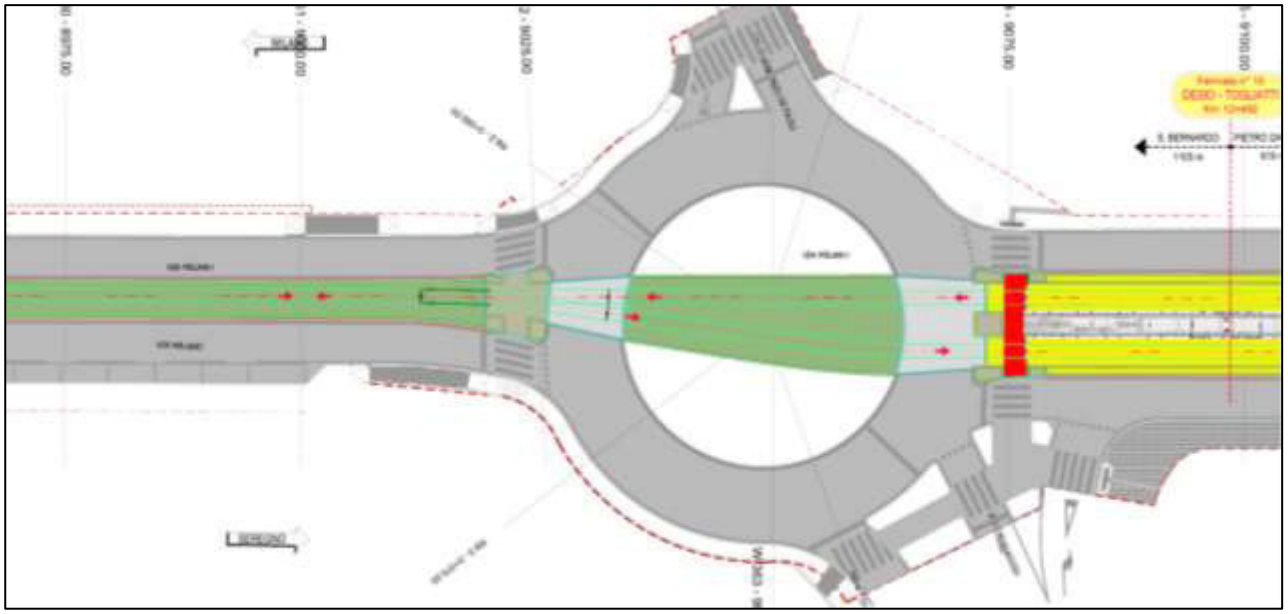


Fig. 49 – *Rotatoria presso Via Caravaggio e fermata Desio-Togliatti.*

Superate le due rotatorie, la tramvia prosegue indisturbata, fino a raggiungere l'intersezione con Via Garibaldi, cui si sfiocca la 3° **tratta tranviaria da dismettere** (cfr. Cap. B.2.6). Il tracciato di progetto, prevede infatti che la sede tramviaria prosegua a Ovest su Via Milano. La soluzione di circolazione individuata per l'intersezione "a Y" tra Via Milano e Via Garibaldi è quella di una rotatoria allungata soggetta a **doppia semaforizzazione** (entrambe a 3 fasi), che disciplina anche la viabilità pertinenziale di Via Paganini.

Fig. 50 – *Intersezione "a Y" tra Via Milano e Via Garibaldi.*

Il successivo asse stradale su Via Milano si sviluppa pertanto interamente su nuovo sedime; le sezioni stradali non sono costanti e il progetto è stato sviluppato in modo da utilizzare, tratta per tratta, i massimi spazi disponibili.

Una prima tratta di circa 200m presenta sede tramviaria inerbata da 4,50m, sempre a binario unico, protetta con **doppi cordoli** da carreggiate stradali laterali anch'esse da 4,50m.

Raggiunta l'intersezione con Via Sabotino (connessione con superstrada "dei Giovi") viene realizzata una rotatoria **semaforizzata** (6 fasi, di cui 4 pedonali); subito a seguire, a causa degli spazi esigui, la **fermata n°17 Desio-Pietro da Desio** viene realizzata a unica banchina sul lato Ovest, senza raddoppio di binari, e con ulteriore **semaforizzazione** per attraversamento pedonale.

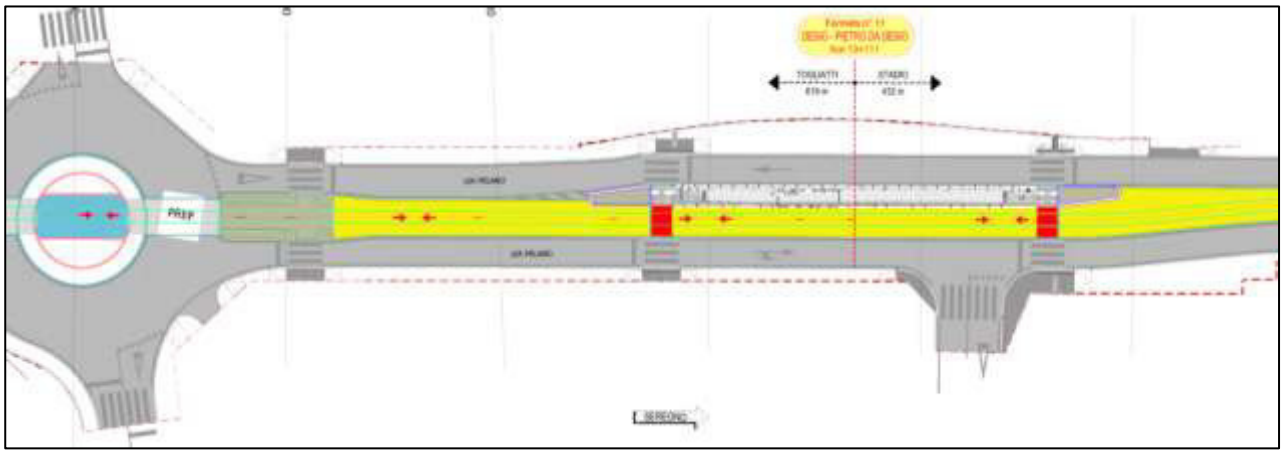


Fig. 51 – *Rotatoria con via Sabotino e fermata Desio Pietro da Desio.*

Via Milano fino alla fermata Ospedale (progr. 13,1-14,9 km)

Con la fermata Pietro da Desio inizia il tratto più stretto di Via Milano, dove la sezione della sede tramviaria si riduce a 4,00m, e quella delle carreggiate laterali a 3,50m, inoltre il sedime diventa con massetti autobloccanti che consente "carrabilità in condizioni d'emergenza".

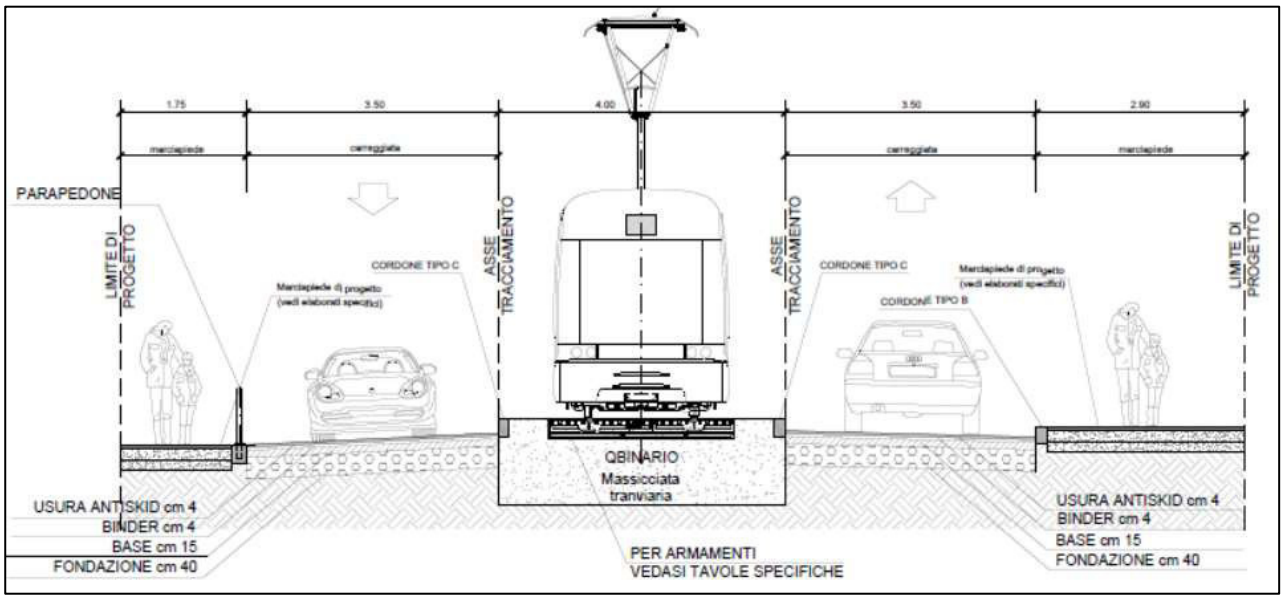


Fig. 52 – *Sezione dopo la fermata Pietro da Desio.*

Superata Via Filippo Turati, che presenta un attraversamento pedonale **semaforizzato**, la sede tramviaria torna inerbita e separata da **doppi cordoli**, e dopo l'intersezione "a T" con Via Agnesi, che non interessa la sede tramviaria, gli spazi a disposizione consentono un **raddoppio** di binari per realizzare la **fermata n°18 Desio-Stadio** (a banchine laterali), il mantenimento di 2 corsie di marcia in direzione Sud, e la ridefinizione della successiva intersezione con Via Stadio/Borghetto, come rotatoria **semaforizzata** (a 6 fasi di cui 4 pedonali), che prevede la demolizione dei sottopassi pedonali non più in uso.

A Sud-Est dell'intersezione è inoltre presente la **SSE n°6 Desio-Stadio** (interrata).

Fig.53 – *Fermata Desio-Stadio e vicina rotatoria.*

Superata la zona dello stadio, la tramvia procede per circa 1km con sede inerbita e larga 4,50m, e carreggiate laterali non sempre simmetriche e comprese tra i 4 e i 5,50m.

In questa tratta, gli attraversamenti di Via Milano con Via Matteotti e Via Diaz verranno trasformati in 2 rotatorie **semaforizzate** (a 6 fasi, di cui 4 pedonali a chiamata), che consentono l'inversione di marcia al traffico privato.

La tratta tra Via Stadio/Borghetto e Via Matteotti è oggetto di un PPI (Programma Integrato di Intervento)che integra il progetto della tramvia con progetti di competenza del Comune di Desio.

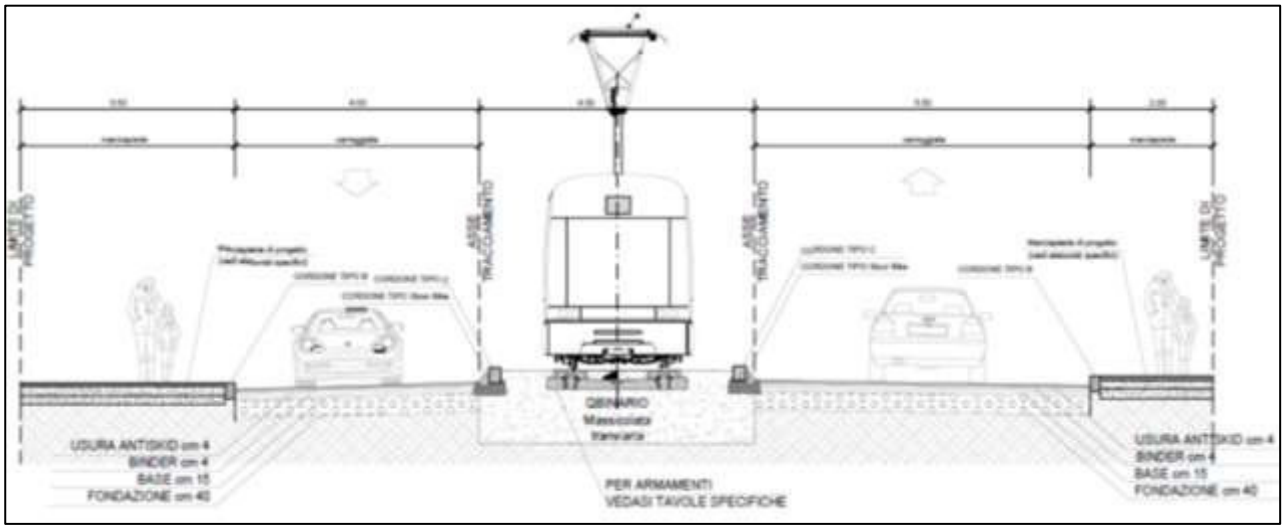


Fig. 54 – *Sezione dopo rotatoria con Via Stadio*.

A seguire, viene realizzata l'omonima **fermata n°19 Desio-Diaz**, con unica banchina su lato Est (diversamente da quella della fermata precedente), a causa dei ridotti spazi, mentre la successiva **fermata n°20 Desio – Gabellini** consente il raddoppio dei binari e banchine laterali.

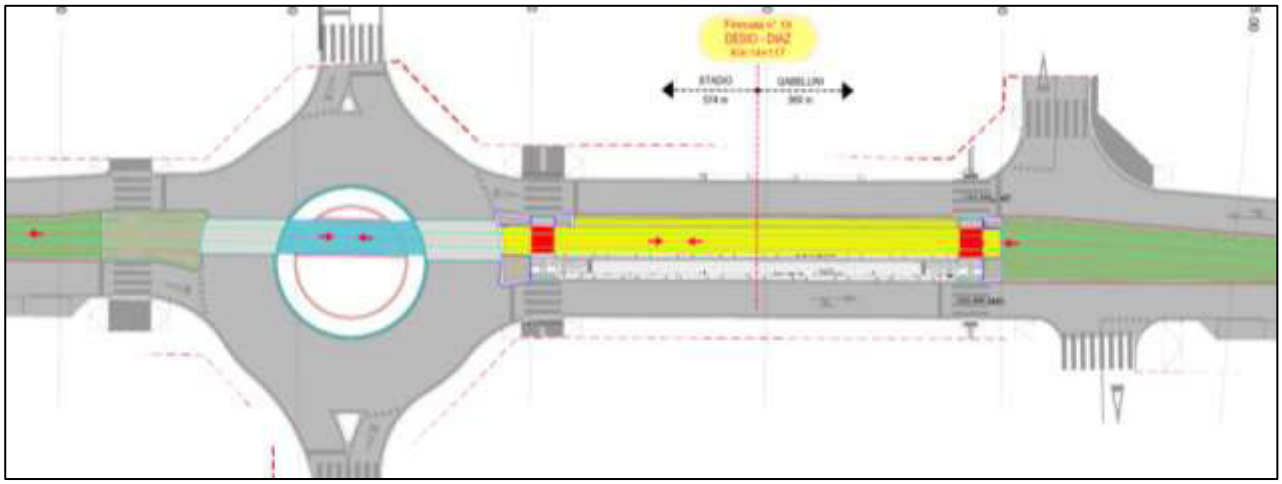


Fig. 55 – *Fermata Diaz e omonima rotatoria*.

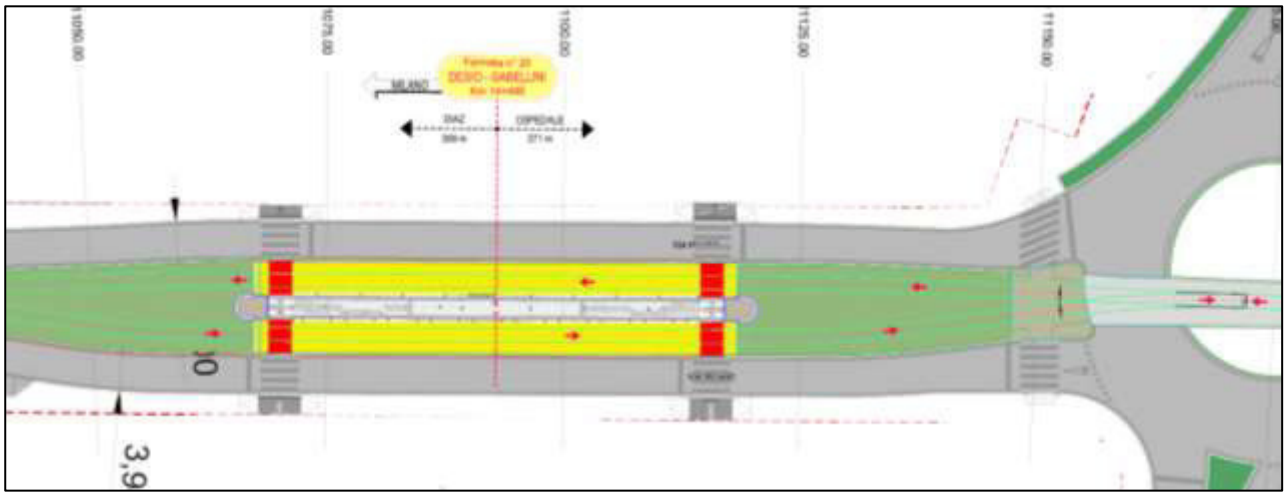


Fig. 56 – *Fermata Gabellini e omonima rotatoria*.

Tra le due fermate sono presenti 2 attraversamenti pedonali **semaforizzati**, mentre la rotatoria realizzata subito a Nord della fermata Gabellini è **semaforizzata** ed è seguita da una breve tratta (circa 100m) in cui la sede tramviaria è in affiancamento a Est della carreggiata in direzione Sud di Via Milano.

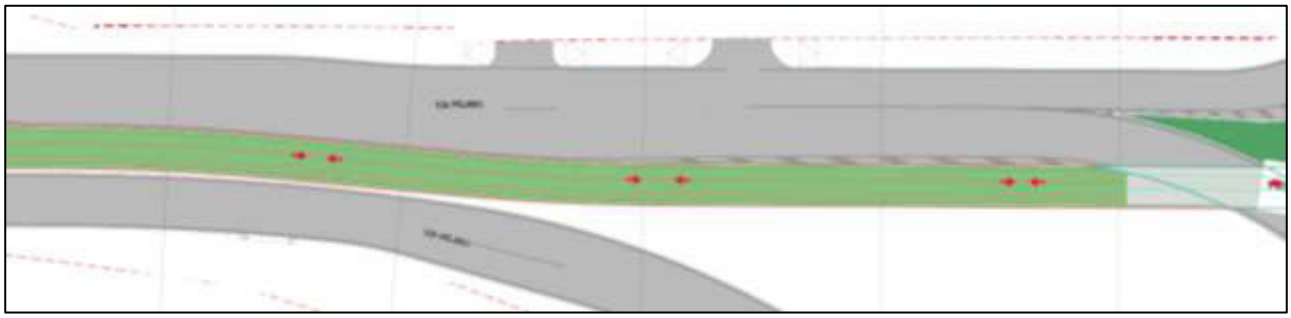


Fig. 57 – *Tratta in affiancamento a Est di Via Milano*.

Superata la successiva rotatoria **semaforizzata** di Via Goito, un **raddoppio** di binari consente di disporre la **fermata n°21 Desio-Ospedale** (a banchine laterali), con relativo attraversamento pedonale **semaforizzato**.

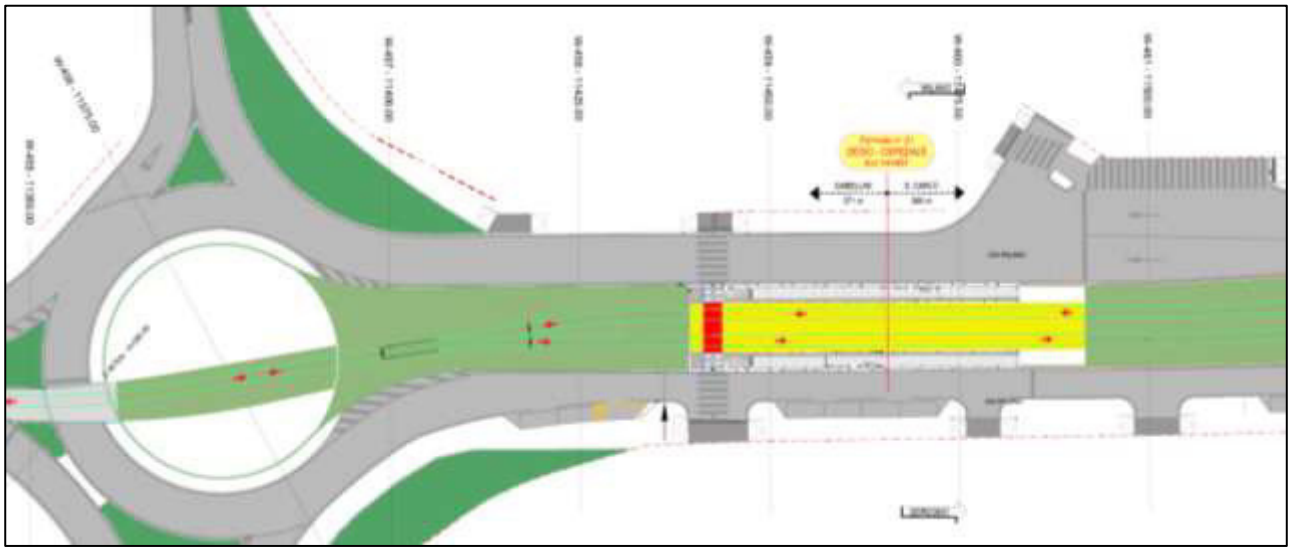


Fig. 58 – *Rotatoria per Via Goito e Fermata Stadio*.

Via Milano e Via Mazzini fino alla svolta su Via San Carlo (progr. 14,9-16,1 km)

In zona Stadio, la sezione stradale è ampia e consente il mantenimento del doppio binario per circa 300m, con sede tramviaria inerbita larga ben 14m, carreggiata Est a singola corsia, carreggiata Ovest a doppia corsia, affiancata da pista ciclabile e marciapiede di nuova realizzazione. In questa tratta è presente un attraversamento pedonale **non semaforizzato** in quanto la sede tramviaria risulta sufficientemente larga.

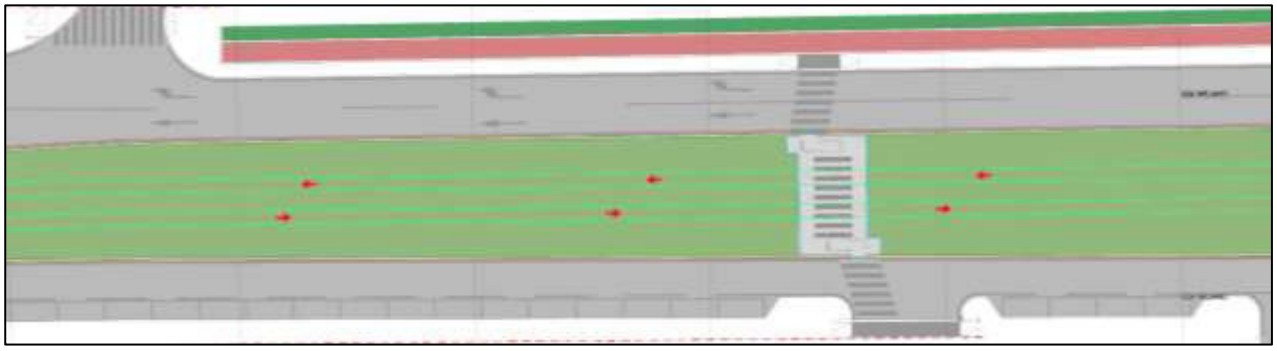


Fig. 59 – *Attraversamento pedonale non semaforizzato presso sede tramviaria di ampia larghezza*.

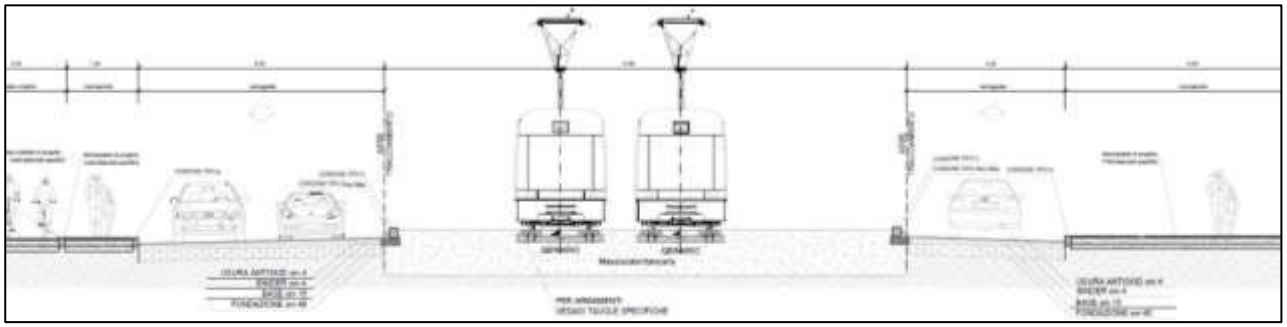


Fig. 60 – *Sezione stradale in zona Stadio*.

La sede tramviaria torna a singolo binario in corrispondenza alla intersezione con Via SS. Siro e Materno, gestita con una rotatoria **semaforizzata** (a 6 fasi, di cui 4 pedonali a chiamata), sulla quale si innesta a Ovest l'accesso al Pronto Soccorso dell'Ospedale di Desio.

Il nuovo assetto viabilistico dato alla zona di interfaccia di tra Via Milano e Via Mazzini è finalizzato alla salvaguardia delle alberature presenti nell'area.

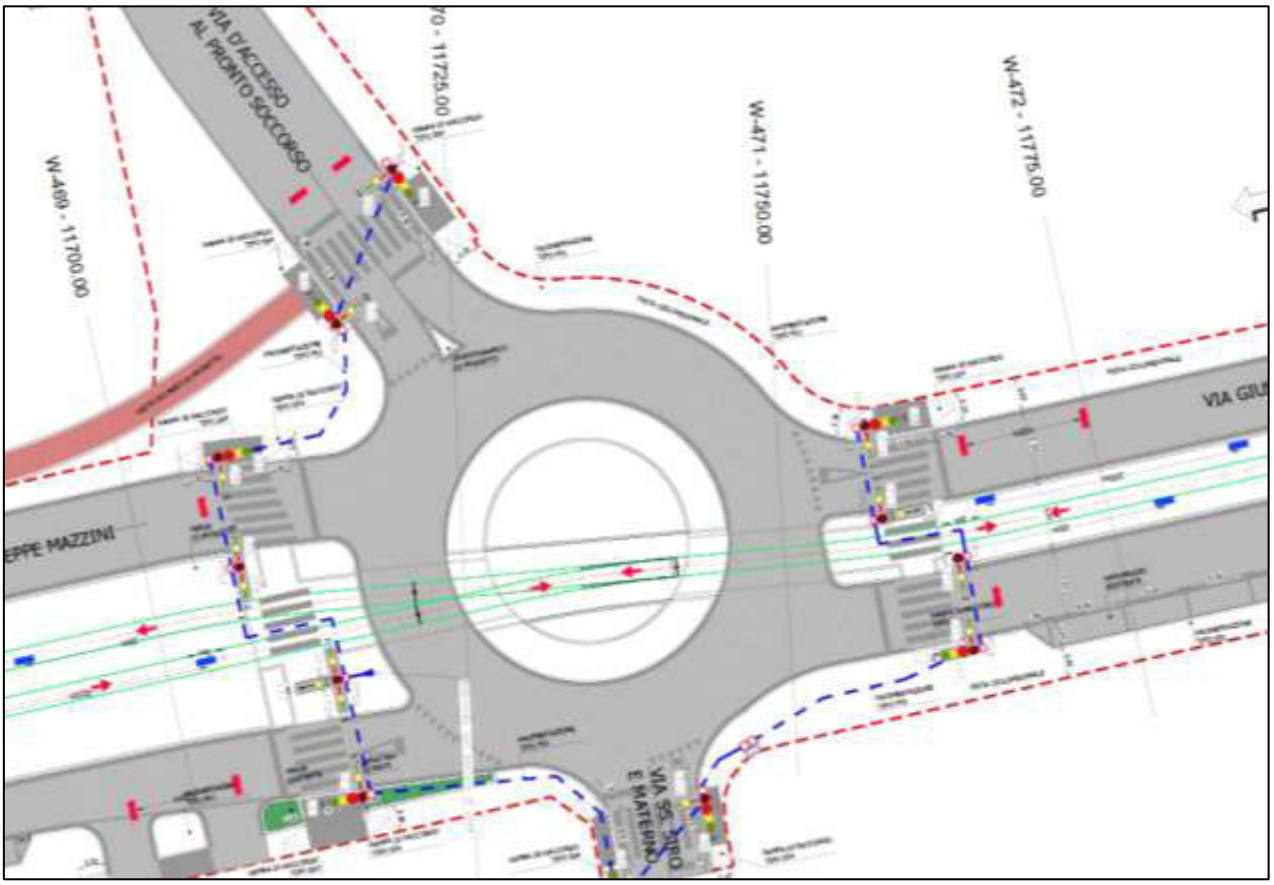


Fig. 61 – *Rotatoria presso l'Ospedale di Desio*.

Dopo la zona dell'Ospedale, la sede tramviaria, tornata a singolo binario, prosegue su Viale Mazzini con una sede larga 5,50, protetta con **doppi cordoli** da carreggiate stradali larghe 5,50m.

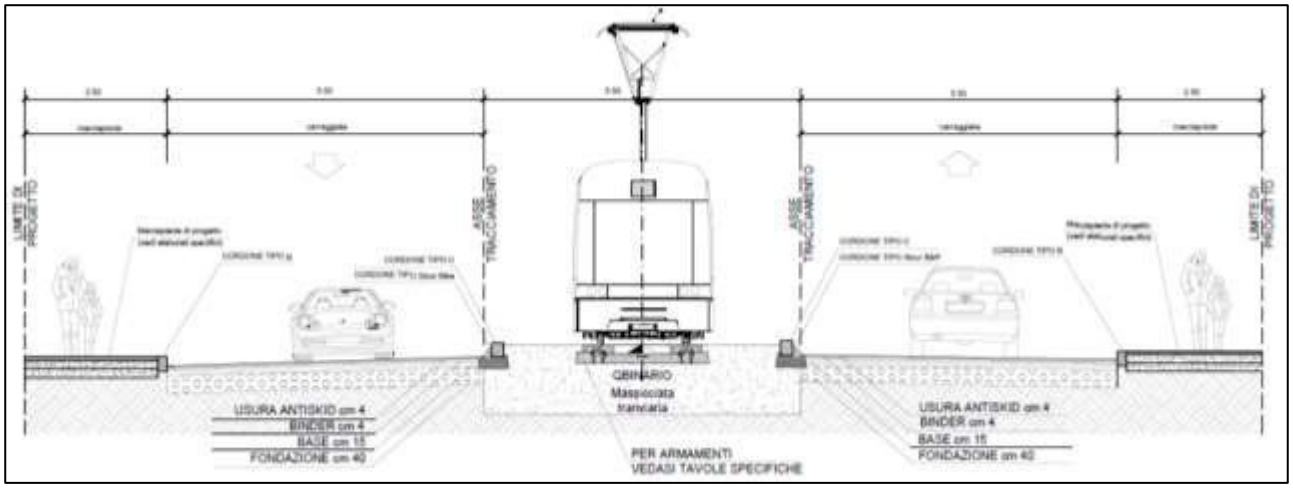


Fig. 62 – *Sezione dopo la rotatoria Ospedale*.

Superata l'intersezione con Via Varese/Bosco, **semaforizzata** limitatamente all'attraversamento pedonale, l'intersezione di Viale Mazzini con Via Carlo Alberto Dalla Chiesa viene trasformata in rotatoria **semaforizzata** (a 2 fasi), a seguito della quale le carreggiate laterali si riducono a 3,75m ciascuna.

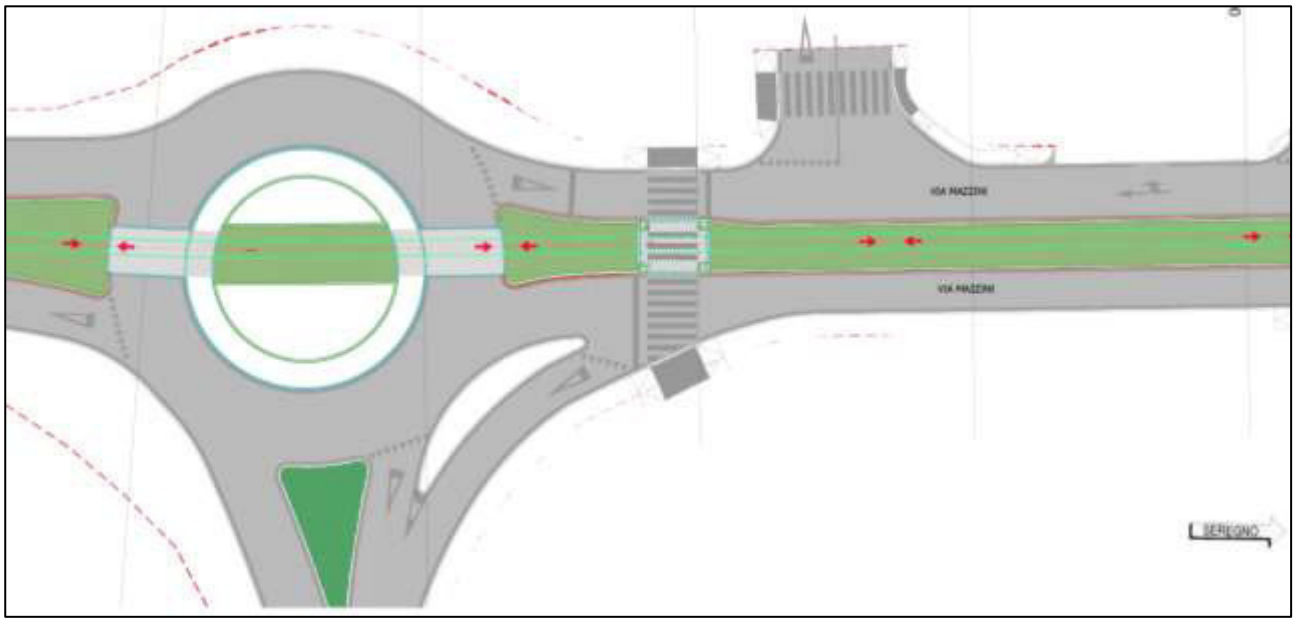


Fig. 63 – *Rotatoria con Via Carlo Alberto Dalla Chiesa e riduzione carreggiate su Viale Mazzini.*

In quest'area, l'attuale progetto della superstrada Pedemontana prevede che qui venga realizzata una grande rotatoria di svincolo della stessa superstrada, che in questo tratto si dovrebbe sviluppare in trincea o in galleria artificiale. Il Progettista rappresenta che linea di contatto e i pali sono stati previsti in modo da evitare interferenze col progetto di quest'opera, ancora da realizzare.

Prima della svolta a Est su Viale Europa, considerando che la larghezza di 12m non consente l'inserimento della tramvia in sede protetta, si ha un **raddoppio** di binario, che serve anche a realizzare la **fermata n°22 Desio-San Carlo** (a banchina centrale), con attraversamento pedonale **semaforizzato**.

Anche la svolta su Viale Europa è gestita con **semaforizzazione** (a 3 fasi) per la prosecuzione di Viale Mazzini

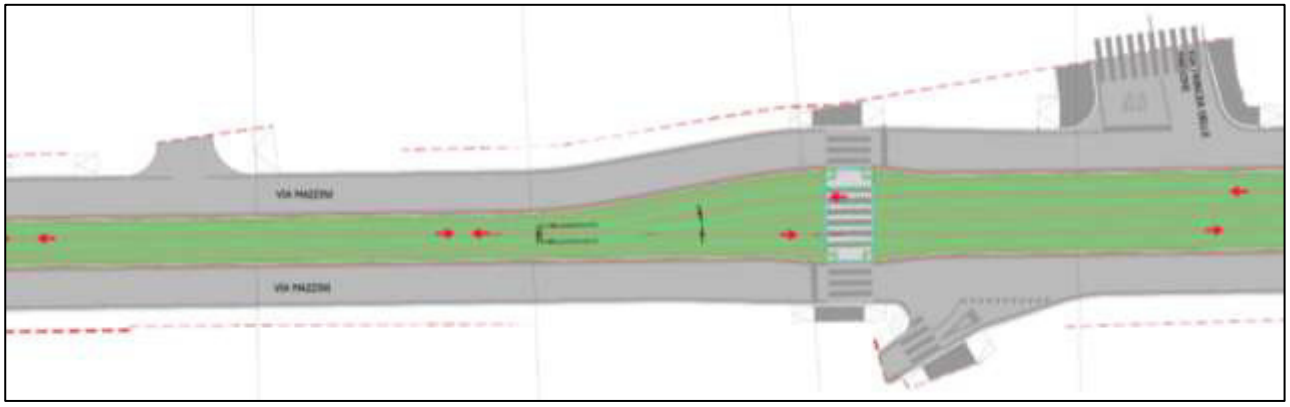


Fig. 64 – *Raddoppio dei binari prima della svolta su Viale Europa.*

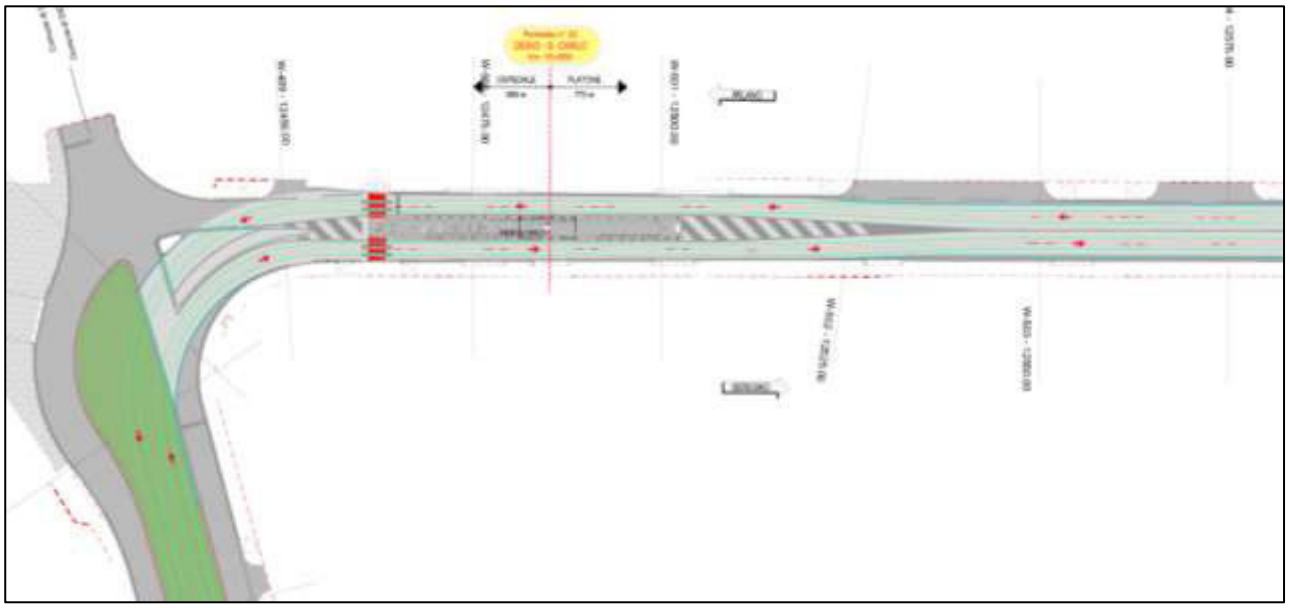


Fig. 65 – *Svolta su Viale Europa e fermata San Carlo*.

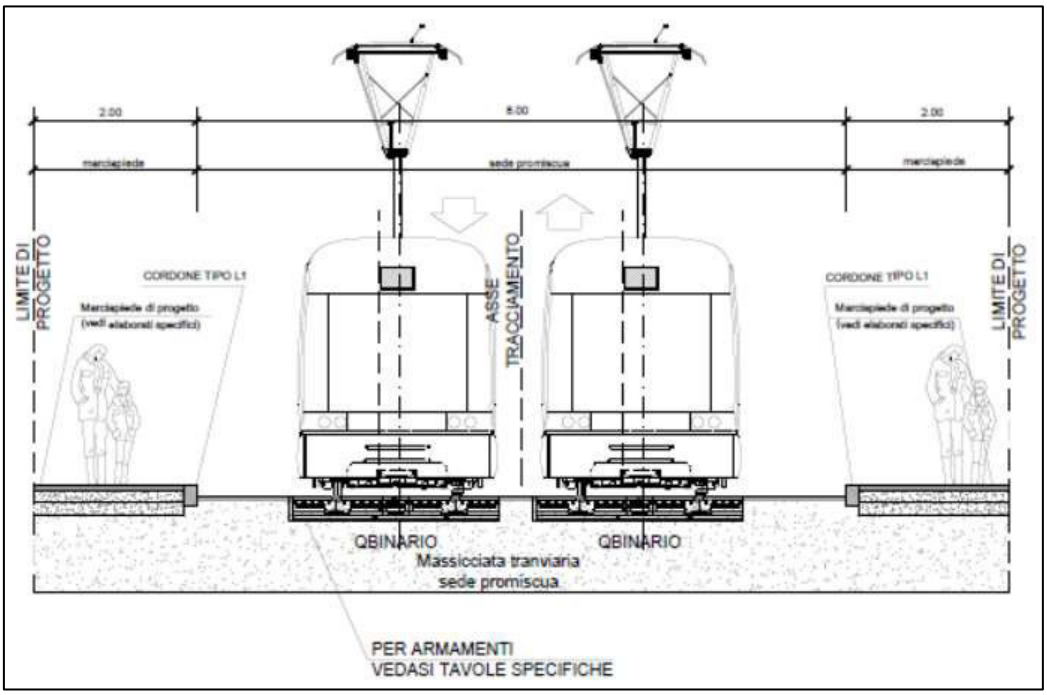


Fig. 66 – *Sezione su Viale Europa*.

Al termine della tratta in promiscuo su Viale Europa, lunga circa 300m, è posta l'ampia area sulla quale sarà sviluppato il **Deposito di Desio-Seregno** (cfr. Cap. B.3), a servizio della tramvia, al confine con il Comune di Seregno. La zona antistante l'accesso al deposito è gestita con impianto **semaforico** (a 4 fasi).

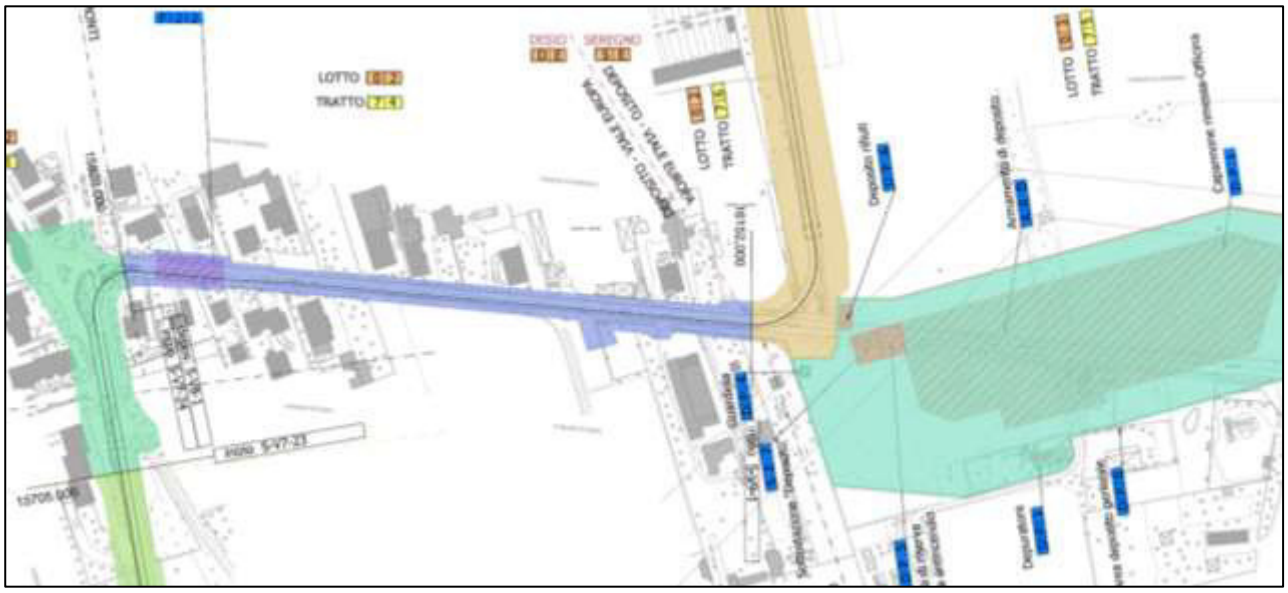


Fig. 67 – *"Ansa" di Viale Europa, e localizzazione del Deposito al confine tra Desio e Seregno.*

Comune di Seregno (progr. 16,1-17,7 km)

Entrati nel Comune di Seregno, la tramvia prosegue affiancata a un **tratto di nuova viabilità** (che collega Viale Europa con Via Platone, più a Nord), tornando in sede protetta, inerbita e larga 7,50m, affiancata a Est da una carreggiata stradale larga 5,50m, a 2 corsie.

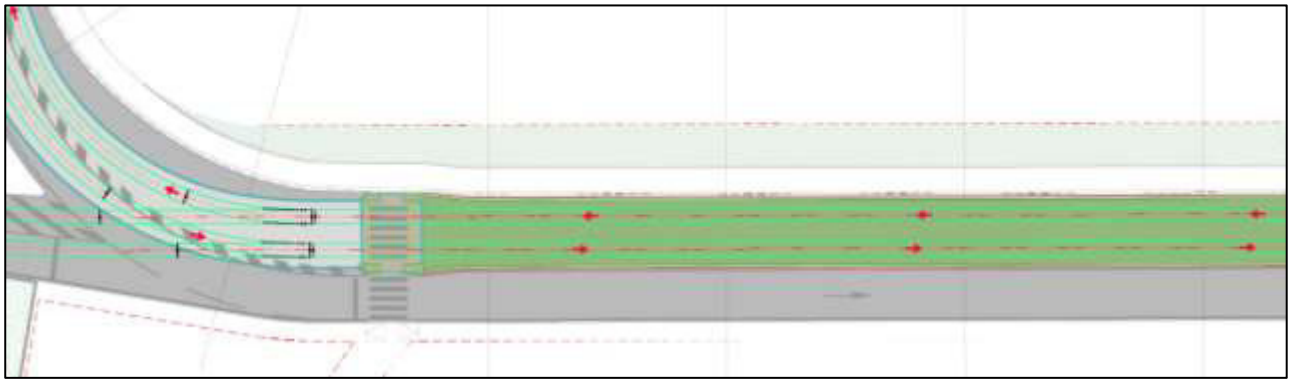


Fig. 68 – *Tratto di nuova viabilità a Nord del Deposito.*

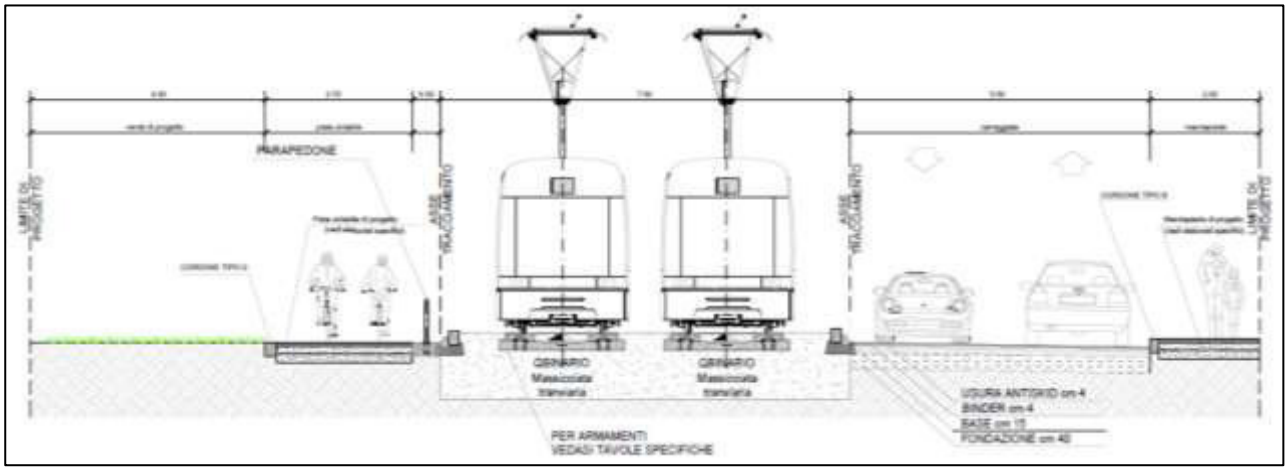


Fig. 69 – *Tratta a sede protetta presso Seregno.*

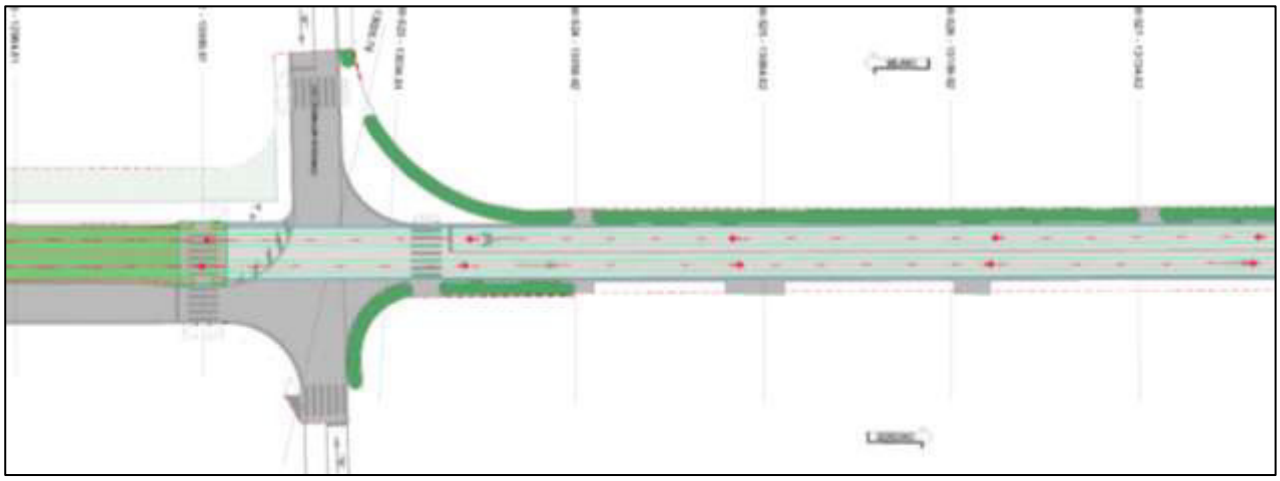


Fig. 70 – *Intersezione con Viale Cardinale Borromeo.*

Superata l'intersezione con Via Cardinale Borromeo, **semaforizzata** (a 3 fasi), la tramvia si immette sulla carreggiata esistente di Via Platone, larga 7,50m, tornando in sede promiscua, per circa 250m. Su questa tratta è presente la **fermata n°23 Seregno-Platone** (a banchine laterali), con **semaforizzazione** pedonale. Tale scelta preserva alberature, parcheggi e spazi ciclo-pedonali.

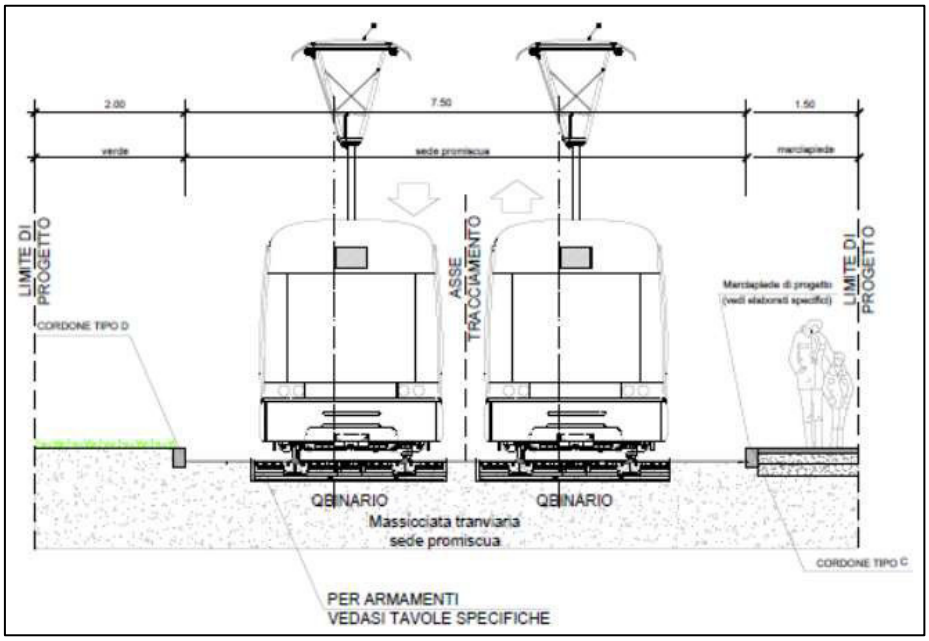


Fig. 71 – *Sezione promiscua su Via Platone.*

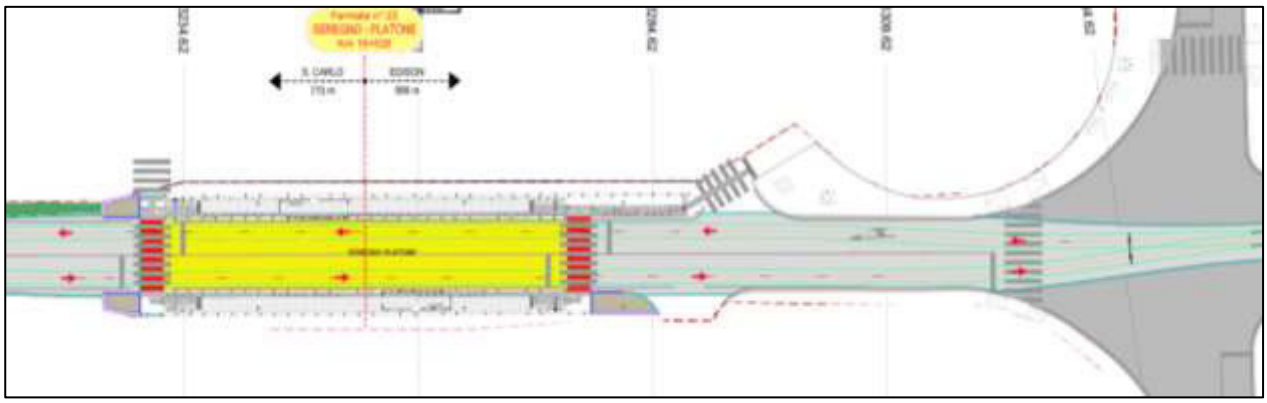


Fig. 72 – *Fermata Platone e intersezione con Via Pacini.*

Dopo la fermata Platone, l'intersezione con Via Pacini viene gestita con **semaforizzazione** (a 3 fasi), la sede tramviaria torna a **binario unico**, riservata e inerbita, con larghezza 4,50m, e carreggiate laterali da 4,00m, con soste longitudinali a Est, e attraversa Via Erodoto con **semaforizzazione** (a 3 fasi).

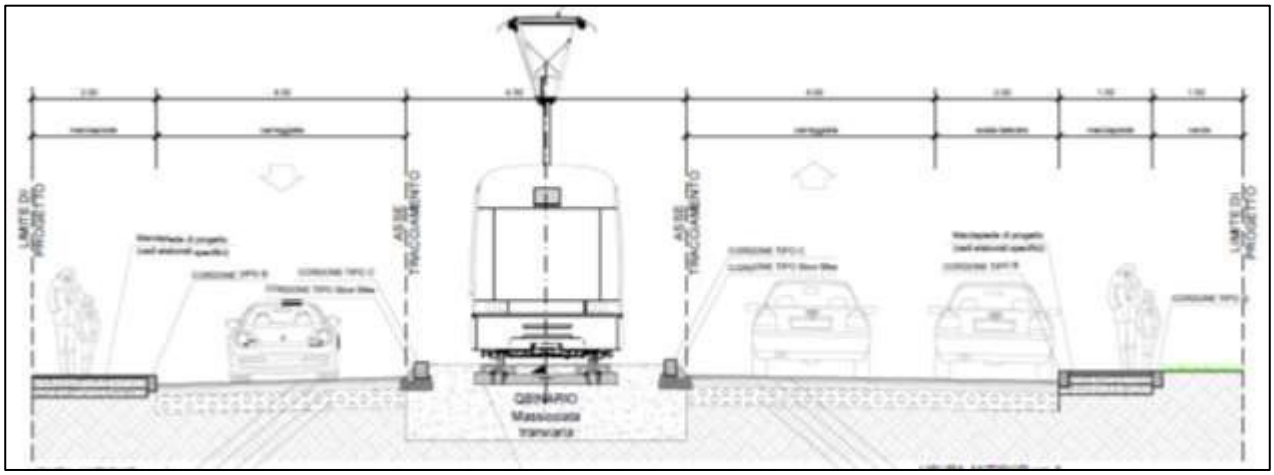


Fig. 73 – *Sezione nella zona a binario unico di Seregno.*

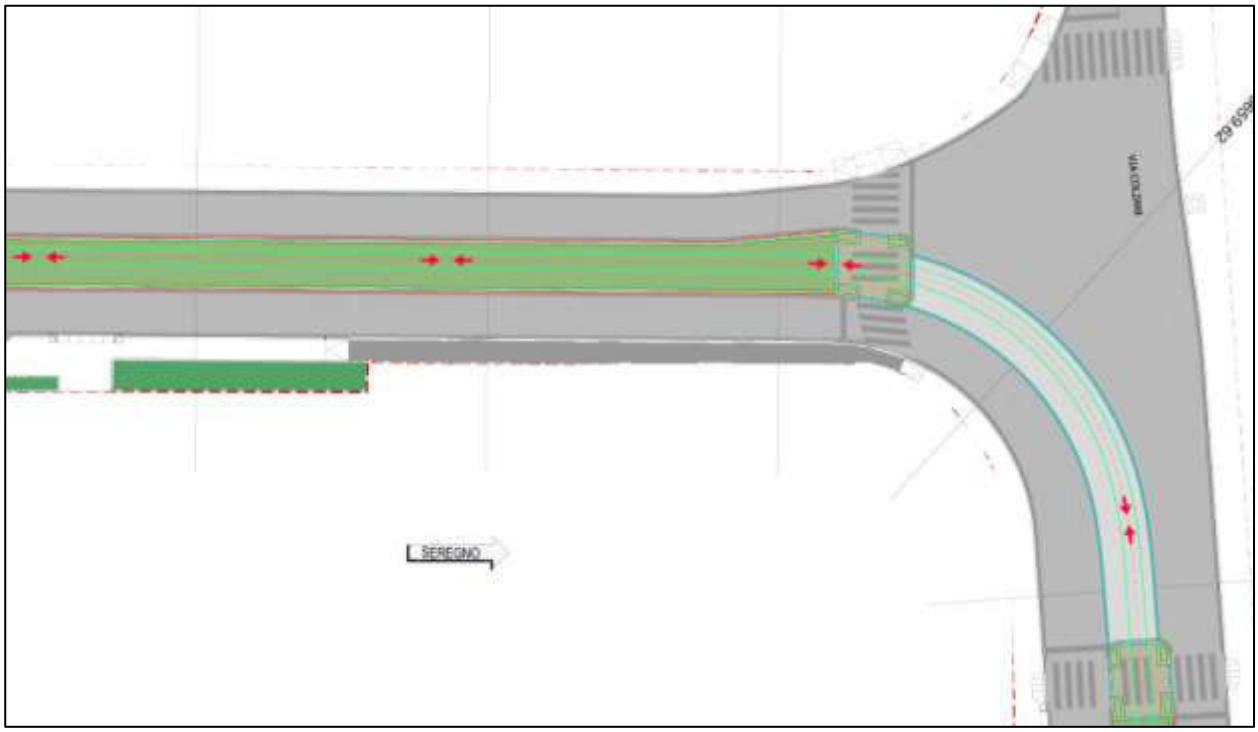


Fig. 74 – *Svolta su Via Colzani.*

In seguito il tracciato svolta a Est su Via Colzani, gestito da una **semaforizzazione** (a 3 fasi), dove è collocata la **fermata n°24 Seregno-Edison** (a banchine laterali).

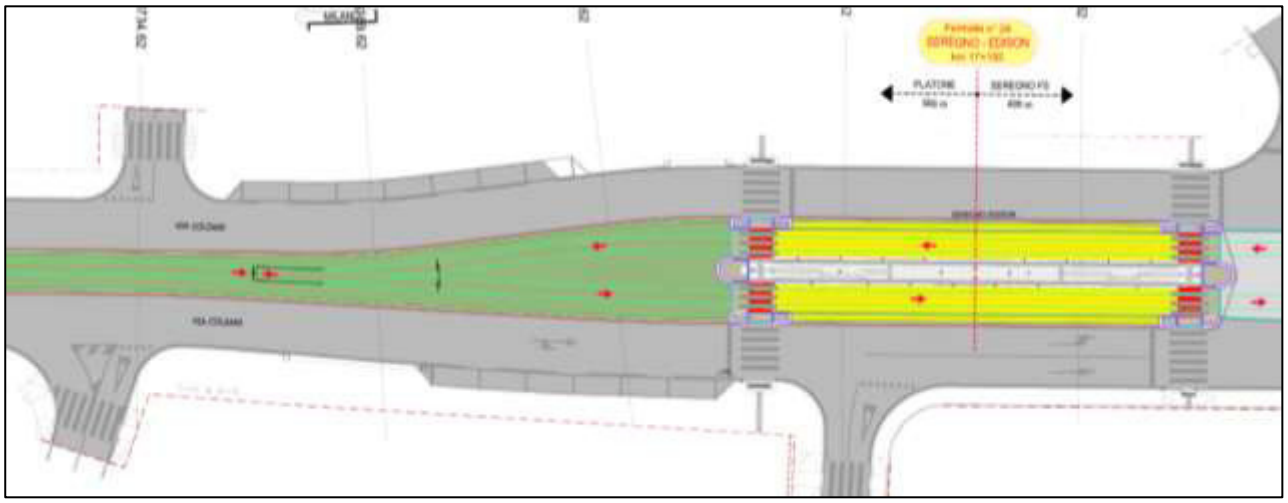


Fig. 75 – *Fermata Edison lungo Via Colzani.*

La successiva intersezione con Via Edison è gestita da adeguate **semaforizzazioni**, così come la successiva svolta su Via Milano e l'ingresso verso la **fermata n°25 Seregno FS**, che costituisce il **capolinea terminale** della tramvia.

Presso l'intersezione Via Colzani-Via Milano è collocata la **SSE n° 8** e relativo piazzale di pertinenza e manovra, con recinzione da 2,50m.

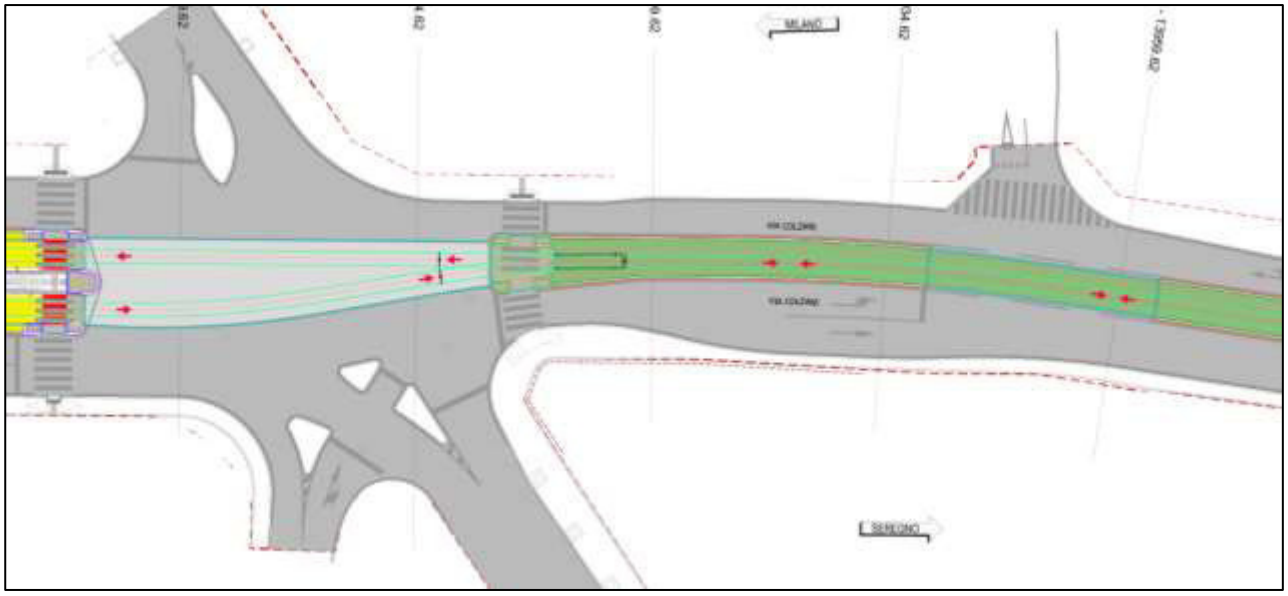


Fig. 76 – *Intersezione con Via Edison.*

Fig. 77 – *Svolta verso l'attestamento su Via Milano*.

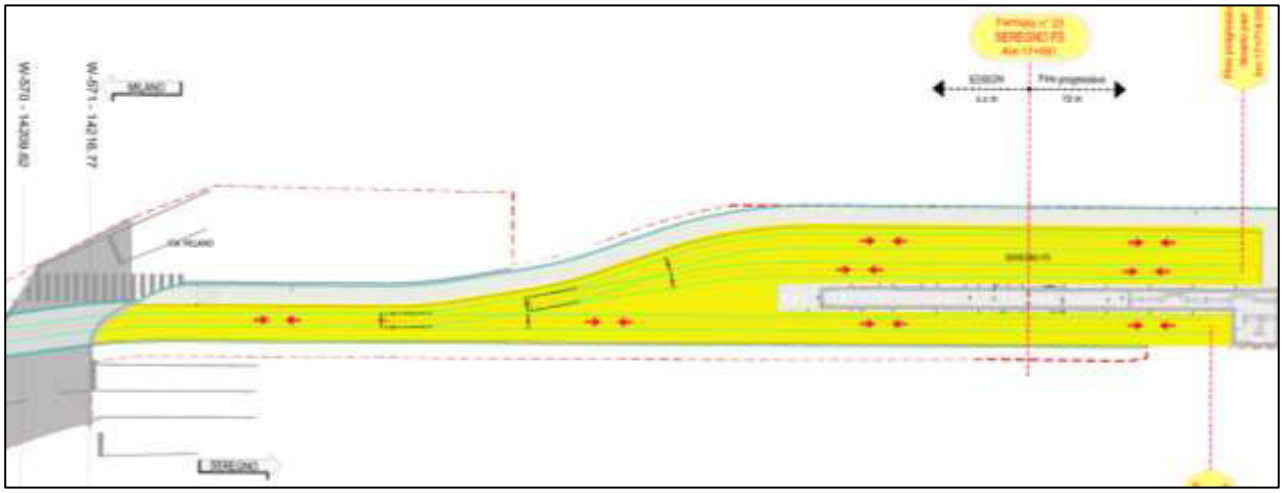


Fig. 78 – *Capolinea terminale Seregno FS*.

B.2.2 – SEDE STRADALE E GESTIONE DELLE INTERSEZIONI

Criteri di progettazione stradale

Le scelte progettuali per la localizzazione del tracciato non hanno modificato sostanzialemnte quanto già definito in sede di progettazione definitiva e hanno tenuto conto, per quanto possibile, delle espressioni avanzate dagli Enti Locali interessati dal tracciato dell'infrastruttura nel corso della Conferenza dei Servizi del 2019, per migliorare alcuni inserimenti lungo il tracciato.

In conseguenza a quanto sopra non è stata individuata una sezione tipologica costante lungo il tracciato, e l'ampiezza sia del sedime tramviario che degli assi viari affiancati è variabile. A livello generale, la 1° tratta del tracciato (a Sud di Paderno Dugnano) è caratterizzata da spazi maggiori, potendo giovare della dismissione (per una parte) e tombinatura (per un'altra parte) del Canale Derivatore di Nova; nella 2° tratta (a Nord) gli spazi ridotti hanno indotto la necessità di prevedere il singolo binario e, per alcuni tratti, una circolazione promiscua del tram con il traffico stradale.

L'intervento prevede, sia l'adeguamento di strade esistenti che nuova viabilità. Le arterie stradali lungo le quali si sviluppa il tracciato sono: Via Ornato, Via Vittorio Veneto, Via Sormani, Via Erba, Via G. Garibaldi, Via Milano, Via Mazzini, Viale Europa, Via Platone, Via L. Colzani. Da Via Ornato e Via Milano, trattasi dell'asse viario corrispondente alla ex SP9 (cd. "Valassina"). Su alcune sub-tratte il tracciato viario è affiancato da piste ciclo-pedonali, la cui realizzazione è prevista nell'ambito dell'appalto o, in alcuni casi, demandata ad accordi con i Comuni attraversati.

Il tracciato ha un andamento pianeggiante, con una pendenza longitudinale media dello 0,3% (con picchi dell'ordine del 1%), ed una pendenza trasversale solitamente inferiore al 3,5% (2,5% nei tratti di nuova realizzazione, 5,5% puntualmente su tratte esistenti).

Norme di riferimento e sicurezza stradale

Per quanto riguarda la progettazione stradale, il Piano di Progettazione fa riferimento alle seguenti norme:

- tracciato stradale: DM 05.11.2001 "Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade";
- incroci e rotatorie: DM 19.04.2006 "Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Intersezioni Stradali";
- segnaletica: Nuovo Codice della Strada, Regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo Codice della Strada.

Il Progetto presenta un congruo numero di elaborati grafici, tra cui planimetrie di progetto, di tracciamento, con finiture e pavimentazioni, profili longitudinali e trasversali, sezioni tipologiche, segnaletica orizzontale e verticale.

La segnaletica verticale e orizzontale sarà interamente aggiornata, integrando o modificando quella presente, inoltre è prevista la totale rivisitazione della regolamentazione semaforica, con preferenziamento al transito del tram.

La larghezza minima delle corsie di marcia è ovunque rispettata; la sezione minima è raggiunta tra Viale Europa e Via Platone, con una carreggiata a due corsie di marcia larga 5,50m.

Per quanto concerne la sicurezza stradale, il Progetto include specifico elaborato previsto ai sensi dell'Art.4, il D.M. 22/04/2004, che tratta sinteticamente: caratteristiche planoaltimetriche, sezioni stradali, segnaletica, anche in riferimento alla sede tramviaria. Tale elaborato rileva in conclusione un miglioramento della sicurezza del sistema "rispetto all'infrastruttura attuale"

Intersezioni, accessi, attraversamenti, preferenziamento

La viabilità esistente presenta caratteristiche tipologiche di strade urbane caratterizzate da forte urbanizzazione. Sono presenti frequenti intersezioni anche di particolare importanza.

Tali intersezioni sono risolte con incroci semaforizzati e, prevalentemente presso il Comune di Desio, e comunque dove fossero a disposizione idonei spazi, con sistemi a rotatoria semaforizzati.

Il tracciato presenta, in totale n°68 impianti semaforici; in particolare i criteri seguiti per l'assoggettamento a tali impianti sono i seguenti:

- intersezioni a raso con interessamento della sede tramviaria – tutte semaforizzate;
- intersezioni a rotatoria – molte delle quali semaforizzate, soprattutto quando utili a consentire inversioni di marcia (possibilità ridotte dalla realizzazione della sede tramviaria);
- intersezioni pedonali semaforizzate → tutte semaforizzate, eccetto n°4 "a baionetta" ed una in presenza di ampia sede tramviaria su manto erboso.

Il progetto presenta uno studio delle fasi semaforiche per ciascuna delle n.68 intersezioni o rotatorie semaforizzate, assoggettate a un sistema di preferenziamento del passaggio del tram.

Alcune delle intersezioni semaforizzate a rotatoria (es. presso Desio) presentano impianti semaforici esclusivamente attivate dal passaggio del tram, che risultano altrimenti spenti.

Configurazioni tipiche di carreggiata

Il tracciato si sviluppa per 14,35 km, attraverso la cui lunghezza si incontrano 3 assetti viari:

- per circa l'80% dello sviluppo – 2 carreggiate stradali a senso unico di marcia, separate da una sede tramviaria centrale (larghezza 3,5-7m):
- per circa il 10% dello sviluppo – 1 carreggiata stradale a doppio senso di marcia (larghezza 7-11m), affiancata da una sede tramviaria laterale;
- per circa il 10% dello sviluppo – 1 carreggiata stradale a doppio senso di marcia, in promiscuo con la sede tramviaria (larghezza minima 7m).

Si riportano di seguito, a titolo di esempio, due sezioni in configurazione esistente e di progetto:

- Via Roma nel comune di Nova Milanese al Km 8+925 circa.

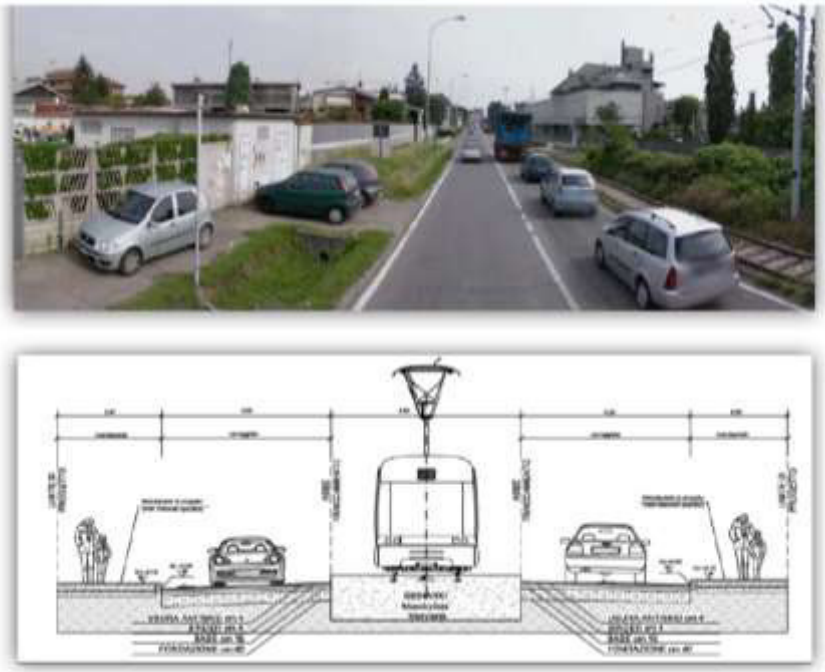


Fig. 79 – *Tratto presso Via Roma (Comune di Nova Milanese), progr. 8+925.*

- Via Erba nel comune di Paderno-Dugnano al Km 5+500 circa.

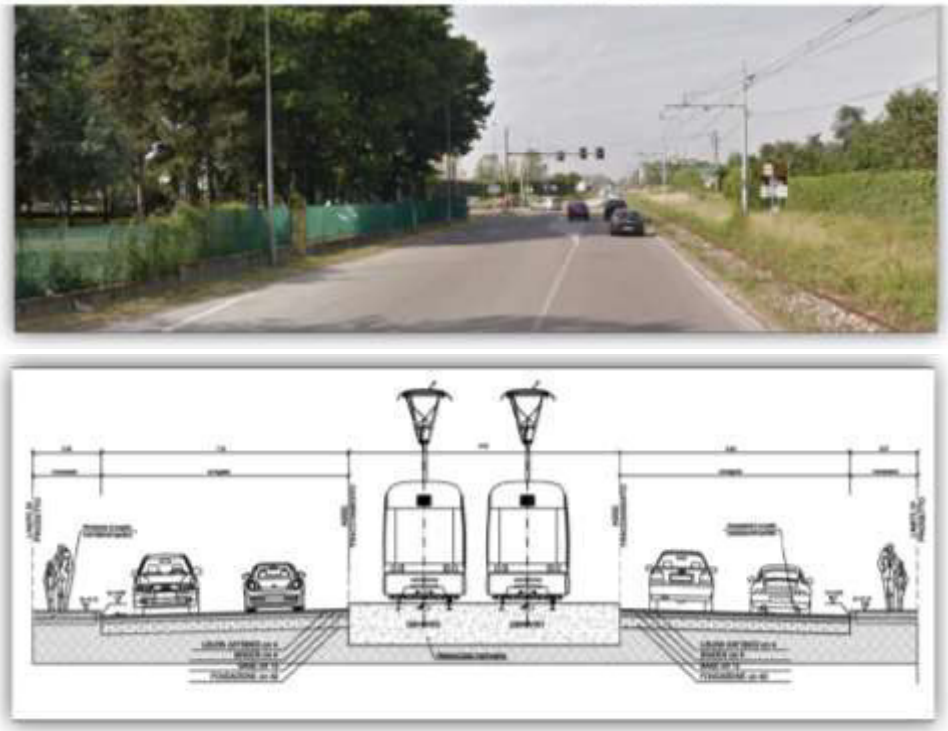


Fig. 80 – *Tratto presso Via Erba (Comune di Paderno Dugnano), progr. 5+500.*

Ove possibile, per non penalizzare eccessivamente i posti auto a disposizione localmente, sono state individuate fasce di parcheggio longitudinali, mai affiancate alla sede tramviaria.

Pavimentazioni

Il pacchetto stradale di progetto (sia per strade esistenti che nuova viabilità), prevede la seguente stratigrafia: 4cm di usura (conglomerato bituminoso anti-skid), 4cm di binder (conglomerato bituminoso tradizionale), 15cm di base in conglomerato bituminoso tradizionale, 40cm di fondazione in ghiaia e sabbia. Presso Paderno D., lo strato di usura sarà fonoassorbente.

Fig. 81 – *Strati della pavimentazione di progetto.*

Ove la quota di progetto di trova sotto la quota della strada esistente, dopo la demolizione dello strato di usura si procederà a ricarica o nuova stesura degli strati di usura e binder, oppure (per differenze di quota maggiori) al rifacimento dell'intero pacchetto stradale.

Parapedonali e misure a protezione dell'occupazione indebita del sedime

Il Progetto riporta, nelle sezioni tipologiche, la rappresentazione di elementi di protezione della sede tramviaria (cordoli), di altezza convenzionale 8cm (ridotta su alcune tratte a 5 cm).

In corrispondenza alle tratte di sede riservata, sono utilizzati cd. "doppi cordoli" (marchio registrato "secur-bike"®), miglioria proposta in fase di gara, che consiste nel sostituire cordoli tradizionali in granito con cordoli a spigoli smussati a 45°, in accordo con le geometrie suggerite dall'associazione FEMA (Federation of European Motorcyclists Associations). Il Progettista rileva come tale soluzione, eliminando lo spigolo vivo superiore, attenua i rischi sia evitando la probabilità di "impuntamento" delle ruote dei moto/ciclisti, sia riducendo il danno da urto con lo spigolo vivo.

Presso Bresso, la tramvia è affiancata a Est da una "fascia di mercato"; per garantire la non permeabilità pedonale della sede tramviaria, in questa tratta sono previsti elementi parapedonali.

Ulteriori elementi parapedonali sono posti in corrispondenza dei n.4 attraversamenti cd. "a baionetta", presenti in tratte con sede tramviaria centrale, al fine di consentire la sosta del pedone tra l'attraversamento della sede tramviaria, e quella delle sedi stradali.

Fig.82 – *Geometria del cordone secur-bike® o "doppio cordolo".*

B.2.3 – SEDIME TRANVIARIO ED ARMAMENTO

La piattaforma tranviaria

Lungo il tracciato, il progetto fa uso diverse tipologie di sovrastruttura tramviaria, in modo da adattarsi alle diverse esigenze delle varie tratte attraversate dall'infrastruttura, non solo in relazione a classificazione di sede e tipo di circolazione prevista (promiscua o protetta), ma anche per aspetti connessi a emissione sonora, vibrazioni generate dal passaggio del tram, nonché fattori estetici e di valorizzazione urbanistica.

Una peculiarità del progetto è quella di prevedere una soluzione tecnologica proprietaria (sistema APPITRACK®, brevettato da ALSTOM), che sarà utilizzata al fine di ridurre i tempi di esecuzione e conseguentemente l'impatto dei cantieri, nella porzione di tracciato più urbanizzata, approssimativamente dalla progr. 3+400 alla 7+000 (Comuni di Milano, Bresso, Cusano Milanino).

Lungo la linea sono previste in tutto **n.4 configurazioni** per binari e platea:

1) binario su platea in c.a. – con rotaie "a gola" 60R1 (in rettifilo e curve di raggio ≥ 500 m) o 62R1 (nelle curve di raggio < 500m, nella comunicazione per servizio parziale e negli scambi) e attacchi tipo "Nabla";
2) binario su platea in c.a. a massa flottante – con rotaie "a gola" 60R1 (in rettifilo e curve di raggio ≥ 500 m) o 62R1 (nelle curve di raggio < 500 m, nella comunicazione per servizio parziale e negli scambi) e attacchi tipo "Nabla";
3) binario su ballast – con rotaie "Vignole" 60E1 (in rettifilo o curve di raggio > 500m) o "a gola" 62R1 (nelle curve di raggio < 500 m, nella comunicazione per servizio parziale e negli scambi), con traverse tipo RFI 230 Ve attacchi tipo "Vossloh W 14" o similari predisposto per inerbimento;
4) binario su platea in c.a. prefabbricata – con rotaie "a gola" 60R1 inglobate nel getto della platea con i relativi profili in gomma (Sistema ERS – "Embedded Rail System")

L'armamento su platea in c.a. (tipi 1 e 2) può prevedere la posa manuale o con sistema APPITRACK. Quando la distanza con gli edifici impone maggiore salvaguardia vibro-acustica, la platea poggia su particolari materassini antivibranti (cd. "a massa flottante", tipo 2).

Il Progettista rappresenta come la scelta di utilizzare rotaie "a gola" distinte per rettifili e curve è conforme a disposizione in tal senso di Capitolato Speciale d'Appalto, e dichiara che il materiale delle rotaie "Vignole" (acciaio 60E1) è conforme alle raccomandazioni di cui alla norma EN 13674. Al passaggio tra binari con profili diversi, sono previsti idonei dispositivi di transizione.

Le pavimentazioni previste sul sedime tramviario sono: conglomerato bituminoso, massetti autobloccanti, sede inerbita. Il Progetto riporta un congruo numero di planimetrie che chiarisce, oltre al tipo di binario installato, il tipo di pavimentazione.

Quanto ai tipi di sede, il Progettista fa riferimento a tratte in sede propria (protetta), promiscua riservata (con "carrabilità solo in caso di emergenza") e promiscua (con libera circolazione del traffico stradale), facendo riferimento alle classificazioni UNI 8379:2000.

Nella maggior parte dei casi le tratte in sede propria sono con pavimentazione inerbita, mentre le tratte "in sede promiscua riservata" o "promiscua libera" sono in conglomerato bituminoso o

massetti autobloccanti. Oltre che mediante la pavimentazione, la sede tramviaria è distinta dalla sede stradale mediante una delimitazione fisica (cordonature) in rilievo di diverso tipo:

- singolo cordolo, ed altezza ridotta (a 5 cm) in caso di "carrabilità" per emergenza;
- doppio cordolo, con cuneo tipo secur-bike® (a 8cm) in caso di sede propria (cfr. Cap.B.2.2).

L'armamento previsto all'interno del Deposito di Desio-Seregno è quello del tipo 1, con posa manuale e senza materassino antivibrante.

(1) BINARIO SU PLATEA IN C.A.

In caso di posa manuale (con gettata in opera), si ha una fondazione di 15 cm (conglomerato cementizio con Rck>20 N/mm²), ed una platea di 20 cm (conglomerato cementizio armato con Rck>35 N/mm²). Dopo aver posto in opera la soletta di fondazione, il binario è installato con il metodo Top-Down (dall'alto verso il basso). Le rotaie, sostenute da portali, vengono posizionate e regolate in altezza e scartamento, si applicano i sistemi di fissaggio e si procede con la gettata.

In caso di posa automatica (con sistema APPITRACK), si utilizza invece una fondazione di 20 cm (conglomerato cementizio armato con Rck>30N/mm²), ed una platea di 20 cm (conglomerato cementizio con Rck> 45 N/mm²).

In entrambi i casi, in rettilineo le rotaie sono del tipo a gola 60R1 e il passo fra gli appoggi è di 75 cm; in curva le rotaie sono del tipo a gola 62R1 e il passo fra gli appoggi è di 0,66 cm.

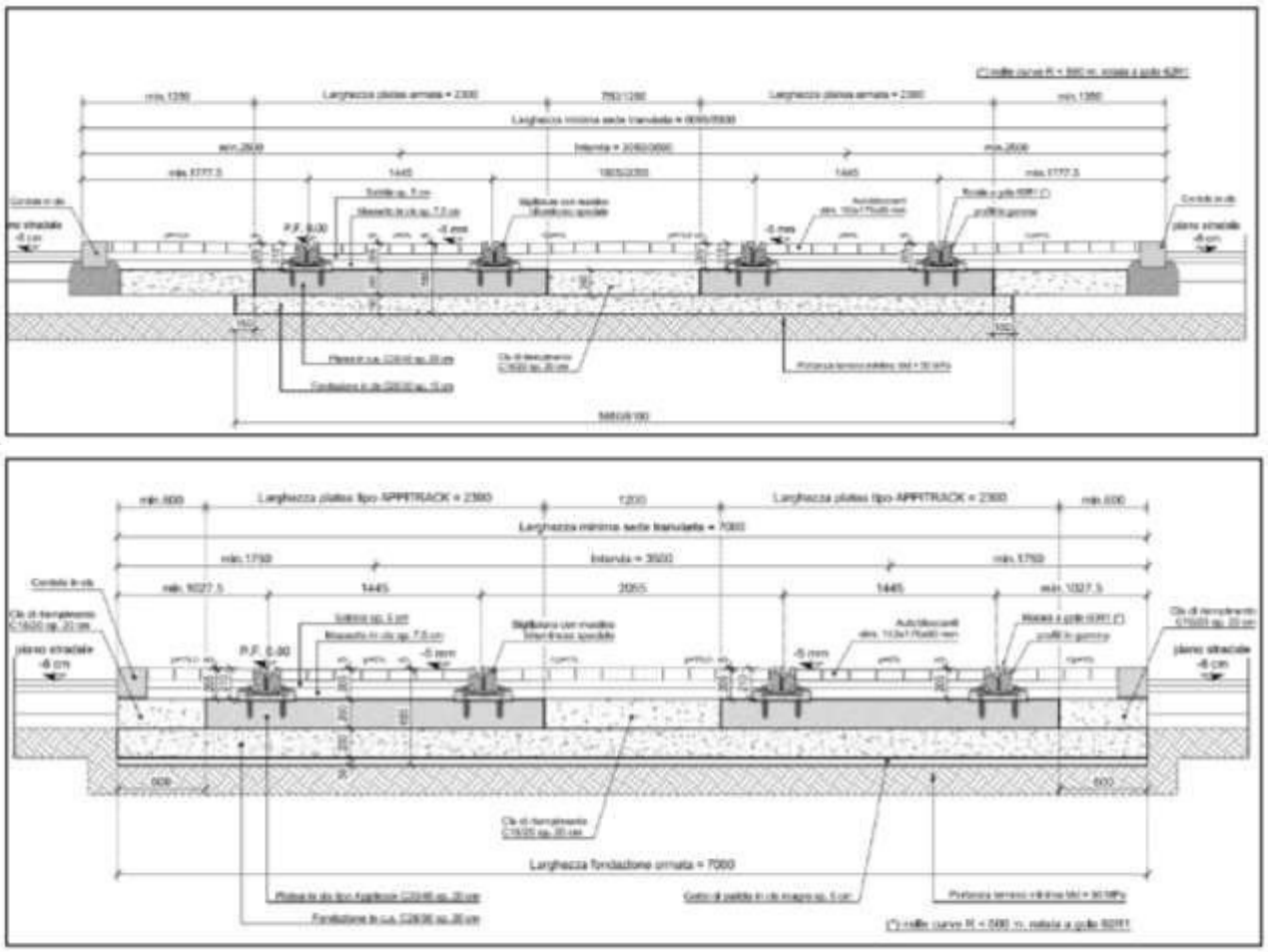


Fig.83.1-2 – *Binario su platea in c.a. (soluzione senza e con posa automatica APPITRACK®).*

(2) BINARIO SU PLATEA IN C.A. A MASSA FLOTTANTE

In caso di posa manuale (con gettata in opera), si ha una fondazione di 20 cm (conglomerato cementizio con Rck>30 N/mm²), un materassino vibroisolante orizzontale di 25mm, una platea di 25 cm (conglomerato cementizio armato con Rck>45 N/mm²), un materassino vibroisolante verticale di 20mm (in corrispondenza sulla verticale, anche la pavimentazione è dotata di giunto).

In caso di posa automatica (con sistema APPITRACK), si ha una fondazione di 15 cm (conglomerato cementizio armato con Rck>30 N/mm²), un materassino vibroisolante orizzontale di 25mm, una platea di 37 cm (conglomerato cementizio con Rck>45 N/mm²), un materassino vibroisolante verticale di 20mm (anche qui la pavimentazione è dotata di giunto).

I sistemi di fissaggio sono gli stessi del Tipo 1.

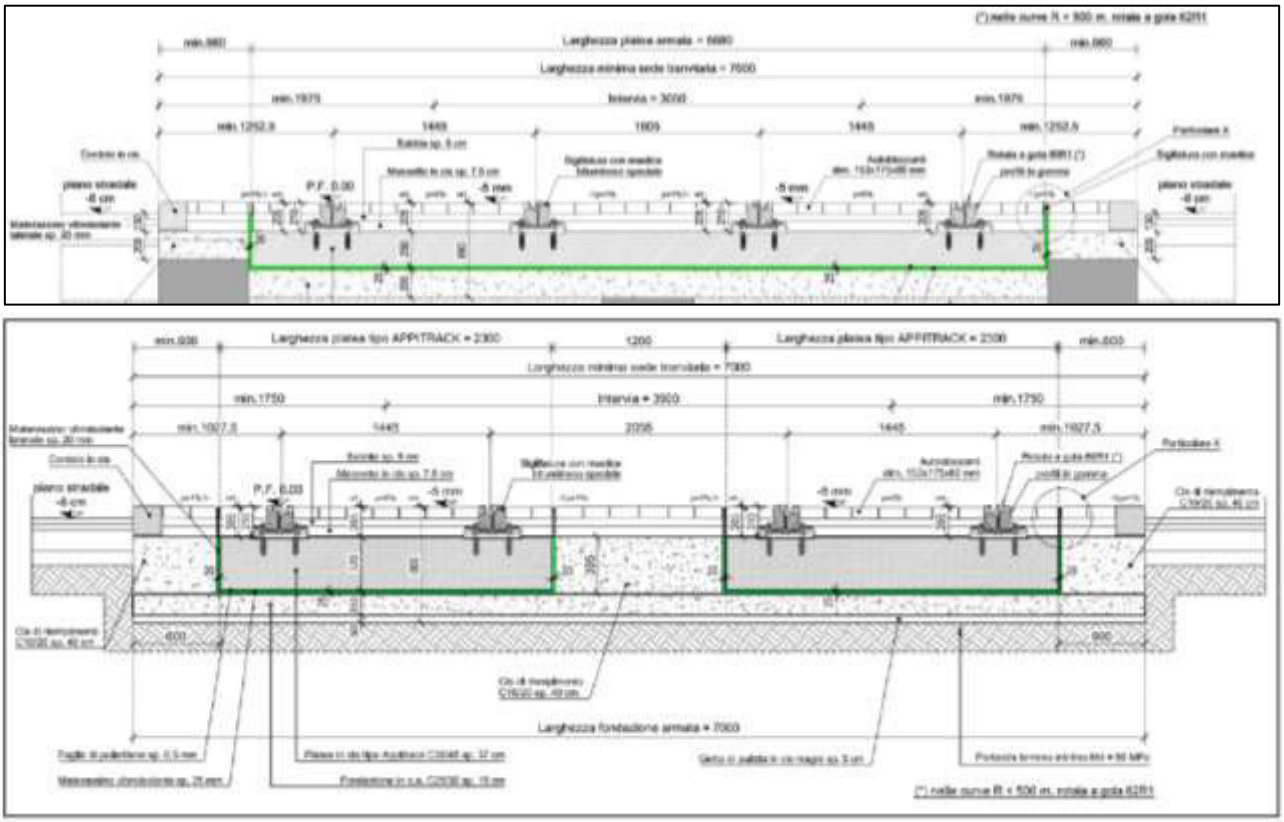


Fig.84.1-2 – *Binario su platea in c.a. a massa flottante (soluzione senza e con posa automatica APPITRACK®).*

(3) BINARIO SU BALLAST

Il binario su ballast è realizzato con rotaie "Vignole" tipo 60E1 (nei tratti in rettilineo) e " a gola" tipo 62R1 (nei tratti in curva).

Vengono impiegate traverse monoblocco in c.a. del tipo RFI 230 V, quelle per le rotaie Vignole hanno il piano di appoggio della rotaia con inclinazione di 1/20, mentre quelle per le rotaie a gola hanno il piano orizzontale; il passo delle traverse è pari a 75 cm in rettifilo e 66 cm in curva.

I sistemi di fissaggio delle rotaie alle traverse sono di tipo diretto, senza l'interposizione di piastre di attacco. Sono realizzati con attacchi tipo Vossloh W14 o similari che prevedono l'utilizzo di ramponi elastici tipo Skl14 e piastrini di guidaWFP 14/21 K-17 e WFP 14/21 K-7 con la rotaia Vignole 60E1; invece con la rotaia a gola 62R1 si utilizzano piastrini guida WFP 14/21 K-12.

Fra i blocchi delle traverse e le suole delle rotaie sono interposte piastre sottorotaia in gomma Zw 700/150. La massicciata è costituita da ballast di pietrisco, con spessore minimo sotto traversa di 20 cm. Fra la massicciata e il terreno di sottofondo viene interposto un geotessuto di polipropilene con la funzione di separare il terreno dal ballast, consentendo la filtrazione dell'acqua in profondità.

Il binario su ballast con rotaie Vignole 60E1 prevede sempre pavimentazione inerbita.

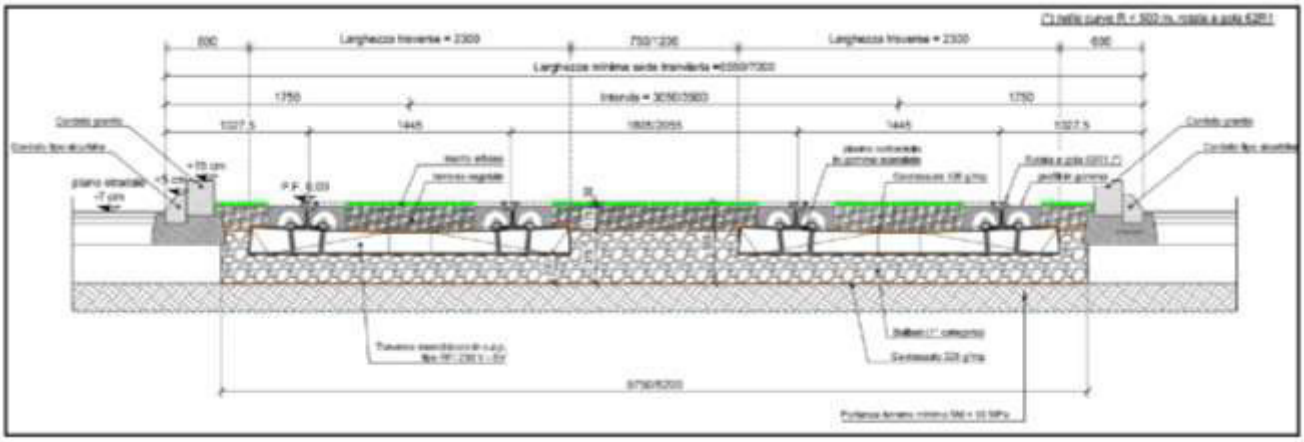


Fig.85 – *Binario su ballast (soluzione senza posa automatica APPITRACK®).*

(4) BINARIO SU PLATEA IN C.A. PREFABBRICATA

Il sistema *"Embedded Rail System"* è previsto su un numero limitato di intersezioni lungo la linea (n.10 in totale), ove risulta essenziale, date le specifiche condizioni di traffico, ridurre i tempi di posa in opera. Consiste nell'applicare il binario su appoggio continuo a elasticità omogenea senza alcun fissaggio meccanico, e ha il vantaggio di utilizzare moduli standard prefabbricati. Il rivestimento delle rotaie consiste in profili in elastomero granulare sinterizzato ad alta densità.

L'armamento è realizzato su una soletta prefabbricata dove sono già inglobate le rotaie (tramite appositi profili in gomma). Effettuato il getto di fondazione, si installa la soletta prefabbricata e si completa direttamente la pavimentazione con il conglomerato bituminoso.

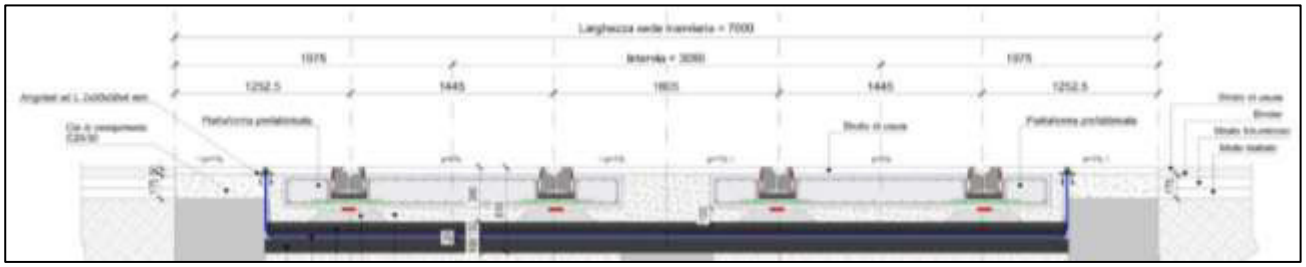


Fig.86 – *Binario su platea in c.a. prefabbricata (soluzione ERS – "Embedded Rail System").*

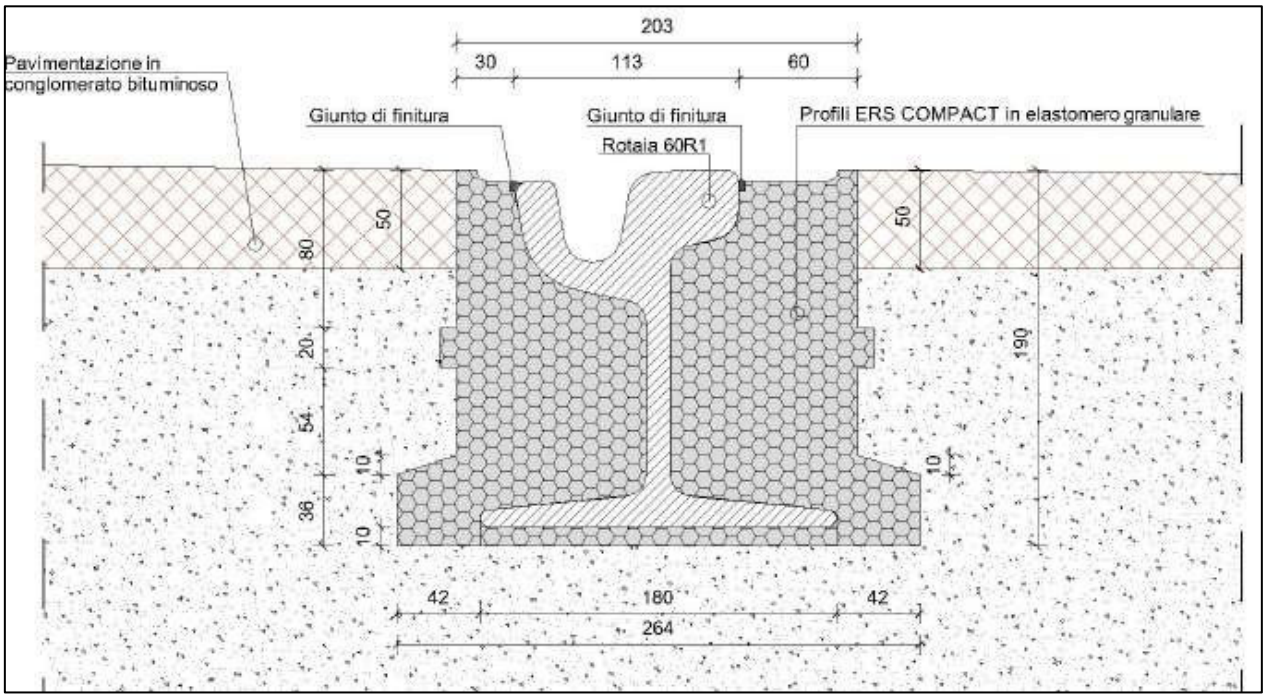


Fig.87 – *Dettaglio che mostra il sistema ERS di fissaggio della rotaia..*

Scambi, deviatoi, tratti di transizione

Sono previste **2 comunicazioni semplici**, al pk 5+028 e 7+085, a monte e a valle rispetto alla breve tratta a singolo binario afferente il sottopasso della A4. Sono atte a consentire la circolazione del tram in caso di disservizi o limitazioni di operatività, e utilizzabili dai soli mezzi bidirezionali.

I **tratti di transizione** tra rotate di tipo "Vignole" e "a gola", trattandosi di profili molto diversi tra loro, avverrà tramite successivi spezzoni: 2 m di rotaia profilo 60E1, 2 m di profilo speciale e 2 m di rotaia con profilo "a gola", assemblati con saldatura alluminotecnica, in modo tale da garantire la perfetta continuità della superficie di rotolamento nonché una uniforme resistenza all'usura nelle zone di transizione.

Gli **scambi** sono di 3 tipologie: motorizzati (tipo M), tallonabili con ritorno a molla (tipo MT), tallonabili senza ritorno a molla (tipo T). Per una descrizione approfondita degli scambi, delle relative casse di manovra, anche in riferimento al segnalamento, si rimanda al Cap. B.5.2.

Altri dispositivi e accorgimenti

Nei tratti a sede promiscua o presso gli incroci stradali, quale miglioria in sede di gara, sono stati proposti dispositivi costruttivi consistenti in una lamina di acciaio da installarsi fra i profili in gomma posti lateralmente alla rotaia a gola e la pavimentazione stradale.

L'adozione di questo accorgimento costruttivo permette di "rafforzare" l'area di contatto tra i profili di gomma e la pavimentazione stradale (nota area di "fragilità") riducendo la probabilità di ammaloramenti delle pavimentazioni stradali a ridosso delle rotaie tranviarie (fessurazioni longitudinali nelle pavimentazioni adiacenti alla sede tranviaria).

Fig. 88 – *Lamine di acciaio da interporre tra i profili in gomma e la pavimentazione stradale*.

Sistema APPITRACK®

Il sistema fu concepito da ALSTOM nel 1995, con primi test nel 1997, prima sperimentazione a Reims nel 1999, e più recenti applicazioni presso la tramvia di Nottingham (2012-14).

La caratteristica principale del sistema APPITRACK rispetto alla "posa tradizionale" (con c.a. gettato in opera), sta nell'utilizzo di 2 attrezzature mobili (macchine a controllo numerico):

- una prima macchina ("Slipform") – con funzione di casseratrice continua, effettua il getto di avanzamento del conglomerato cementizio della platea "in modo continuo" secondo il tracciamento analitico del piano binari utilizzando un sistema di guida topografico automatizzato,
- una seconda macchina (che opera alcuni metri dietro la "Slipform") – consente di posizionare in modo automatico gli attacchi tipo Nabla o similari nel getto ancora fresco di calcestruzzo a cui poi verranno fissate successivamente le rotaie preventivamente rivestite con i profili laterali in gomma.

Gli attacchi sono posizionati ad interasse di 75 cm (in rettilineo) e 66 cm (in curva). Gli spessori delle platee di bloccaggio sono di 20 cm (37cm in caso di materassino antivibrante).

Al termine della lavorazione vengono poste in opera le pavimentazioni della sede.

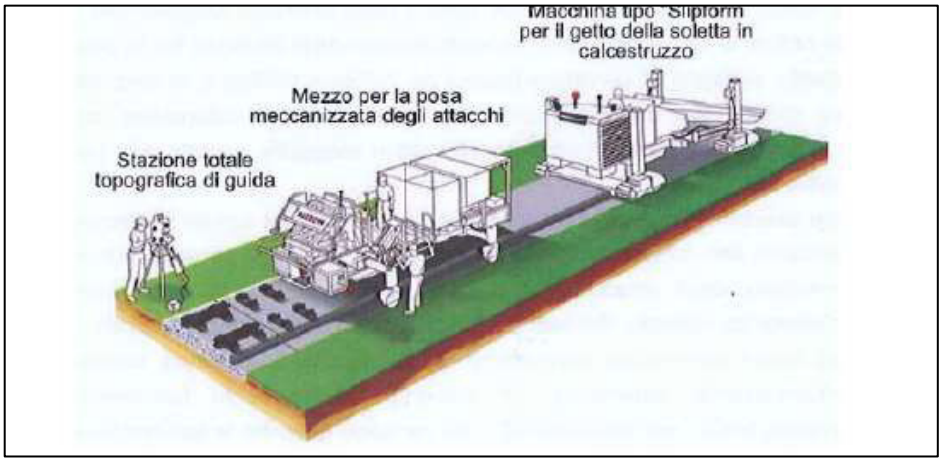


Fig. 89 – *Sistema meccanizzato di posa dell'armamento APPITRACK®*.

Il sistema permette di modulare la distanza fra le piastre in modo automatico e con una tolleranza di costruzione superiore rispetto ai tradizionali sistemi di posa, sia in rettilineo che in curva (in funzione del raggio), sia in presenza di eventuale sopraelevazione fra le due rotaie.

Il Progettista dichiara che il sistema APPITRACK® ha una tolleranza di posa in opera (+/- 5mm), molto elevata rispetto alle tolleranze di esecuzione massima previste da norma UNI EN 13670:2010 (pari, per le solette, a +/- 15 mm).

Caratteristiche generali del progetto ferrotramviario

La linea ha uno sviluppo di circa 14,3 km, e sotto il profilo della circolabilità ascrivibile a due tratte funzionalmente distinte:

- 1° tratta (lunghezza 5,6 km) tra Milano e Paderno Dugnano – a doppio binario;
- 2° tratta (lunghezza 8,7 km) tra Paderno Dugnano e Seregno FS – a singolo binario con n.10 raddoppi (prevalentemente localizzati in corrispondenza a fermate).

La 1° tratta presente un unico, breve tratto a singolo binario (circa 100m) in corrispondenza al sottopasso della A4 (a monte e a valle del quale sono previste due comunicazioni semplici).

Nel complesso, su circa 14,3 km di tracciato, 7,9 km risultano a binario doppio e 6,4km a singolo binario. Alla transizione tra la 1° e la 2° tratta è posta la fermata Paderno Dugnano-Erba, che costituisce capolinea intermedio (capolinea terminale per i rotabili monodirezionali), e nella quale è localizzato un loop di ritorno (pk 9+005) per i rotabili monodirezionali (cfr. Cap.A.3).

Alcune zone a doppio binario servono la funzione cd. di "incrocio dinamico", consentendo il sorpasso di rotabili provenienti da direzioni diverse, con beneficio sulla regolarità dell'esercizio.

I binari presentano una deviazione per il nuovo Deposito di Desio-Seregno, dove il binario (unico in tale tratta) si divide in 3 binari terminali.

In tutto sono presenti n.241 curve (oltre al loop di ritorno Paderno Dugnano-Erba). Il tracciato presenta generalmente curve di grande raggio, non sono pertanto generalmente sopraelevazioni, limitate a n.2 casi.

Il Progettista rappresenta che la tematica della sopraelevazione in curva è stata oggetto di discussione nel 2015 con l'organismo di validazione e la Stazione Appaltante. La scelta progettuale di utilizzare sopraelevazione, potendo così giovare dell'incremento di un velocità oltre i 50km/h, sarebbe stata scartata sulla base delle seguenti considerazioni:

- Sopraelevazione in presenza di intersezioni stradali produrrebbe variazioni di pendenza pericolose per la sicurezza della circolazione;
- La sopraelevazione introdurrebbe la necessità di inserire raccordi altimetrici, con lunghezze da realizzarsi sulla rotaia esterna, non compatibili, in alcuni casi, con brevi tratti in rettilineo interposti tra curve discordanti, oppure con vicini deviatoi;
- In ogni caso, a parte vincoli geometrici, il vantaggio possibile in termini di velocità commerciale sarebbe limitato (così come quello di confort).

Il sistema di trasporto è esercito in ambiente urbano e quindi soggetto al Codice della Strada con limite di velocità di 50 km/h, in regime di circolazione a vista. Si è valutato, anche tratte in sede propria protetta, di limitare comunque la velocità del sistema a 50 km/h.

Il Progetto include una specifica relazione che illustra i criteri di verifica del progetto della sede tranviaria in riferimento alla norma UNI 7156 ("Tramvie urbane ed extraurbane - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile ed interbinario"), ed è completo di tabelle di tracciamento, planimetrie con rappresentazione degli ingombri statici da ostacoli fissi, planimetrie di tracciato analitico e profili longitudinali. Sul punto, il Progettista ha confermato che la revisione della norma UNI 7156 presa in considerazione nel Progetto, ed in particolare nell'elaborato specifico, è quella del 2014. Al riguardo, la Relazione Generale presenta un refuso che indicava, come revisione della norma utilizzata, la 1972.

Invece, per quanto concerne la norma UNI 7836, il progetto non include specifici riferimenti, per cui si rimanda alla **Richiesta IV** di cui al Cap.C.2.

Parametri e verifica del progetto ferrotramviario

Di seguito si riportano i parametri significativi del progetto ferrotranviario:

- Tipo di mezzo: veicolo tranviario monodirezionale e bidirezionale
- Scartamento 1445 mm
- Lunghezza della linea a doppio binario 7960,00 m.
- Lunghezza delle tratte a semplice binario 6360,00 m.
- Numero fermate, compreso il capolinea 25
- Distanza media tra le fermate 580 m
- Altezza delle banchine di fermata sul piano del ferro 22 cm
- Lunghezza delle banchine di fermata 35,00 m
- Posti di comunicazione intermedi 2
- Velocità massima 50 km/h
- Pendenza massima longitudinale in linea 2,33%
- Pendenza massima longitudinale nelle fermate 1,49%
- Raggio minimo planimetrico in linea 20,00 m
- Raggio minimo planimetrico negli scambi 50,00 m
- Sopraelevazione in curva: non prevista
- Raccordi di transizione: clotoidali
- Massimo valore di accelerazione ammesso 1,0 m/sec^2
- Massimo valore di contraccolpo 0,5 m/sec^3
- Raggio minimo dei raccordi verticali concavi 600,00 m
- Raggio minimo dei raccordi verticali convessi 600,00 m
- Massimo valore di accelerazione verticale ammesso 0,25 m/sec.^{2}
- Interasse minimo intervia 3,50 m

La **larghezza minima delle sede** (in rettilineo), per i tratti a singolo binario è di 4,50 m (misurata all'esterno dei cordoli di bordo); nei tratti a doppio binario è invece di 7,00 m.

Nei tratti a doppio binario, **l'interbinario** ha valore minimo (in rettilineo) di 3,50m.

Le **curve di transizione** tra rettilineo e curva circolare sono clotoidi di equazione A2=R x L (dove A è il parametro della clotoide, R il raggio della curva, L la lunghezza della clotoide). In linea generale, la lunghezza di una curva di transizione è stata determinata in modo che, percorrendo la curva alla velocità massima consentita, il coefficiente d'urto laterale (jerk laterale) non ecceda il valore massimo (0,67 m/sec3); da progetto, si raggiunge al massimo la fascia 0,40 o 0,50 m/sec3.

Il Progettista rappresenta che il valore dall'**accelerazione centrifuga non compensata** (ac) "deve essere compreso fra 0,30 e 0,90 m/sec2, a bassi valori di ac corrisponde una velocità di percorrenza della curva minore ma un miglior confort dei viaggiatori.".

La **sopraelevazione** lungo il tracciato è assente, ad eccezione di n.2 curve (che presentano condizioni favorevoli), presso il Comune di Paderno Dugnano (pk approssimativa Pk 8+500).

La curva presso la fermata Desio-San Carlo **presenta raggio eccezionale 20m** (misurato sulla mezzeria del binario), comunque compatibile con il raggio di curvatura minimo dei rotabili di cui si prevede l'esercizio (18m).

Per quanto riguarda infine **l'altezza della linea aerea** di alimentazione, vengono rispettati i seguenti valori minimi dell'altezza (dal piano del ferro): 5,60 m sia nelle tratte in sede promiscua che in corrispondenza agli attraversamenti stradali.

Il Progettista rappresenta che è stata posta particolare attenzione nella **progettazione altimetrica**: la linea tramviaria presenta pendenze solitamente inferiori al 2% e curve di raccordo verticali con raggio maggiore di 800m.

In relazione alle **fasce d'ingombro dei rotabili**, la norma UNI 7156:2014 dispone quanto segue per le tramvie:

- "le fasce d'ingombro cinematiche non eccedano le rispettive fasce d'ingombro statiche di più di 150mm per parte" (cfr. UNI 7156, Sez.4.1.4, in conformità alla UNI 11174, Sez.4.6);
- distanze minime tra fascia d'ingombro statica e ostacoli fissi (eccetto presso le fermate):
  - continui, con altezza superiore a 30cm sul p.f.: 80cm (cfr. UNI 7156, Sez.4.2.1);
  - discontinui, con altezza superiore 30cm sul p.f.: 50cm (cfr. UNI 7156, Sez.4.2.1);
  - con altezza inferiore a 30cm sul p.f.: 10cm (cfr. UNI 7156, Sez.4.3);
  - con altezza superiore a 270cm sul p.f.: 25cm (cfr. UNI 7156, Sez.4.2.2);
  - discontinui, di qualunque altezza, nello spazio tra i due binari (solo per rotabili dai cui finestrini non è consentito sporgersi): 25cm (cfr. UNI 7156, Sez.4.2.3);
- distanza tra fasce d'ingombro statiche dei rotabili ai fini del calcolo dell'interbinario nei tratti a doppia via di corsa: 40cm (cfr. UNI 7156, Sez.4.7).

Per procedere alla valutazione del rispetto delle **distanze minime** nelle sezioni correnti il Progettista rappresenta di aver tenuto conto dei seguenti aspetti:

- *"i dati geometrici dell'inviluppo degli ingombri delle vetture tranviarie in curva, sono serviti a determinare la fascia d'ingombro del materiale rotabile in funzione del raggio di curvatura"*, e pertanto la distanze trasversali di progetto

- la progettazione esecutiva del tracciato della sede tranviaria, ai fini della circolabilità dei rotabili del parco ATM, è basata sul distanze minime di cui a n.4 tabelle (riportate integralmente nel progetto) messe a disposizione dal Comune di Milano in fase di gara;
- a seguito di richiesta del Progettista, è stata fornita conferma che le suddette tabelle sono idonee a rappresentare le fasce d'ingombro del parco rotabili ("storico") ATM: "confermiamo che le tabelle 5.1, 5.2, 5.3 (relative alle distanze degli ostacoli fissi dai rotabili) e la tabella 5.4 (relativa all'interbinario) del capitolato trasmessoci, sono quelle da MM utilizzate per le varie metrotranvie realizzate a suo tempo e in esercizio (Nord, Sud, Testi – Bicocca - Precotto, Milano-Cinisello) e in costruzione (prolungamento linea tranviaria 15 in Rozzano)".

Tabella 5.1 – Distanze minime che devono essere rispettate fra gli ostacoli fissi e la mezzeria del binario adiacente, verso l'interno della curva.

INGOMBRI VERSO L'INTERNO DELLA CURVA						
RAGGIO CURVA		SPOSTAM.	DISTANZE MINIME DEGLI OSTACOLI FISSI			
Mezzeria	Rotaia esterna	dovuto all'in-scrizione curva	h <= 300 mm	Ostacoli continui	Ostacoli discontinui	h > 2700 mm
(a1)	(a2)	(b)	(c)=(b)+100	(d)=(b)+800	(e)=(b)+500	(f)=(b)+250
14.277,5	15.000	1.693	1.793	2.493	2.193	1.943
15.277,5	16.000	1.660	1.760	2.460	2.160	1.910
16.277,5	17.000	1.631	1.731	2.431	2.131	1.881
17.277,5	18.000	1.606	1.706	2.406	2.106	1.856
18.000	-	1.589	1.689	2.389	2.089	1.839
18.277,5	19.000	1.583	1.683	2.383	2.083	1.833
19.000	-	1.568	1.668	2.368	2.068	1.818
19.277,5	20.000	1.563	1.663	2.363	2.063	1.813
20.000	-	1.550	1.650	2.350	2.050	1.800
21.000	-	1.533	1.633	2.333	2.033	1.783
22.000	-	1.518	1.618	2.318	2.018	1.768
23.000	-	1.504	1.604	2.304	2.004	1.754
24.000	-	1.491	1.591	2.291	1.991	1.741
25.000	-	1.480	1.580	2.280	1.980	1.730
26.000	-	1.469	1.569	2.269	1.969	1.719
27.000	-	1.459	1.559	2.259	1.959	1.709
28.000	-	1.450	1.550	2.250	1.950	1.700
29.000	-	1.441	1.541	2.241	1.941	1.691

Fig. 90 – *Stralcio della Tabella n°1 di quelle messe a disposizione dal Comune di Milano per le verifiche di circolabilità (ingombri in funzione dei raggi) dei rotabili lungo la Metrotramvia.*

Per determinare la distanza minima in orizzontale fra i pali di TE (posti tra i due binari, cfr. Cap. B.4.2.) e la fascia di ingombro statica" dei rotabili, si sono utilizzate le Tabelle 5.1 e 5.2 fornite, cui si è aggiunto il valore di 250 mm (punto 4.2.3, UNI 7156:2014), stante che tutti i rotabili ammessi a circolare sulla linea tramviaria avranno finestrini dai quali è impossibile sporgersi.

La **verifica analitica dei franchi di sicurezza**, sulla base dei sopra citati dati geometrici, è stata svolta dal Progettista con la costruzione, lungo tutto il tracciato analitico, delle linee che descrivono l'inviluppo degli ingombri statici (comprensivi dei franchi di sicurezza) del rotabile all'interno delle curve e all'esterno delle curve, per le seguenti categorie di ostacoli:

- ostacoli di altezza dal piano del ferro non maggiore di 300 mm;
- ostacoli continui di altezza dal piano del ferro maggiore di 300 mm;
- ostacoli discontinui di altezza dal piano del ferro maggiore di 300 mm;
- ostacoli posti ad altezza sul PdF maggiore di 2700 mm.

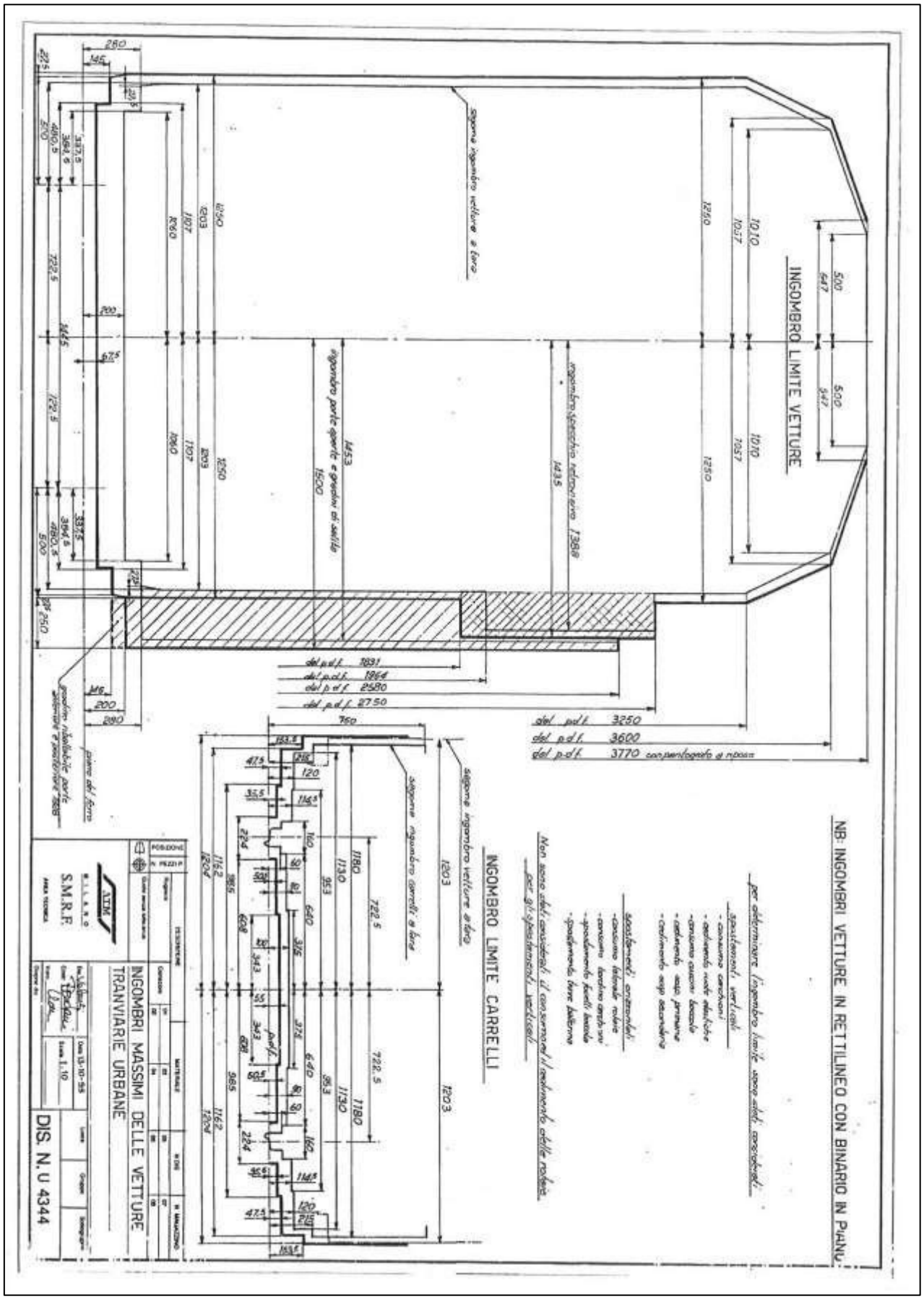


Fig. 91 – *Sagome di riferimento dei tram "storici" in esercizio presso la rete urbana di Milano.*

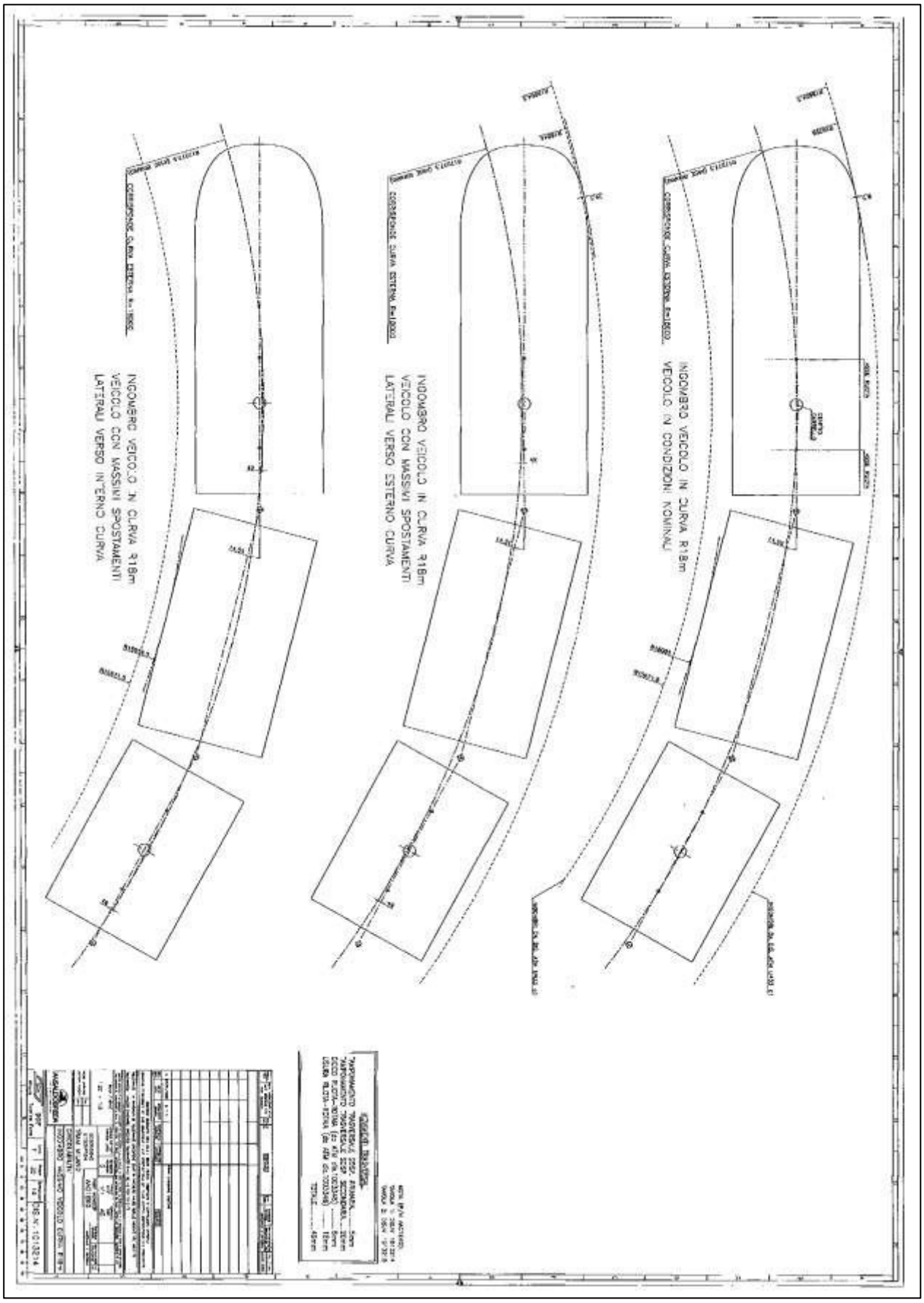


Fig. 92 – *Schemi che mostrano gli ingombri associati all'iscrizione in curva dei tram "storici".*

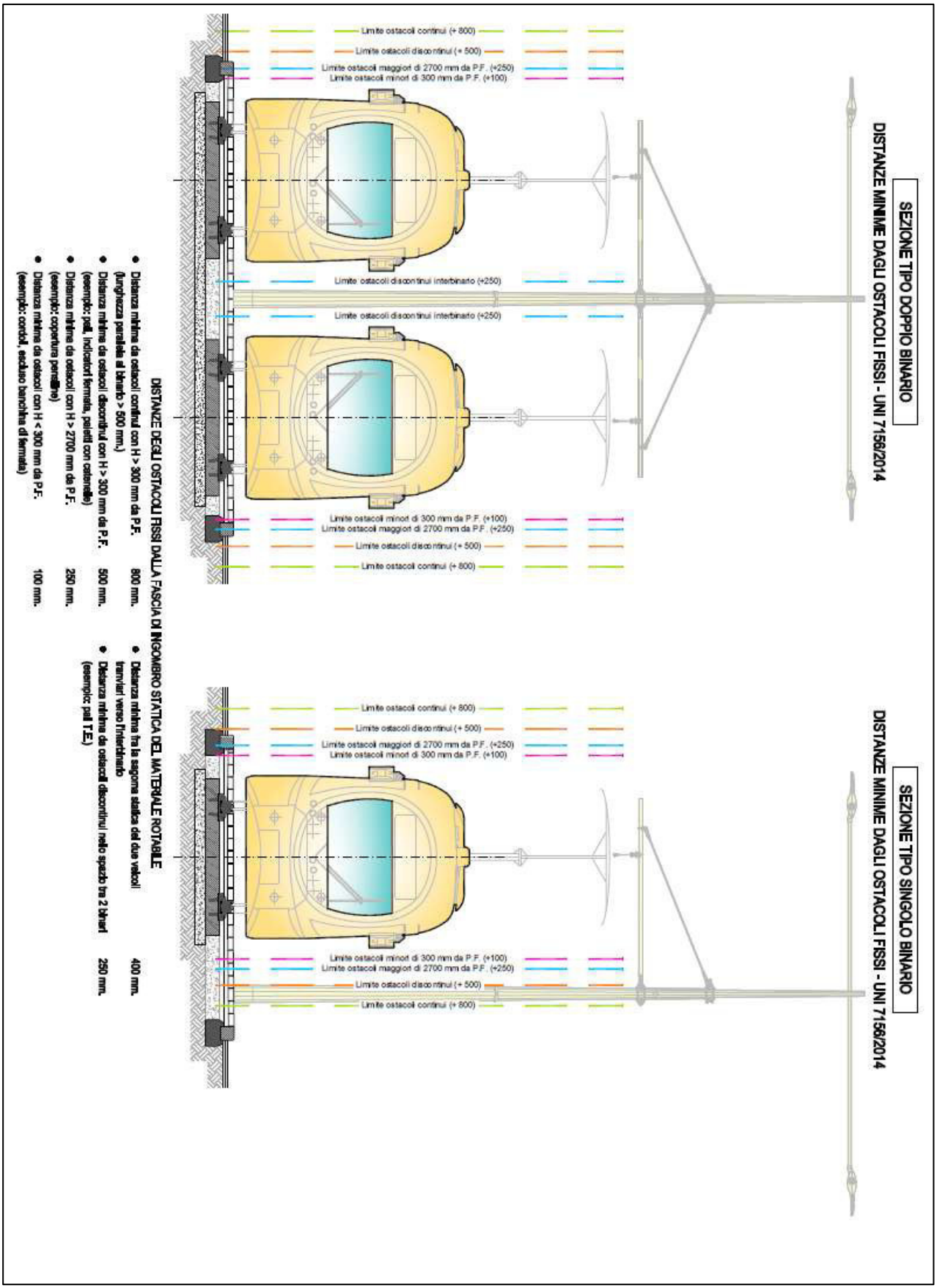


Fig. 93 – *Legenda per il tracciamento inviluppi di cui alla figura successiva.*

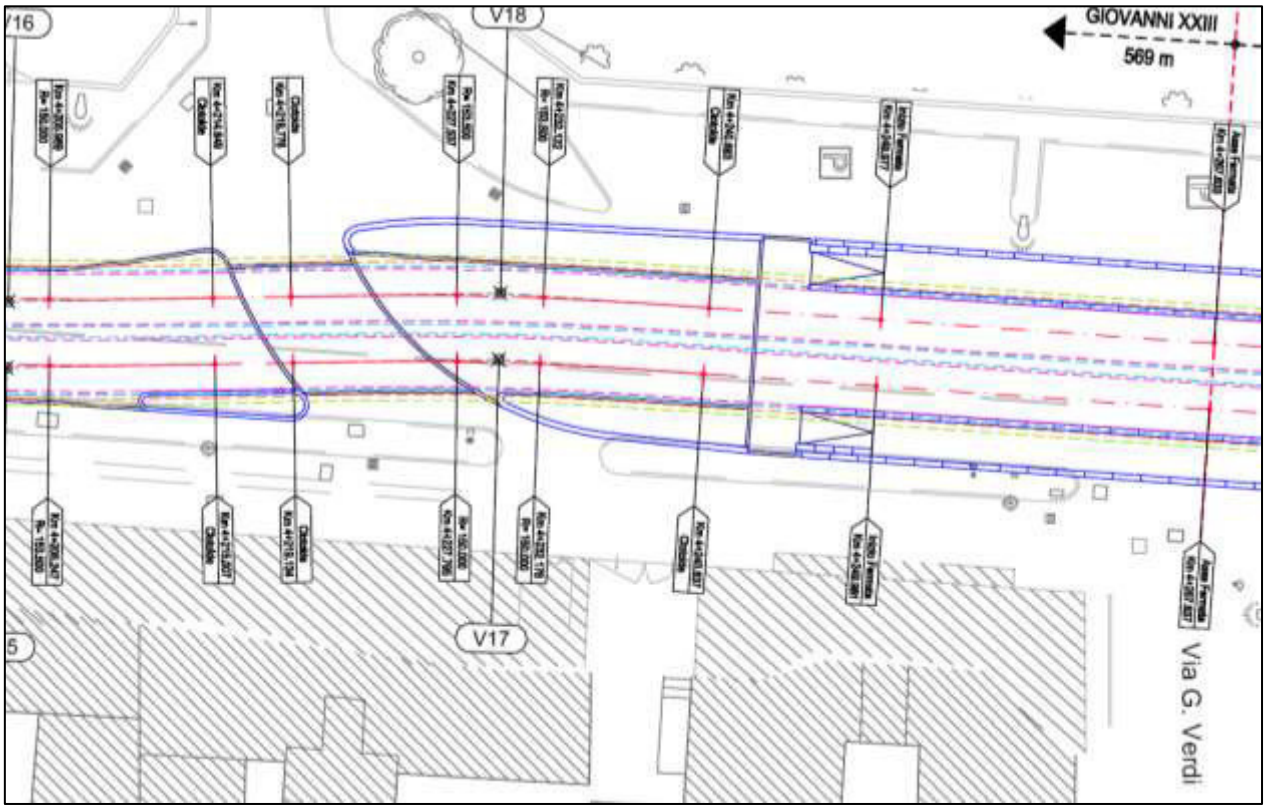


Fig. 94 – *Stralcio tratto dagli elaborati grafici di progetto atti a verificare il posizionamento della sede tramviaria in funzione dell'ingombro dei rotabili in accordo alla norma UNI 7156.*

Polifore e opere di completamento della sede

La realizzazione del **cavidotto** costituisce forse il principale "vulnus" degli aspetti progettuali variati tra il Progetto Definitivo del 2008 e il Progetto Esecutivo oggetto della presente istruttoria.

Inizialmente non incluso tra le opere di appalto, la Stazione Appaltante, con nota prot. 2912 del 8/3/2016 e (ribadendo) con OdS del 31/5/2017 ordinò all'Appaltatore di inserirne la previsione all'interno del Progetto Esecutivo.

Il cavidotto consiste in una polifora in calcestruzzo con 10 tubazioni in PVC (vie cavi per alimentazione IIPP, trazione e impianti della linea tranviaria). Lungo il tracciato, il cavidotto è intervallato di pozzetti di ispezione con passo 30m, altri per ispezione MT e presso le fermate.

Il diametro dei tubi è 180mm (per n.6 tubi) e 110mm (per n.4 tubi).

Il cavidotto percorre il tracciato restando costantemente sul lato Est della carreggiata, eccetto un tratto presso il Deposito di Desio-Seregno, ove lo stesso si raccorda con la SSE ivi situata.

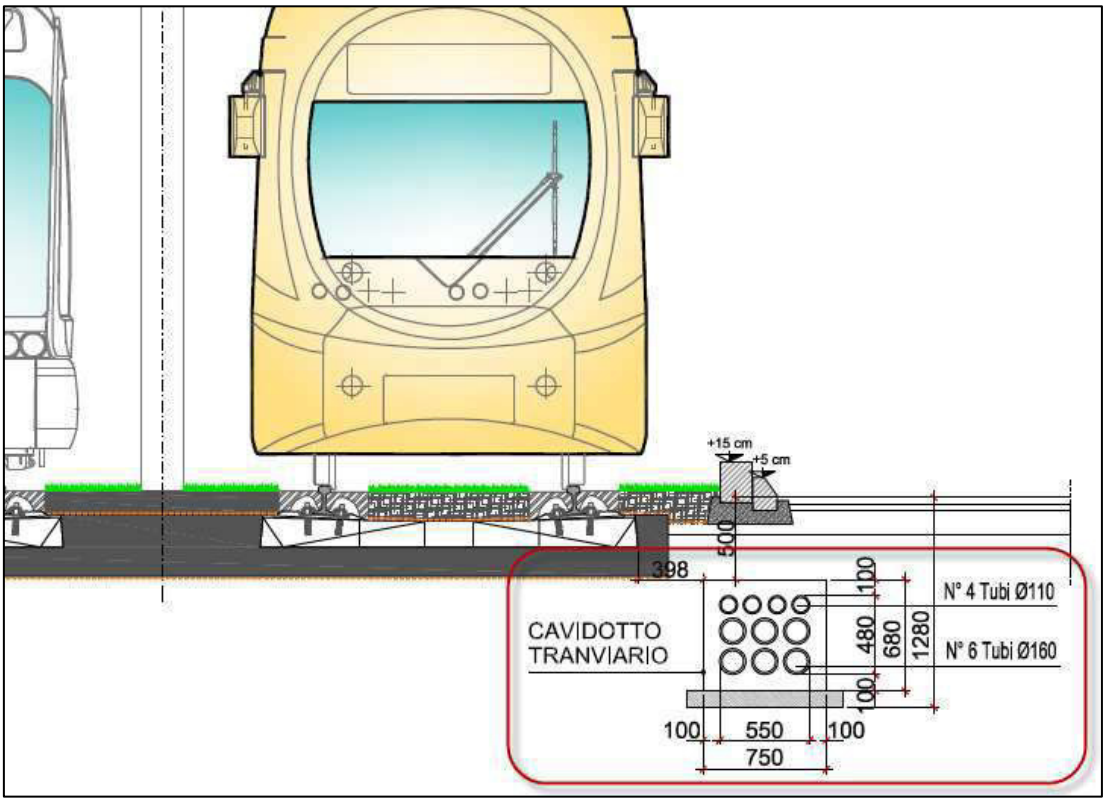


Fig. 95 – *Posizionamento del cavidotto rispetto alla sede tramviaria e tipo di polifora adottata.*

Quanto ad ulteriori opere di completamento della sede, un'altra differenza tra il Progetto Definitivo e il Progetto Esecutivo consiste nella realizzazione di una **rete aggiuntiva di smaltimento acque**, ad esclusivo servizio del sedime tramviario.

Il progetto contempla modifiche della piattaforma viabile (ampliamento della sede tranviaria rispetto alla attuale, variazione della viabilità, variazione delle pendenze trasversali, fondo della sede tranviaria non drenante per lunghi tratti), a cui consegue un considerevole aumento delle superfici impermeabili rispetto allo stato di fatto. Vengono inoltre eliminati i fossi di guardia a bordo strada (e/o delle aree a verde dove naturalmente la pendenza stradale convoglia le acque meteoriche), con conseguente impossibilità di utilizzare gli stessi come recapito. Quanto sopra, in considerazione del carico (vicino alla saturazione) delle reti fognarie attualmente a servizio delle strade percorse dal tracciato della tramvia, ha posto la scelta progettuale di individuare una rete di smaltimento acque dedicata all'infrastruttura, che si sviluppa per l'intero tracciato.

Le soluzioni tecniche individuate sono state condivise con i gestori di rete, ed in particolare si sono rese individuati pozzi perdenti, trincee drenanti, disoleatori, tubazioni volano, per la dispersione delle maggiori portate, al fine di agevolare la gestione degli scarichi senza andare a incidere sulle caditoie stradali (anche in attuazione dell'entrata in vigore del Regolamento della Regione Lombardia n°7/2017, che modificò il previgente Regolamento n. 4/2006 disponendo, tra l'altro, il rispetto del "principio di invarianza idraulica").

B.2.4 – FERMATE E CAPILINEA

Introduzione

Il tracciato presenta n.25 fermate, inclusa la fermata Paderno Dugnano - Erba (capolinea intermedio che separa la 1° tratta, urbana, dalla 2° tratta, inerurbana) e la fermata Seregno FS (capolinea finale).

La seguente tabella sintetizza le caratteristiche generali degli impianti di fermata.

Tab.2 – *Caratteristiche generali degli impianti di fermata.*

	°	**Denominazione**	**Comune**	**Tipologia (banchina)**	**Tratta**	**n° binari**
1° tratta (doppio binario, urbana)	1	*Giovanni XXIII*	*Bresso*	Laterale (doppia, accesso unico)	Protetta	2
	2	*Ariosto*	*Bresso*	Laterale (doppia, accesso unico)	Protetta	2
	3	*Rivolta*	*Bresso*	Laterale (doppia, accesso unico)	Protetta	2
	4	*Lurani*	*Bresso*	Laterale (doppia, sfalsata)	Protetta	2
	5	*Pascoli*	*Bresso*	Laterale (doppia, sfalsata)	Protetta	2
	6	*Marconi*	*Cusano M.*	Laterale (doppia, accesso unico)	Protetta	2
	7	*Matteotti*	*Cusano M.*	Laterale (doppia, accesso doppio)	Protetta	2
	8	*Aprica*	*Cusano M.*	Laterale (doppia, accesso doppio)	Protetta	2
	9	*Grugno Torto*	*Paderno D.*	Laterale (doppia, accesso unico)	Protetta	2
	10	*Paisiello*	*Paderno D.*	Laterale (doppia, accesso unico)	Protetta	2
	11	*Calderara*	*Paderno D.*	Laterale (doppia, sfalsata)	Protetta	2
	12*	*ERBA*	*Paderno D.*	Centrale (doppia, in area verde)	Protetta	4
2° tratta (singolo binario, interurbana)	13	*Brodolini*	*Nova M.*	Centrale (singola, accesso unico)	Protetta	2
	14	*Vertua*	*Nova M.*	Centrale (singola, accesso doppio)	Protetta	2
	15	*S. Bernardo*	*Nova M.*	Centrale (singola, accesso doppio)	Protetta	2
	16	*Togliatti*	*Desio*	Centrale (singola, accesso doppio)	Protetta	2
	17	*Pietro da Desio*	*Desio*	Laterale (singola, accesso doppio)	Protetta	1
	18	*Stadio*	*Desio*	Centrale (singola, accesso unico)	Protetta	2
	19	*Diaz*	*Desio*	Laterale (singola, accesso doppio)	Protetta	1
	20	*Gabellini*	*Desio*	Centrale (singola, accesso doppio)	Protetta	2
	21	*Ospedale*	*Desio*	Laterale (doppia, accesso singolo)	Protetta	2
	22	*San Carlo*	*Desio*	Laterale (doppia, accesso doppio)	Promiscua	2
	23	*Platone*	*Seregno*	Laterale (doppia, accesso doppio)	Promiscua	2
	24	*Edison*	*Seregno*	Centrale (singola, accesso doppio)	Protetta	2
	25*	*SEREGNO FS*	*Seregno*	Centrale (singola, accesso unico)	Protetta	3

Gli standard delle fermate presenti sulla 1° tratta sono quelli già in uso per le tramvie di Milano:

- tutte le fermate sono a banchine laterali (come richiesto da rotabili monodirezionali);
- lunghezza netta (escluse le rampe di accesso in testata) di 35m (coerente con la lunghezza dei rotabili del parco tranviario "storico" ATM);
- larghezza netta della banchina (dall'orlo all'eventuale transenna), minimo 2,0m;
- altezza sul P.F. della banchina: 0,220m;
- distanza dell'orlo della banchina dalla rotaia adiacente: 0,60 m (rispetta la norma UNI 7156 e assicura che i rotabili del parco ATM circolino senza rischio interferenza con la banchina)

Per quanto riguarda la 2° tratta, oltre che banchine laterali (che hanno stessi standard di cui ala 1° tratta), sono presenti anche banchine centrali (a isola), caratterizzate dai seguenti standard:

- larghezza netta della banchina (dall'orlo all'eventuale transenna): 3,0m;
- pensilina con doppio fronte;
- altezza sul P.F. della banchina: 0,220m (era variabile da 17 a 22cm nel Progetto Definitivo. In esito a nota di ATM del 2013, si è stabilita altezza costante a 22cm su tutta la banchina).

Ai fini dell'incarrozzamento, il progetto riporta come, l'individuazione dell'altezza di 22cm sul piano del ferro tenga conto dei seguenti fattori:

- *"tram a pavimento ribassato a 35 cm sul P.F.;*
- *incarrozzamento dei disabili in carrozzella per mezzo di una pedana mobile che fuoriesce da sotto la soglia di una porta del veicolo e va ad adagiarsi sulla banchina;*
- *la necessità di mantenere un dislivello fra soglia delle porte e banchina sufficiente a garantire la fuoriuscita della pedana, tenendo conto della deflessione delle sospensioni, dei consumi (cerchioni delle ruote, rotaie) e delle tolleranze, sia di posa che di manutenzione."*

La questione dell'incarrozzamento sarà trattata al Cap.C.2 in apposita **Richiesta XVII**.

La Relazione Generale trasmessa con il Progetto Esecutivo presenta alcuni refusi concernenti la soluzione progettuale finale adottata per le due fermate Matteotti e San Carlo, che sono stati confermati come tali con successiva nota della Città Metropolitana (cfr. Cap.C.1, **Punti A e B**).

Pensiline e dotazioni

Le pensiline di fermata, coerentemente con il Progetto Definitivo, sono del tipo progettato da MM per Milano, già installate sulle metrotranvie Nord, Sud e Testi – Bicocca – Precotto. La sola fermata San Carlo non presenta pensiline.

Tutte le pensiline sono dotate di predisposizione per touch screen. I due capolinea di Calderara e Seregno FS sono dotati di touch screen e di facciata multimediale integrata al vetro perimetrale, come da offerta presentata in fase di gara.

Fig. 96 – *Rendering di una pensilina di tipo "laterale".*

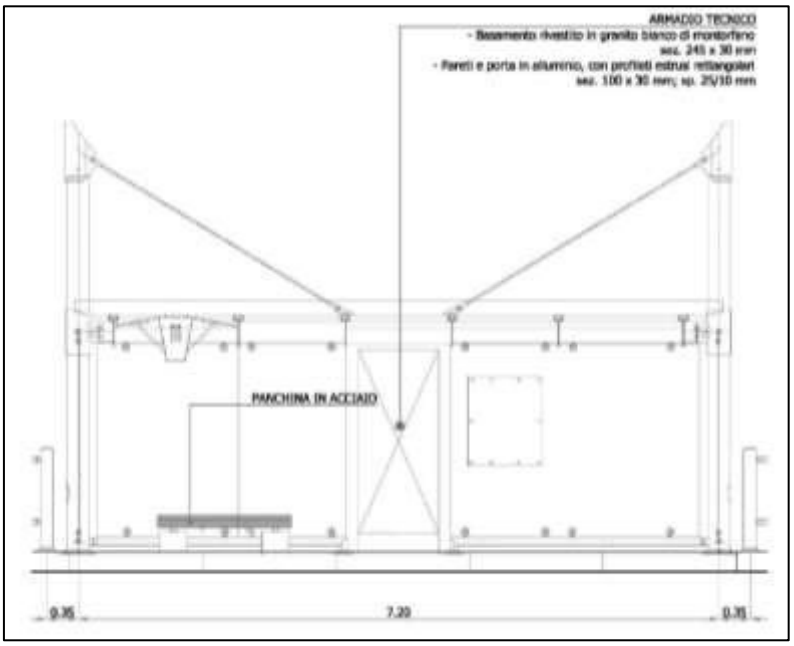


Fig. 97 – *Prospetto frontale di una fermata, che mostra gli arredi di banchina.*

Percorsi, abbattimento barriere architettoniche, barriere

La dotazione principale della fermata, per ciascuna banchina, è la seguente: una pensilina della lunghezza di circa 7,2 m, impianto di illuminazione (in aggiunta a quello dell'illuminazione pubblica stradale) con corpi illuminanti sia per le pensiline sia per i tratti di banchina al di fuori di esse; apparecchiature/dotazioni per l'informazione al pubblico: complementi di arredo della fermata: panchina, ecc.

L'orlo della banchina è costituito da una soglia di granito. A tergo di tale soglia è posta una fascia tattile Loges, in lastre di PVC, che rimarca la distanza di sicurezza dal tram per i non vedenti. Il Progettista dichiara che le banchine di fermata sono collegate ai marciapiedi stradali e agli altri spazi pedonali attraverso rampe che rispettano la vigente normativa in materia di eliminazione delle barriere architettoniche.

Le banchine laterali (fatta eccezione per quelle che occupano l'intera sezione del marciapiede) presentano delle transenne costituite da profili tubolari in acciaio inox zincati a caldo (diametro 150 mm; sp. 5 mm) e da profili tubolari in acciaio inox zincati a caldo (diametro 50 mm; sp. 2.9 mm).

Sono previsti moduli per realizzare barriere protettive con lunghezza 250cm o 160cm.

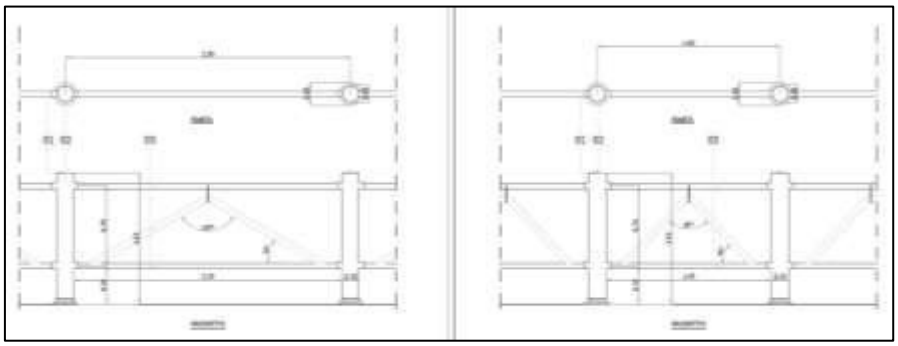


Fig. 98 – *Moduli transenna utilizzati presso le fermate.*

B.2.5 – SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE (ARCHITETTURA E LAYOUT)

Rispetto al Progetto Definitivo, le Sottostazioni Elettriche (di seguito SSE) lungo la linea sono state ridotte da 10 a 8. Di queste, 7 sono dislocate lungo la linea ed 1 è a servizio del Deposito di Desio-Seregno (si rimanda al Cap. B.4.5 per le caratteristiche elettriche ed impianti ospitati).

Le SSE sono di due tipologie: n.4 interrate e n.4 fuori terra; la scelta è dipesa dal contesto dell'inserimento: fuori terra per contesti urbani, e interrata per contesti più paesaggistici.

Sia le SSE interrate che quelle fuori terra presentano idonea recinzione di altezza 2,50m, a protezione della relativa zona di rispetto.

Sottostazioni interrate

Le n. 4 sottostazioni elettriche interrate (SSE1 – Milano/Parco Nord, SSE2 – Bresso/Pascoli, SSE5 – Nova/Sanbernardo, SSE6 – Desio/Stadio) presentano geometrie strutturali e tipologiche simili, con dimensioni del fabbricato di circa 18m x 13m x 3,50 (altezza misurata tra il piano di calpestio e l'intradosso della struttura portante).

La struttura portante è in cemento armato di diverso tipo e spessore: le zone contenenti attrezzature elettriche con possibilità di esplosione sono delimitate da blocchi cavi di cemento. La platea di fondazione ha spessore 40 cm, i muri perimetrali e la soletta di copertura interrata hanno spessore 30 cm. Quest'ultima ha un foro 3,60x2,60m per i trasformatori elettrici, e in sommità alla copertura (oltre l'impermeabilizzazione, è realizzato uno strato di terreno vegetale).

Oltre ai vani tecnici contengono attrezzature per la trasformazione e produzione di energia elettrica (misurazione energia, locale Enel, locali per trasformatori, locali batterie), è presente un locale destinato a servizi igienici.

L'accesso alle persone è consentito mediante apertura orizzontale su vano scala interrato dal piano di campagna. E' presente una botola principale (con pistone penumatico di apertura) e una botola più piccola accesso ad una scala di emergenza in ferro (con apertura a mano). La copertura delle botole è protetta da guaine impermeabili. Sono previste inoltre "bocche di lupo" per aerare locali tecnici che necessitano di aerazione naturale.

Le finiture prevedono intonacatura tradizionale e successiva pitturazione per pareti e soffitti. Le porte sono in alluminio di tipo REI di diverse dimensioni. In considerazione dell'urbanizzazione del contesto d'inserimento, sono previste strutture provvisionali onde limitare l'impatto degli scavi.

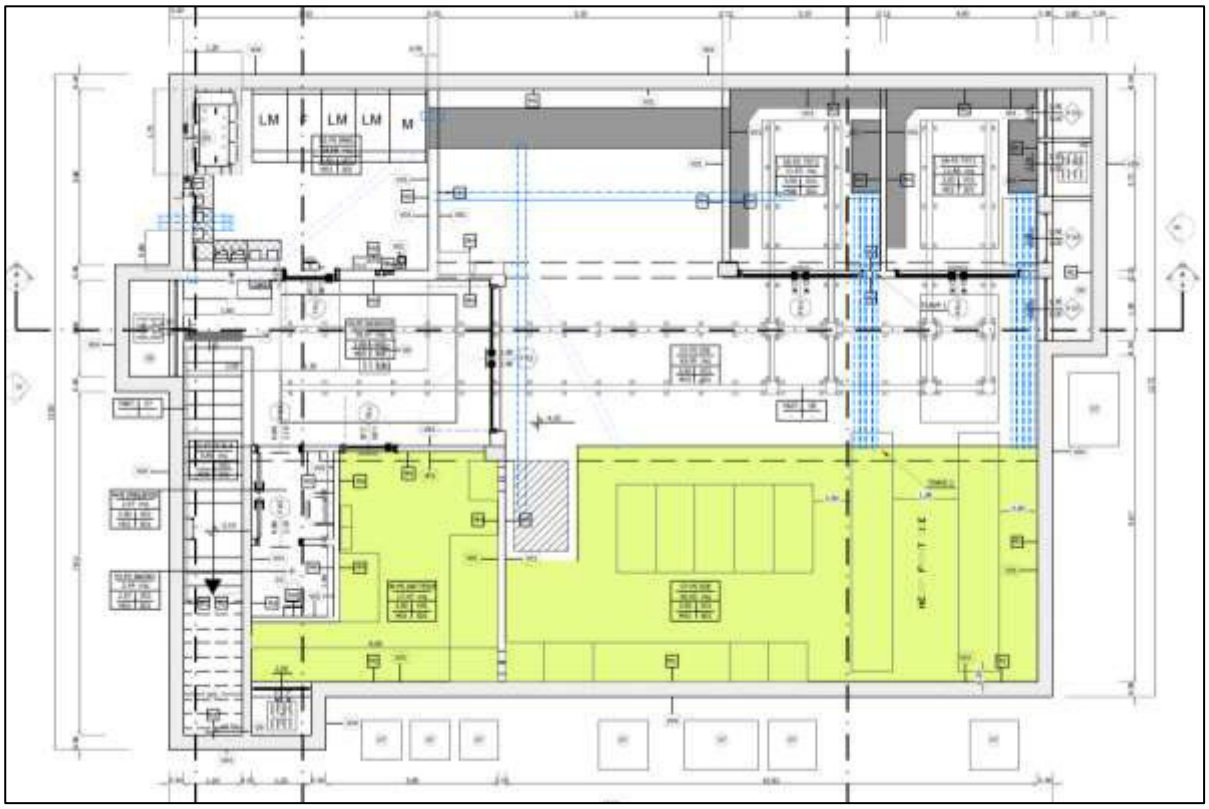


Fig. 99 – *Layout in pianta delle SSE interrate*.

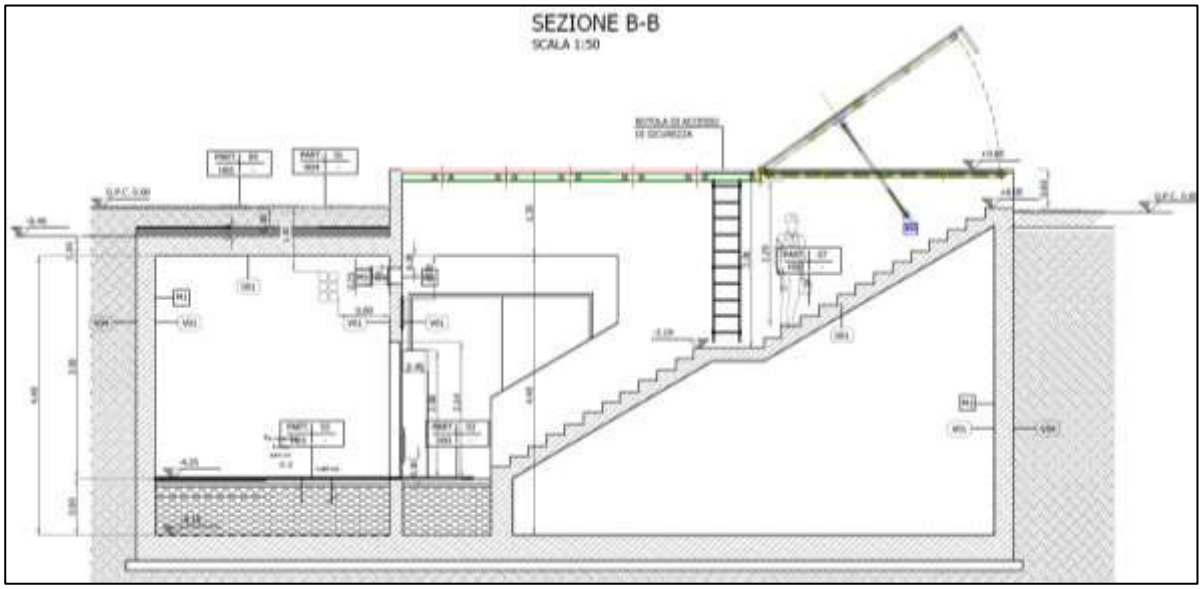


Fig. 100 – *Prospetto delle SSE interrate*.

Fig. 101 – *Fotoinserimento che mostra una SSE interrata dal piano stradale.*

Sottostazioni fuori terra

Le n.3 sottostazioni elettriche fuori terra e lungo linea (SSE3 – Cusano M./Alessandria, SSE4 – Calderara, SSE8 – Seregno Colzani) presentano geometrie strutturali simili; con dimensioni del fabbricato di circa 20m x 12m (16m x 12m per la SSE3), con altezza massima pari a circa 5,45m.

La struttura è a telaio in cemento armato gettato in opera, con fondazione composta da travi rovesce e solai prefabbricati con lastre predalles. La copertura è a due falde, con struttura portante in muretti e tavelloni posati su solaio piano in laterocemento. La pendenza delle falde convoglia le acque meteoriche in canali di gronda, pluviali e pozzetti collegati alla rete di smaltimento pubblica

Sono previsti gli stessi ambienti delle SSE interrate sia per vani tecnici che per servizi igienici

L'accesso agli ambienti tecnici avviene direttamente dall'esterno (senza un ambienti interni di circolazione). Sono previste aperture per i locali tecnici che necessitano di aerazione naturale e di un sistema di aerazione artificiale realizzata con appositi estrattori.

Le finiture prevedono intonacatura tradizionale e successiva pitturazione per pareti e soffitti interni, mentre l'esterno prevede un rivestimento in mattoni di tipologia analoga a quella adottata per il rivestimento del vano scale della SSE interrata. Le porte sono in alluminio di tipo REI di diverse dimensioni. L'accesso al tetto per future manutenzioni avverrà tramite uso di trabatelli.

Fig. 102 – *Layout in pianta delle SSE fuori terra.*

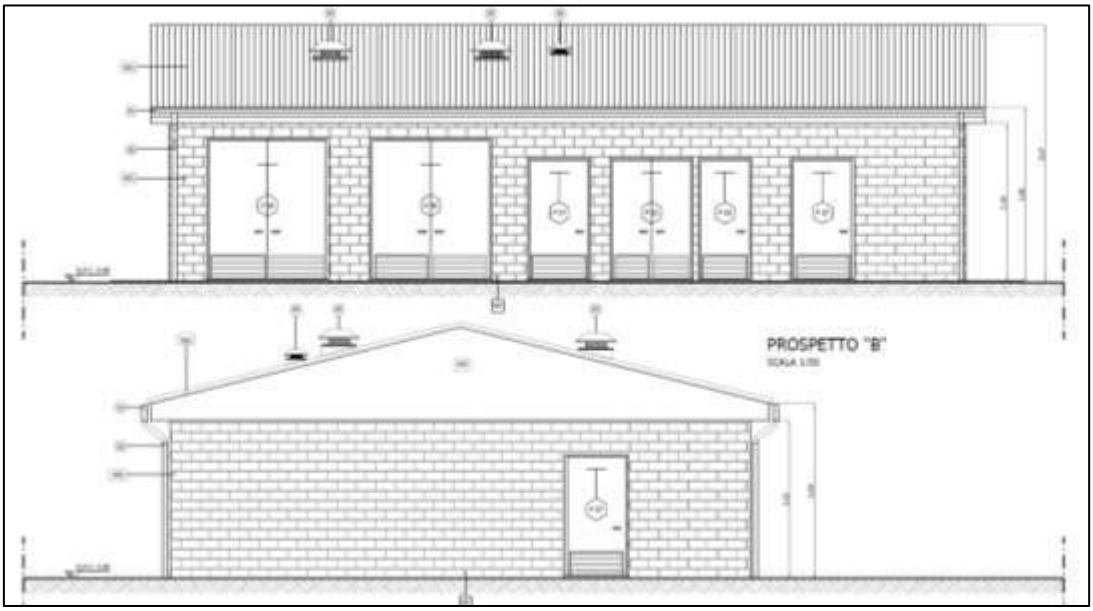


Fig. 103 – *Prospetto delle SSE fuori terra.*

Fig. 104 – *Rendering di una SSE fuori terra.*

B.2.6 – ALTRI INTERVENTI LUNGO IL TRACCIATO

Parcheggio di interscambio di Paderno Dugnano

Presso il Comune di Paderno Dugnano, a ridosso dell'incrocio tra Via Erba e via Arcangelo Corelli, è prevista la realizzazione di un ampio parcheggio di scambio gomma-tram. La superficie dove verrà realizzata l'opera non è edificata ed ha un andamento sostanzialmente pianeggiante.

Il nuovo parcheggio occupa una superficie totale di 5970 mq ed è posizionato nelle vicinanze della fermata Paderno Dugnano-Paisiello. Il parcheggio è dimensionato ad ospitare 199 posti auto (di cui 6 per disabili). Le superfici di progetto sono adibite come segue:

- Superficie asfaltata carrabile: 2154 mq
- Superficie asfaltata stalli: 2455 mq
- Superficie a verde: 498 mq
- Superficie pavimentata: 511 mq

La distribuzione degli stalli è organizzata in 5 campi interni all'area e sul perimetro Nord-Est. Ogni campo prevede 2 file di posti auto disposti a pettine e perpendicolari ad un percorso pedonale pavimentato ed alberato.

Fig. 105 – *Planimetria del parcheggio di Paderno Dugnano (lista tramviaria in alto).*

Dismissione tratti di tramvia e riqualificazione

Oltre al tracciato di linea, il Progetto prevede interventi di riqualificazione di n.3 tratte di tramvie storiche extraurbane di Milano, oggi dismesse. Tali tratte sono poste lungo Via della Cooperazione, più a Nord sempre presso Cusano Milanino, e presso Desio (da Sud verso Nord).

Fig. 106 – *Tratte di linea tramviaria da dismettere presso Cusano Milanino e Desio.*

La 1° tratta da dismettere, lungo Viale della Cooperazione (Cusano Milanino), è anche la più breve (alcune centinaia di metri). L'intervento prevede la realizzazione di una pista ciclabile e non comporta né modifiche di circolazione per le carreggiate stradali adiacenti né sostanziali modifiche altimetriche. Il nuovo percorso ciclopedonale ha una larghezza di circa 2.50 m, e connette le ciclabili lungo l'asse principale della tranvia alla pista ciclabile esistente su viale Luigi Buffoli.

Ancora nel Comune di Cusano Milanino la 2° tratta da dismettere (lunga circa 1 km) interessa il precedente tracciato seguito dalla ex tramvia Milano-Desio rispetto al nuovo sistema in oggetto. Il vecchio sedime viene rimosso, prevedendo la realizzazione di una pista ciclabile di larghezza 2,50 m che connette il percorso ciclopedonale di via Sormani con l'esistente pista ciclopedonale lungo la Strada Alessandrina. In affiancamento alla pista si prevede un marciapiede di dimensione 2,25 m.

Nonostante non si prevedano modifiche alle carreggiate stradali, l'intervento produrrà modifiche nella circolazione veicolare, con modifiche dei sensi di marcia attualmente vigenti. Nel tratto tra la rotatoria di progetto di via Sormani-viale Roma e via Narcisi vengono previsti parcheggi di sosta laterale 2,10x5,00 m posti a sinistra rispetto al senso di marcia veicolare.

Più a Nord, presso il Comune di Desio, la 3° tratta da dismettere consiste nel precedente attestamento settentrionale della linea Milano-Desio. Anche qui è prevista la realizzazione di una pista ciclopedonale, con larghezza compresa tra i 2,50-3,00m. In affiancamento alla pista è previsto l'inserimento, ove possibile, di nuove aree verdi, l'ampliamento dei marciapiedi esistenti o la realizzazione di aree pedonali pavimentate. Non sono previste modifiche di circolazione veicolare né sostanziali modifiche altimetriche.

Opere idrauliche

Il progetto della Metrotranvia, al fine di risolvere alcune interferenze, contemplava già dal Progetto Definitivo alcune opere di adeguamento sul reticolo idraulico del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi, di seguito Consorzio), costituito dal "Canale Villoresi" (adduttore principale), "Derivatore di Nova", ed ulteriori diramatori ("Nova 3/4" e "Nova 3/5").

A seguito di accordo con la ex Provincia di Milano del 23/2/2012, il citato consorzio ha rinunciato alla prevista riqualifica del canale "Derivatore di Nova" per la sua porzione meridionale (da Paderno Dugnano a Milano). E' stato pertanto previsto, nell'ambito del Progetto Esecutivo, che tale porzione di canale venga dismessa. Questa eventualità ha avuto un rilevante impatto sulla Metrotramvia, in quanto il progetto ferrotramviario ha potuto giovare, nel suo tratto più meridionale, di allargamenti di carreggiata dovuti all'incremento degli spazi a disposizione.

Più a Nord (presso il Nova Milanese) il "Derivatore di Nova" si connette con il Canale Villoresi, in questa zona il progetto prevede ulteriori interventi, di minore entità, con la tombinatura di tratti del "Derivatore di Nova", e un allungamento del sifone esistente del Canale principale Villoresi presso l'attraversamento di via Garibaldi, da cui un allargamento di carreggiata stradale.

Fig. 107 – *Sovrapposizione del tracciato della Metrotramvi (puntinato) con il reticolo idraulico esistente ("Derivatore di Nova" e "Canale Villoresi"). La tratta di canale in rosso è da dismettere.*

B.3 – DEPOSITO DI DESIO-SEREGNO

B.3.1 – INTRODUZIONE

Il nuovo deposito di Desio-Seregno è stato oggetto di miglioria in sede di offerta di gara rispetto al Progetto Definitivo, e successivamente, nella Conferenza dei Servizi 2019 ha preso in carico una serie di osservazioni/prescrizioni, specificatamente contenute nell'Allegato E all'Atto Integrativo al contratto di appalto, stipulato nel 2020. Anche a recepimento dei pareri acquisiti, il layout è stato profondamente rivisitato, definendo il numero di binari di rimessaggio (9) in relazione alle capacità di parcamento minime (*"18 tram di lunghezza pari a 25 o 26 m bidirezionali e almeno 5 tram da 35 m monodirezionali"*) sia in relazione alla necessità di prevedere allestimenti, impianti e attrezzaggi dei locali (precedentemente non previsti).

L'intera area del deposito-officina si può sinteticamente ricondurre a 6 aree funzionali:

- Edificio n°1 – Deposito-Capannone (Rimessa-Officina-Uffici)
- Edificio n°3 – Depuratore acque
- Edificio n°4 – Guardiola
- Edificio n°5 – Riserva idrica impianto antincendio
- Edificio n°6 – Deposito rifiuti
- Edificio n°7 – SSE

La centrale termica prevista nel Progetto Definitivo (ex Edificio n°2) è stata eliminata. Le apparecchiature previste sono state collocate sulla copertura della zona Uffici dell'Edificio n°1. Tutti gli edifici hanno altezza inferiore a 10m, conforme ai parametri urbanistici di Desio e Seregno.

Per quanto concerne la sovrastruttura tramviaria, il Deposito presenta 2 accessi a doppio binario, i quali conducono con opportuni sistemi di deviatoi, a:

- n.1 binario di andata;
- n.9 binari passanti per il rimessaggio;
- n.5 binari tronchi per la manutenzione;
- n.1 binario tronco per il tornio in fossa, n.1 binario passante per l'impianto di lavaggio;
- n.1 binario di ritorno.

Presso la rimessa, i binari hanno una interdistanza di 3,645 o 5,145m (in presenza di pilastri). Il raggio di tutte le deviate è 25m. Il tipo di sede è platea in c.a.

Nell'area esterna, a Ovest e a Nord degli edifici, sono individuati una serie di parcheggi auto. Presso l'accesso alla palazzina uffici, sono previsti parcheggi per disabili (con rampe di accesso).

E' prevista illuminazione per le aree esterne al deposito, ed in particolare per parcheggi e strade perimetrali. La tecnologia è al LED con ottica cut-off, conformi L.R. Lombardia 17/2000, analogamente con l'illuminazione pubblica (cfr. Cap. B.4.7).

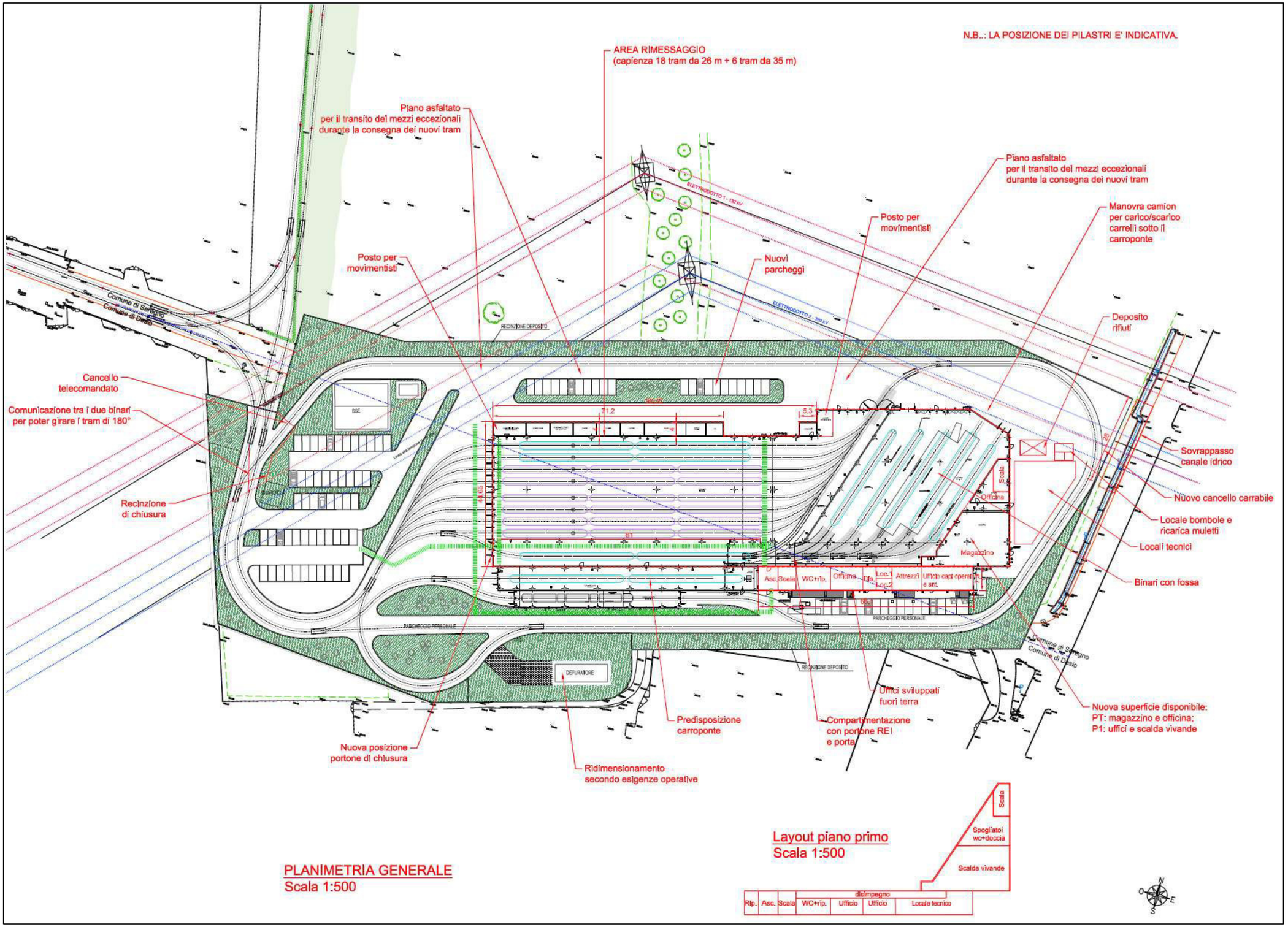


Fig. 108 – *Organizzazione delle aree di Deposito come richiesto nell'Allegato E di cui al Documento Tecnico Requisiti Variante.*

B.3.2 – DESCRIZIONE DI SPAZI E FABBRICATI

Edificio 1 – Deposito-Capannone

Il Deposito-Capannone occupa complessivamente circa 9300mq, e include la maggior parte delle funzioni dell'area del Deposito di Desio-Seregno, tra cui rimessa, officina e uffici.

La **zona rimessa** è realizzata in pannelli prefabbricati, con volume è distribuito in 3 "stecche" (con accessi sia in ingresso che in uscita), sfasate planimetricamente ed altimetricamente, con altezza contenuta entro i 10m. La struttura portante è con pilastri in calcestruzzo armato vibrato, con mensole, attacchi e collegamenti in calcestruzzo armato prefabbricato di copertura. Le pareti verticali sono realizzate con pannelli prefabbricati sandwich orizzontali in cemento. Tra i tegoli, distanziati ogni 4m, sono inseriti lucernai, dotati di una parte opaca in pannelli sandwich e una finestratura continua con profili strutturali in alluminio anodizzato. La finitura esterna prevede fasce granigliate bicolore alte 40cm. Il ricambio d'aria avviene con apertura a comando motorizzato delle finestre laterali e di parte dei lucernai.

La configurazione finale individuata prevede che la rimessa possa ospitare n.18 tram da 25m e n.8 da 35m (considerando anche il binario che porta alla zona officina e del binario allestito con tornio in fossa);

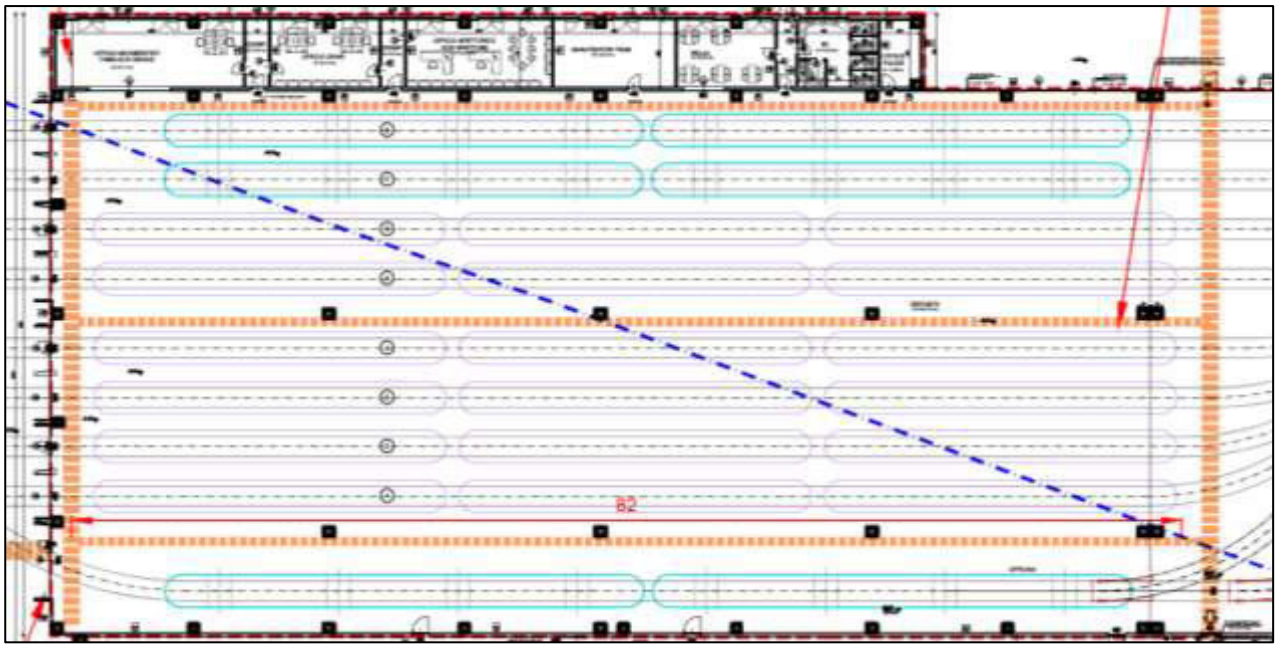


Fig. 109 – *Area deposito dell'Edificio 1, con evidenza delle 3 "stecche".*

In adiacenza a Sud della zona rimessa è individuato ambiente supplementare, analogo dal punto di vista strutturale e distribuito in 2 “stecche”, entro il quale sono presenti ulteriori 2 binari, rispettivamente tronco e passante, allestiti con **tornio in fossa** ed **impianto di lavaggio**.

Il tornio in fossa è destinato alla manutenzione e riprofilatura delle ruote dei tram, ed è dotato di carroponte. L’impianto di lavaggio presenta un ponte automatico per il lavaggio, un arcale di asciugatura, un arcale per la prova a tenuta della copertura del materiale rotabile, ed una porzione allestita con attrezzature utili alla pulizia interni; sono presenti canalette per la raccolta delle acque, convogliate nell’impianto di depurazione.

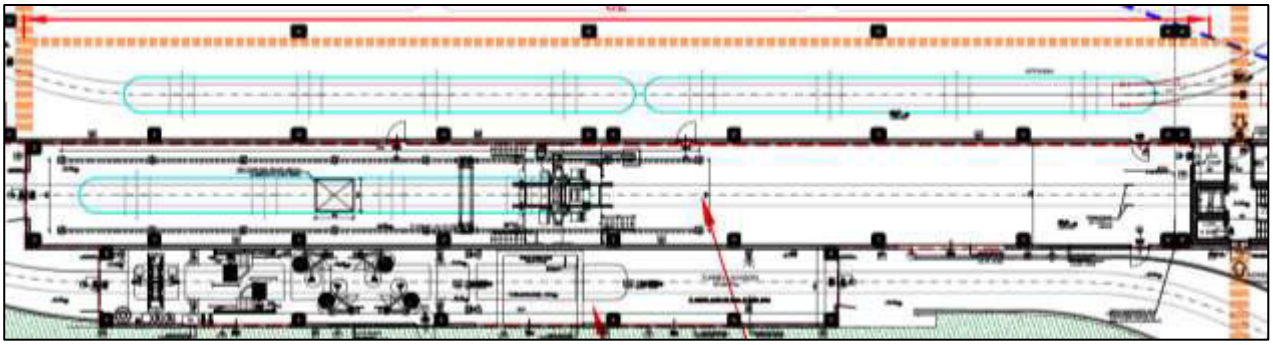


Fig. 110 – *Binario verso zona officina, binario con tornio in fossa, binario con impianto di lavaggio, presso l’Edificio 1.*

L’accesso alla **zona officina**, caratterizzata da parte strutturale e finiture del tutto analoghe alla zona rimessa, avviene con l’ultimo dei binari passanti a Est da quest’ultima, che prosegue suddividendosi in 5 binari tronchi paralleli, allestiti differenziatamente come segue:

- binario 1 – passarella per manutenzione su imperiali;
- binario 2 – passarella per manutenzione per gli imperiali, fossa di ispezione per i sottocassa; gru per movimentare carichi pesanti;
- binario 3 – passarella per manutenzione su imperiali, gru per movimentare carichi pesanti;
- binario 4 – passarella per manutenzione per gli imperiali, impianto di sollevamento tram;
- binario 5 – con carroponte (utilizzato anche per movimentazione/manutenzione carrelli).

Tutti i binari sono attrezzati con prese per aria compressa e di energia elettrica; i binari 3 e 4 anche con prese d’acqua. Tutti i binari hanno linea di contatto eccetto il 5.

Al piano terra, presso la zona officina, sono individuati i seguenti ambienti: locale olii e vernici, locale saldatura e verniciatura, locale misure elettriche elettropneumatiche oleodinamiche, reparto meccanico, magazzino e dispensa attrezzi, locale batterie/carica muletti. Sul lato Est, esterno all’edificio 1, è dislocato un locale compressori/elettropneumatico e una centrale idrica.

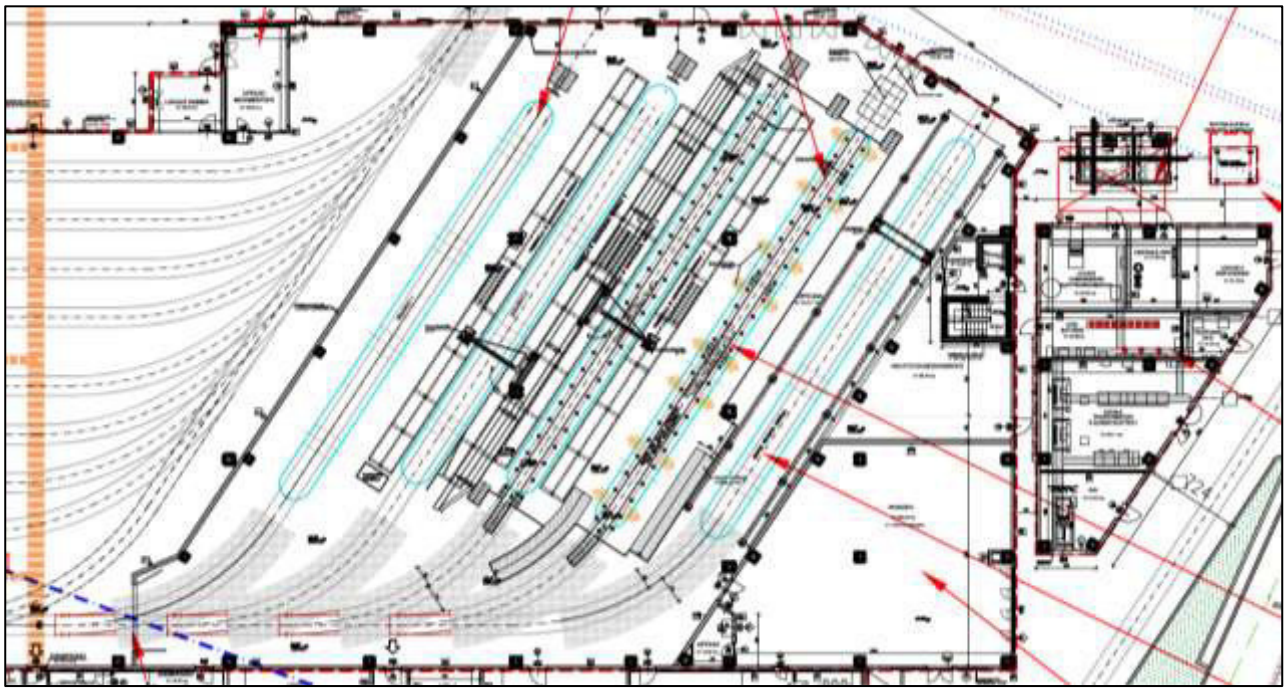


Fig. 111 – *Area officina dell'Edificio 1.*

A Sud della zona officina è presente una **palazzina uffici**, su due livelli. Al piano terra oltre a ulteriori ambienti adibiti a manutenzioni specifiche e servizi igienici, sono dislocati: ufficio movimentisti, ufficio orari, ufficio ispettore e vice ispettore, ufficio manutentore. Al primo piano sono individuati ulteriori ambienti ufficio, oltre che spogliatoi, locali tecnici e servizi igienici. Il collegamento verticale è assicurato da scale e da ascensori.

Dal punto di vista strutturale, l'edificio presenta un'orditura principale di travi rettangolari in calcestruzzo armato fissate a pilastri armati di sezione quadrata e un'orditura secondaria di lastre prefabbricate tipo sandwich per il solaio di copertura. Il tamponamento esterno è con pannelli prefabbricati di spessore variabile di 20-30cm con incapsulato polistirene espanso sinterizzato.

All'interno sono previsti pavimenti in gres, pareti in cartongesso con struttura metallica, controsoffitto in cartongesso. I divisori interni in cartongesso per i vani tecnici sono di tipo REI. Le porte interne sono REI (per le zone filtro dei vani scala e per l'accesso ai locali tecnici), oppure in alluminio e legno (per servizi igienici e uffici).

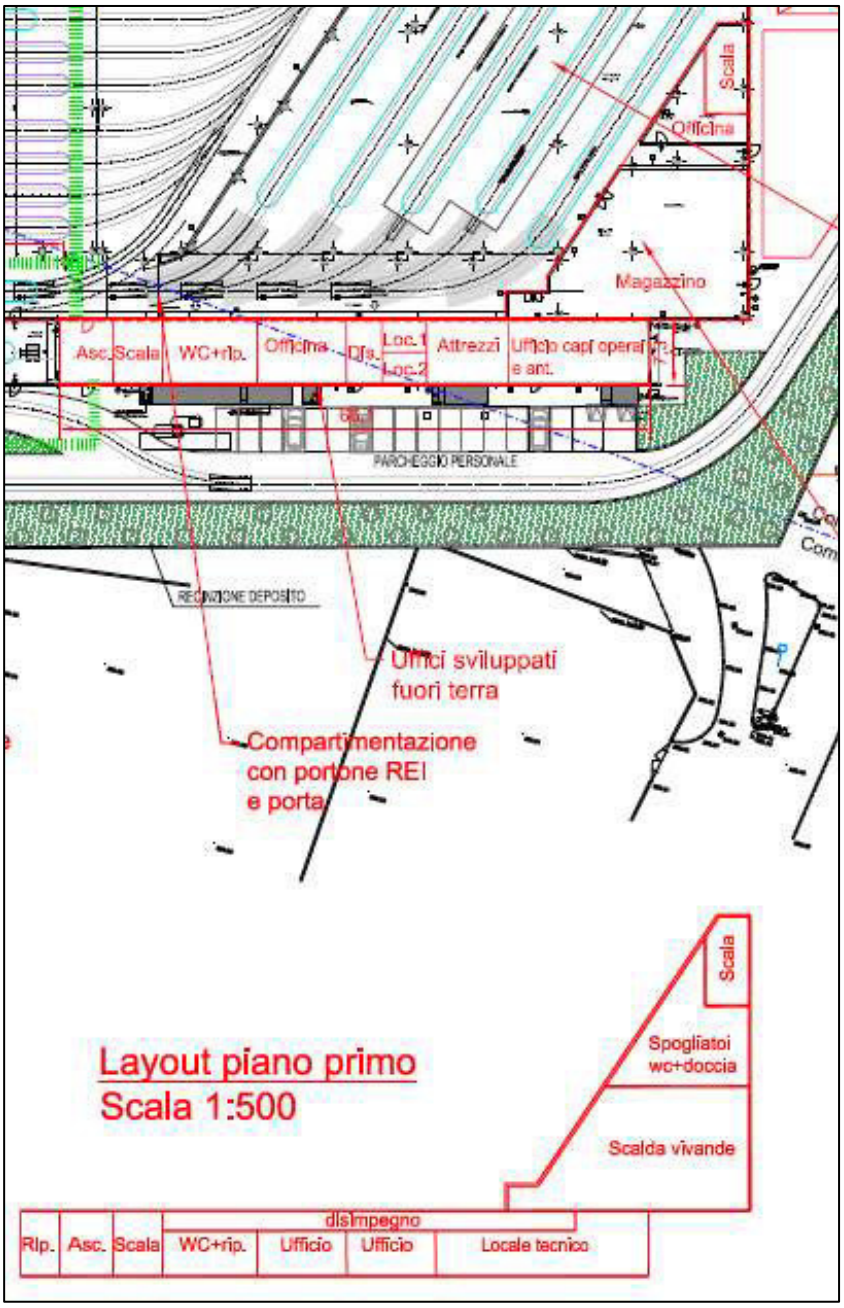


Fig. 112 – *Layout della palazzina uffici (piano terra e piano primo), con dettaglio locali.*

<u>Edificio 3 (Depuratore Acque)</u>

A Sud dell'Edificio 1 è presente un edificio che ospita un impianto di depurazione per il trattamento delle acque industriali provenienti dalla rimessa-officina o dall'impianto di lavaggio, e le invia nuovamente all'impianto di lavaggio per il riutilizzo, consentendo notevoli risparmi idrici.

Il depuratore consiste in 4 vasche interrate (di dimensioni 2,00x2,50x2,50m) all'interno di uno shelter prefabbricato, che racchiude le apparecchiature necessarie al trattamento e sollevamento. Le vasche sono ispezionabili e accessibili dal piano campagna con chiusini.

La rete di raccolta consiste in tubazioni in PVC pesante, l'impianto afferisce la serie "BWF", specifica per il trattamento biofisico di acque reflue provenienti da impianti di lavaggio automezzi.

Edificio 4 (Guardiola)

Trattasi di piccolo edificio (circa 5,5x5,1m, di altezza 4m), posto a Ovest presso l'ingresso all'area deposito, finalizzato all'identificazione del personale, e dotato di servizi igienici. La struttura è in muratura portante e la copertura è in legno.

Edificio 5 (Vasca idrica antincendio)

Consiste in una vasca interrata in calcestruzzo armato a pianta quadrata (11,5x11,5m, altezza 4m), con platea di fondazione, copertura e pareti spessi 40cm. Al centro è presente una parete di mezzeria con apertura, sulla copertura fori per il passaggio degli impianti idraulici.

Edificio 6 (deposito rifiuti)

E' altresì previsto (estraneo all'appalto), Nord dell'Edificio 1, un locale destinato a deposito rifiuti solidi urbani, di modeste dimensioni (circa 4x7m), con struttura in muratura portante in cemento e solaio piano, finiture in intonaco tradizionale.

Edificio 7 (SSE)

La sottostazione elettrica, posta nei pressi dell'accesso all'area deposito, è della tipologia fuori terra, con layout e allestimenti del tutto analoghi a quelli previsti per le SSE lungo linea (cfr. Cap. B.2.5), ad eccezione delle dimensioni, leggermente maggiori (15,00 m x 13,00 m).

Oltre agli impianti di deposito, la SSE alimenta anche l'infrastruttura di linea.

Fig. 113 – *Area esterna presso l'ingresso al Deposito, con parcheggi, SSE e guardiola.*

B.3.3 – IMPIANTI OSPITATI

Complessivamente, nel Deposito sono previsti i seguenti impianti:

- elettrici:
  - Allacciamento linee MT 15 kV dalla SSE n.7 Deposito;
  - Cabina elettrica MT/BT 15 kV/400V;
  - Impianti di messa a terra ed equipotenziali;
  - Gruppo elettrogeno per alimentazione privilegiata;
  - Gruppo statico di continuità per alimentazione continuità assoluta;
  - Gruppi soccorritori per illuminazione di sicurezza edificio 1;
  - Quadro elettrico generale QGBT;
  - Quadri elettrici di distribuzione secondaria;
  - Distribuzione principale (cavi e vie cavo);
  - Impianti di illuminazione interna ed esterna;
  - Impianti prese fm di servizio;
  - Allacciamenti elettrici a servizio degli impianti meccanici (CDZ, estrazione aria, sollevamento acque e riscaldamento);
  - Allacciamenti elettrici a servizio degli impianti riscaldamento deviatoi RED;
  - Allacciamenti elettrici a servizio delle motorizzazioni accessi (portoni, cancelli, ecc.);
  - Impianti telefonici e rete dati;
  - Impianti di rilevazione fumi ed allarme incendio;
  - Impianti antintrusione;
  - Impianti di allarma sonoro per evacuazione (EVAC);
  - Impianti di controllo accessi;
- meccanici:
  - Reti esterne (idrica, antincendio, gas metano, acque nere, acque industriali);
  - Centrale termofrigorifera;
  - Impianto di riscaldamento ad aerotermi (rimessa, tornio in fossa, tunnel lavaggio);
  - Impianto di riscaldamento a termostrisce (officina);
  - Impianto di condizionamento a ventilconvettori (uffici);
  - Impianto di aria primaria (uffici);
  - Impianto di riscaldamento a radiatori (servizi igienici, spogliatoi);
  - Impianto di condizionamento locali tecnici elettrici (UPS e batterie, trasformatori);
  - Impianto idrico-sanitario;
  - Impianto antincendio;
  - Impianto di scarico acque nere;
  - Impianto di scarico acque meteoriche;
  - Impianto aria compressa;
  - Impianto ascensori.

Sulla copertura dell'Edificio 1 è prevista l'installazione di un impianto fotovoltaico con n.540 moduli in silicio cristallino con rendimento al 79% (potenza totale installata di 175 kW di picco, per una produzione di energia annua di circa 206.516 kWh/anno), che si stima possa soddisfare il fabbisogno energetico delle pensiline di fermata. Il Progettista stima, considerato il mix elettrico italiano alla distribuzione, un risparmio energia primaria da CO2 di circa 100 tonn/anno.

B.4 – ALIMENTAZIONE E TRAZIONE ELETTRICA

B.4.1 – INTRODUZIONE

La Metrotramvia è elettrificata per l'intero sviluppo del tracciato (nessuna tratta "catenary free") ivi inclusa la zona rimessa e officina del Deposito di Desio-Seregno. Si prevede il transito di veicoli tramviari con presa di corrente a pantografo, con tensione di esercizio 600Vcc fornita da n.8 sottostazioni (7 in linea, 1 presso il Deposito).

I gruppi di conversione installati in tutte le SSE sono di tipo HESOP™, sistema brevettato da ALSTOM che consente recupero dell'energia frenata e reimmissione su rete MT (vedi Cap. B.4.2).

Il Progetto include uno specifico elaborato che illustra i criteri usati per il dimensionamento dei sistemi di trazione e alimentazione, svolto a seguito di simulazioni numeriche conformi alle condizioni di esercizio previste e a condizioni degradate.

Dal punto di vista elettrico la Metrotramvia ha una topologia semplice e non magliata, è stato quindi valutato di esercirla con sistemi di alimentazione bilaterale e sezionatori di sezione chiusi. Il Progettista ha rilevato che il dimensionamento delle SSE e l'alimentazione bilaterale dei tratti di linea, consentono di far fronte senza degrado sia al fuori servizio di un gruppo di conversione che alla mancanza di una resa di alimentazione MT (n.4 allacci in totale).

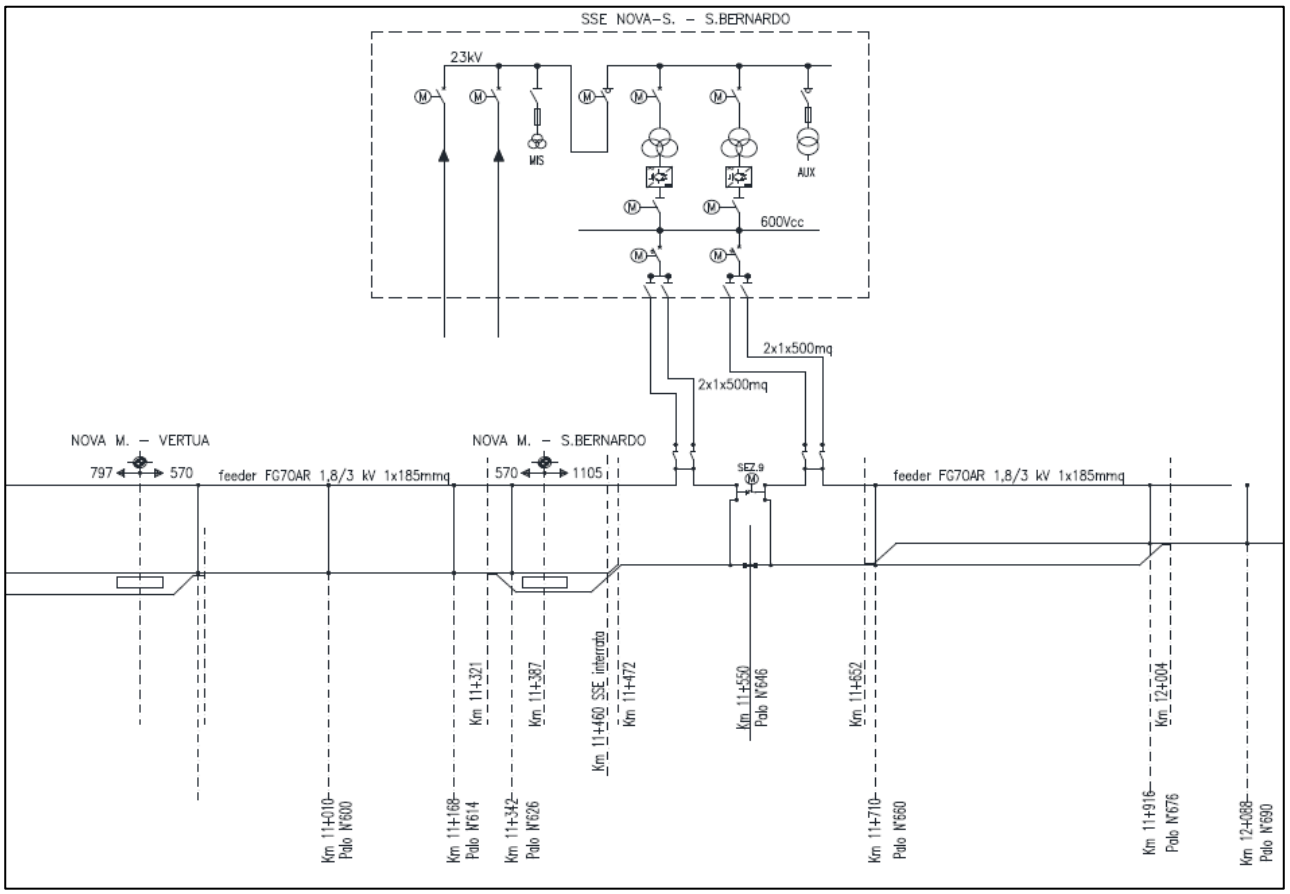


Fig. 114 – *Schema che mostra il collegamento-tipo tra una SSE e la linea.*

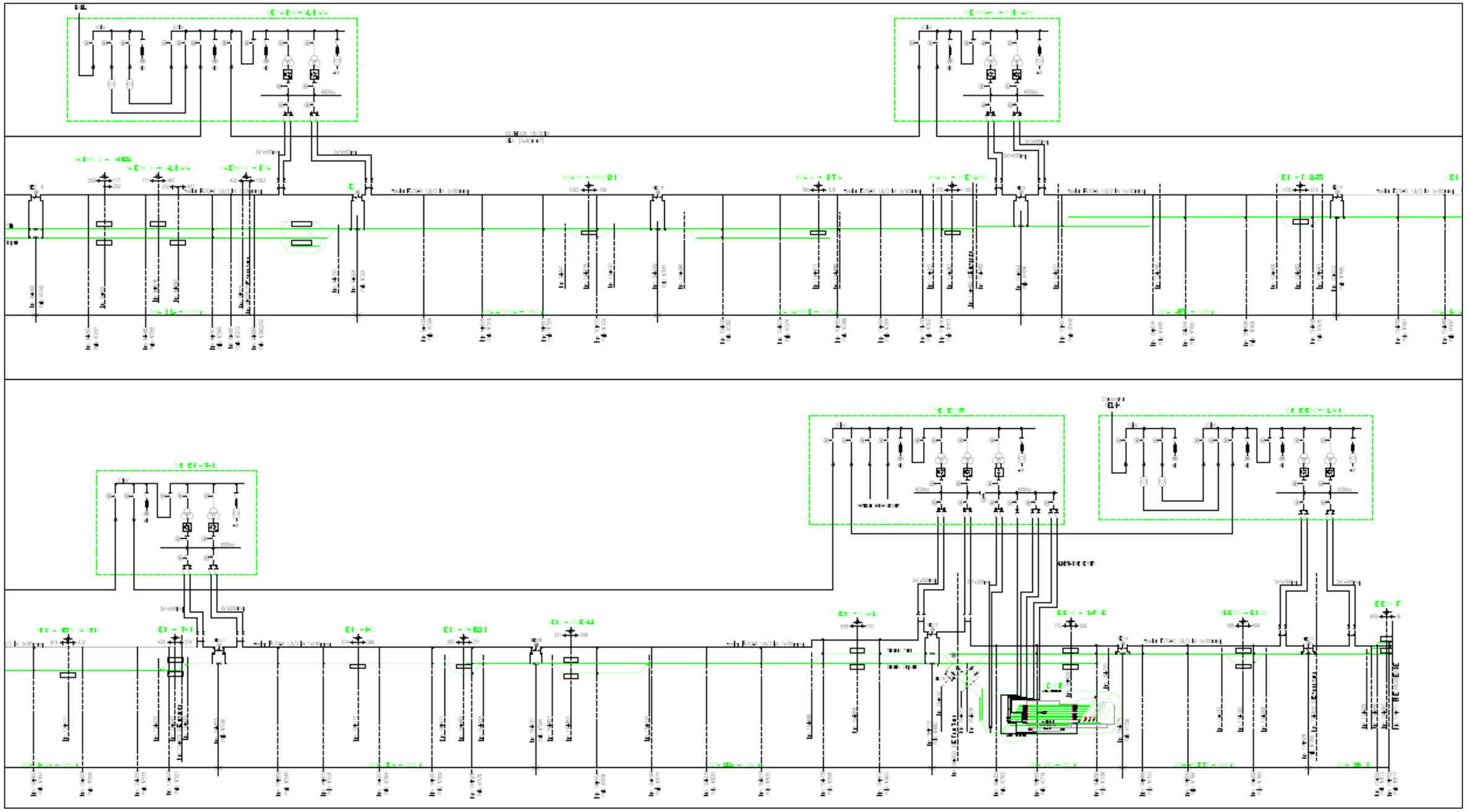


Fig. 115 – *Stralcio dello schema di alimentazione e sezionamenti (zona afferente la 2° tratta, incluso il Deposito)*

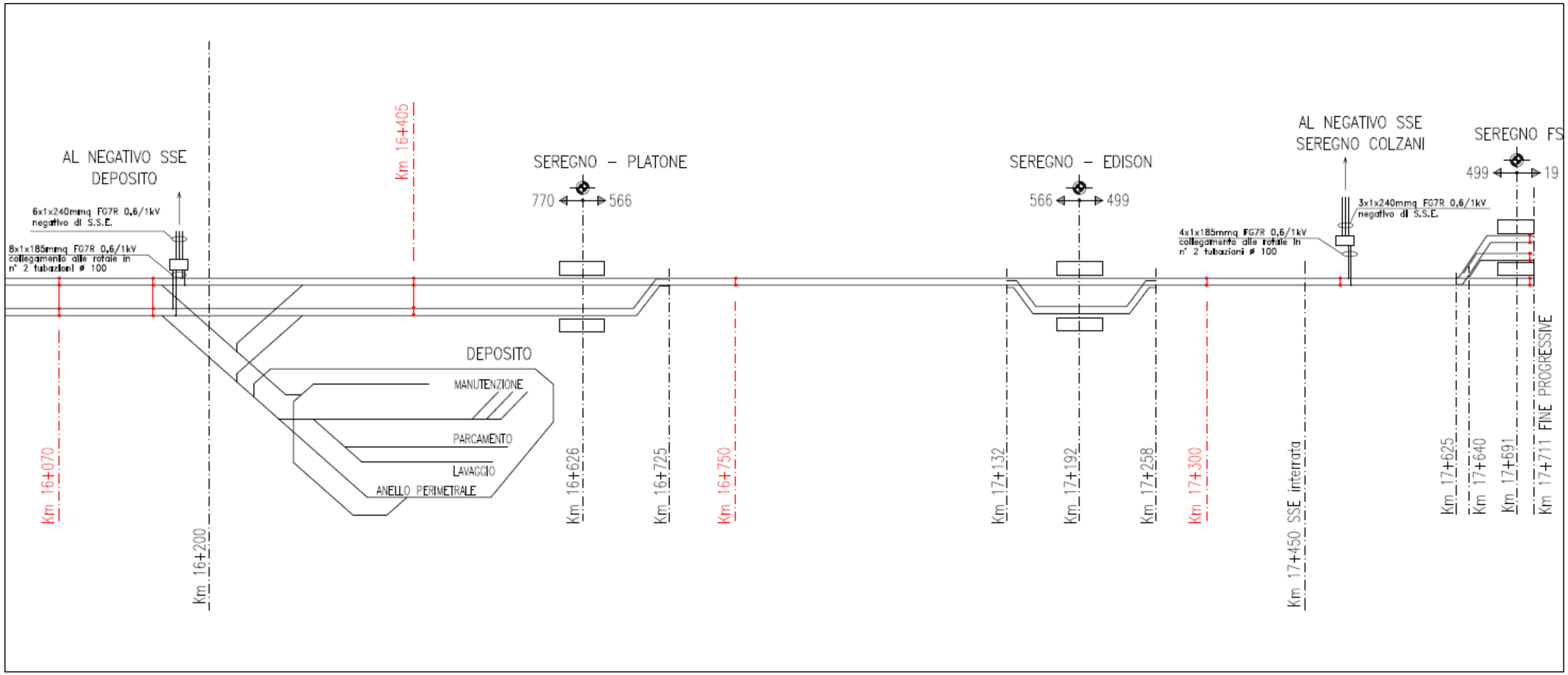


Fig. 116 – *Stralcio dello schema del circuito di ritorno (zona Deposito e capolinea Seregno FS).*

B.4.2 – SISTEMA HESOP™

Generalmente, in una tramvia, la frenatura a recupero consente di rigenerare l'energia elettrica a favore di altri veicoli su linea. ALSTOM ha brevettato una tecnologia detta HESOP™ ("Harmonic Energy Saving Optimizer"), che consente un miglior recupero dell'energia che verrebbe dissipata nelle resistenze di frenatura, con possibilità di reimmetterla nella rete a media tensione.

Installando nelle SSE gruppi di conversione che prevedono la suddetta tecnologia, è possibile regolare la tensione di uscita, in modo che la tensione sulla linea di contatto risenta in maniera inferiore delle fluttuazioni della tensione di rete. I classici raddrizzatori a diodi si comportano come carichi non lineari, assorbono correnti non sinusoidali che distorcono la tensione in funzione dell'impedenza del circuito. La tecnologia proposta riesce a ridurre l'entità dei disturbi armonici con un filtro collegato al circuito terziario del trasformatore di gruppo, che controlla il contenuto armonico della corrente modulando la forma d'onda ad alta frequenza, rendendo pressoché sinusoidale la corrente di alimentazione del raddrizzatore. Ciò, a parità di potenza assorbita, riduce le perdite lungo la linea rispetto ai sistemi tradizionali, con benefici sulla potenza di alimentazione necessaria. L'implementazione di tale sistema ha infatti consentito di proporre, in fase di offerta di gara, la riduzione di n.2 unità delle n.10 SSE previste originariamente nel Progetto Definitivo.

Il Progettista stima che l'implementazione di HESOP™ consentirà una reimmissione di circa 1750 kWh/giorno alla rete media tensione, con un risparmio del 13,1% il quale, considerato il mix elettrico italiano, produrrebbe un risparmio energia primaria da CO2 di circa 345 tonn/anno.

B.4.3 – LINEA AEREA DI CONTATTO

L'assetto generale di pali e linea di contatto è uno degli aspetti che hanno subito modifiche sostanziali nel corso della progettazione esecutiva. Nella generalità delle tratte a doppio binario, al fine di ridurre al minimo le interferenze dei plinti di fondazione con i sottoservizi esistenti, è stato valutato di collocare i pali di trazione elettrica non più lateralmente (come da Progetto Definitivo), bensì nell'interbinario, all'interno del parterre tranviario (configurazione (B) di quelle di seguito riportate). Tale scelta, oltre a chiari impatti sul progetto della trazione elettrica, ha prodotto ripercussioni anche sul progetto ferrotramviario (con riferimento all'interbinario) e sull'illuminazione pubblica (in quanto integrata ai pali di trazione elettrica).

Nel complesso, lungo il tracciato sono previste le seguenti **configurazioni** della linea aerea di contatto, in relazione a sede tramviaria, sospensioni e sostegni:

A) sospensione su mensola orizzontale e sostegno su pali laterali alla sede tramviaria;
B) sospensione su mensole orizzontali e sostegno su palo centrale alla sede tramviaria;
C) sospensione su traversata con funi trasversali e sostegno con ganci a muro o pali ("in fregio" in alcuni contesti urbani di strade e piazze);
D) sospensione su mensola orizzontale con attacco su palina aggrappata.

La configurazione (B) è quella generalmente adottata sulla 1° tratta, ma limitatamente alle porzioni che presentano sede propria e protetta. La configurazione (C) può prevedere un tipo di palo cd. "artistico" in prossimità di zone a rilevante pregio urbano. I corpi illuminanti per l'illuminazione pubblica, ove possibile sulle configurazioni (A,B,C), è integrata sui pali.

Dentro il Deposito di Desio-Seregno, la sospensione della linea di contatto interna all'Edificio 1, è effettuata con tiranteria trasversale ancorata ai pilastri del capannone con appositi ganci.

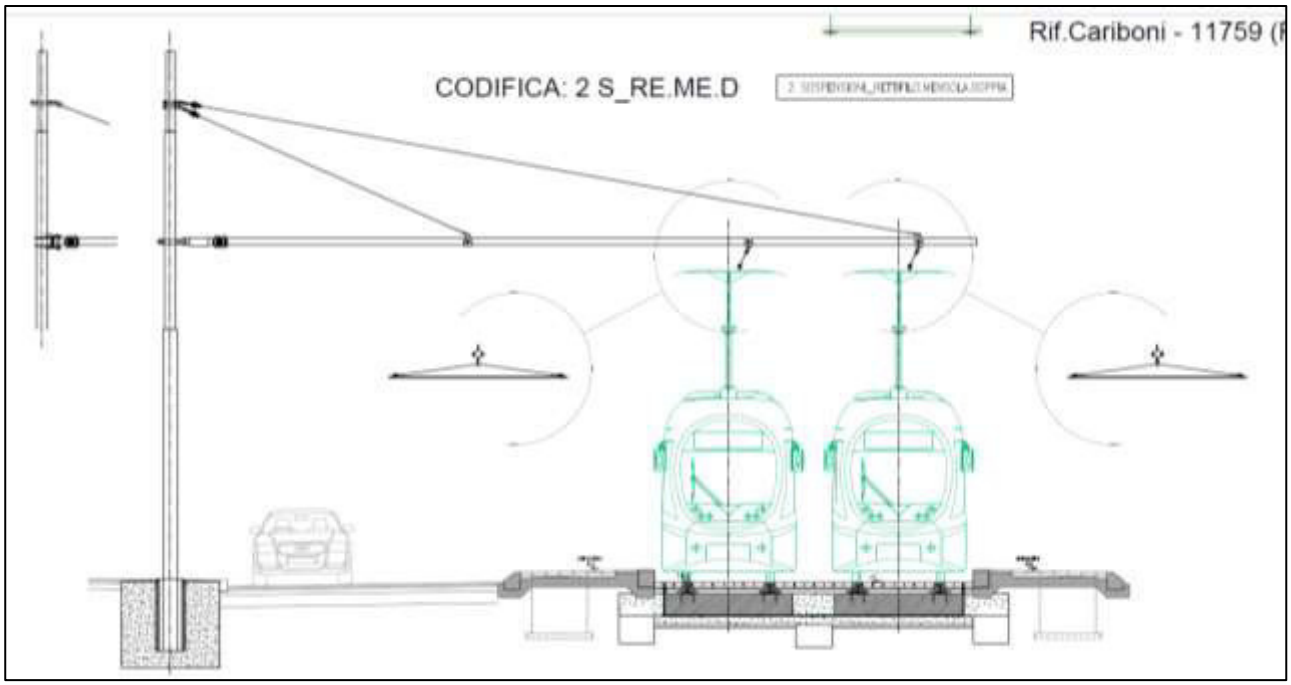


Fig. 117 – *Esempio di configurazione (A).*

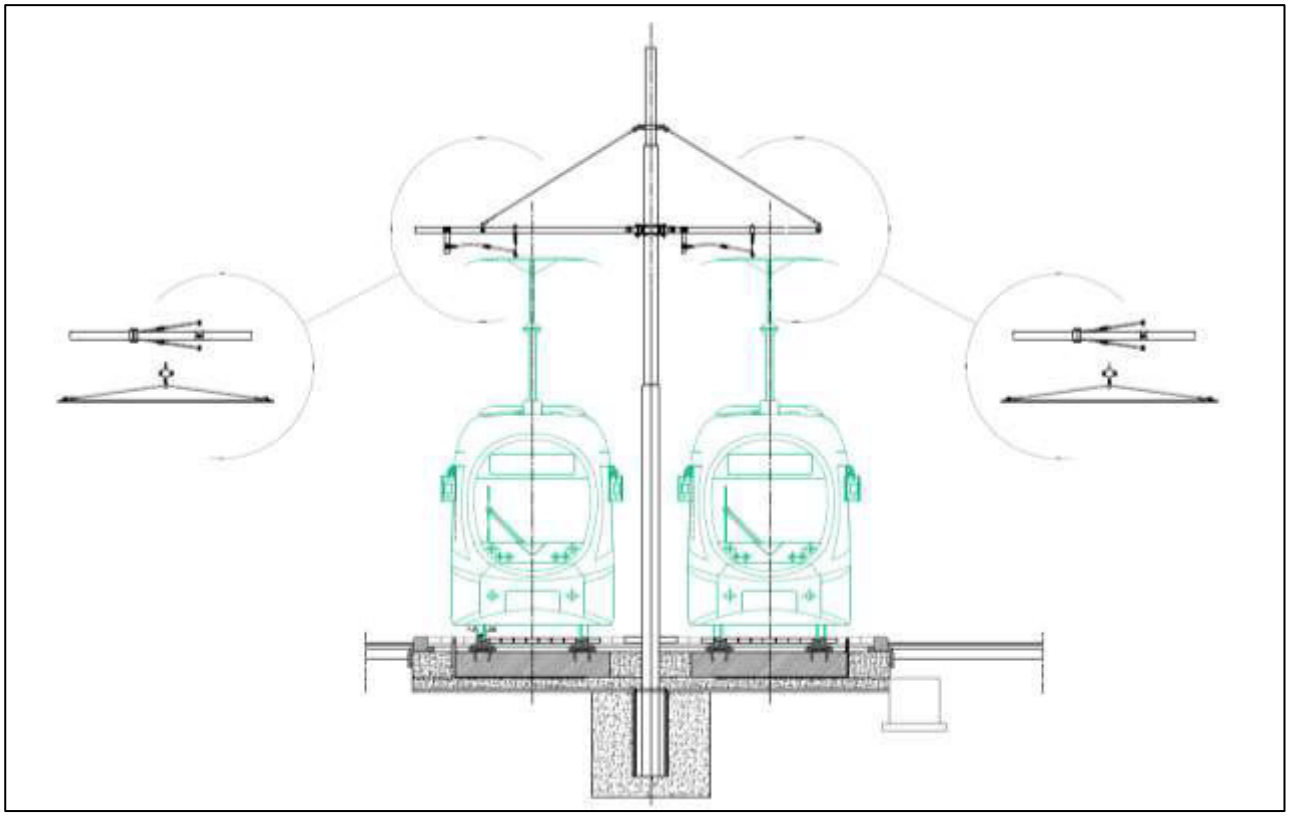


Fig.118 – *Esempio di configurazione (B).*

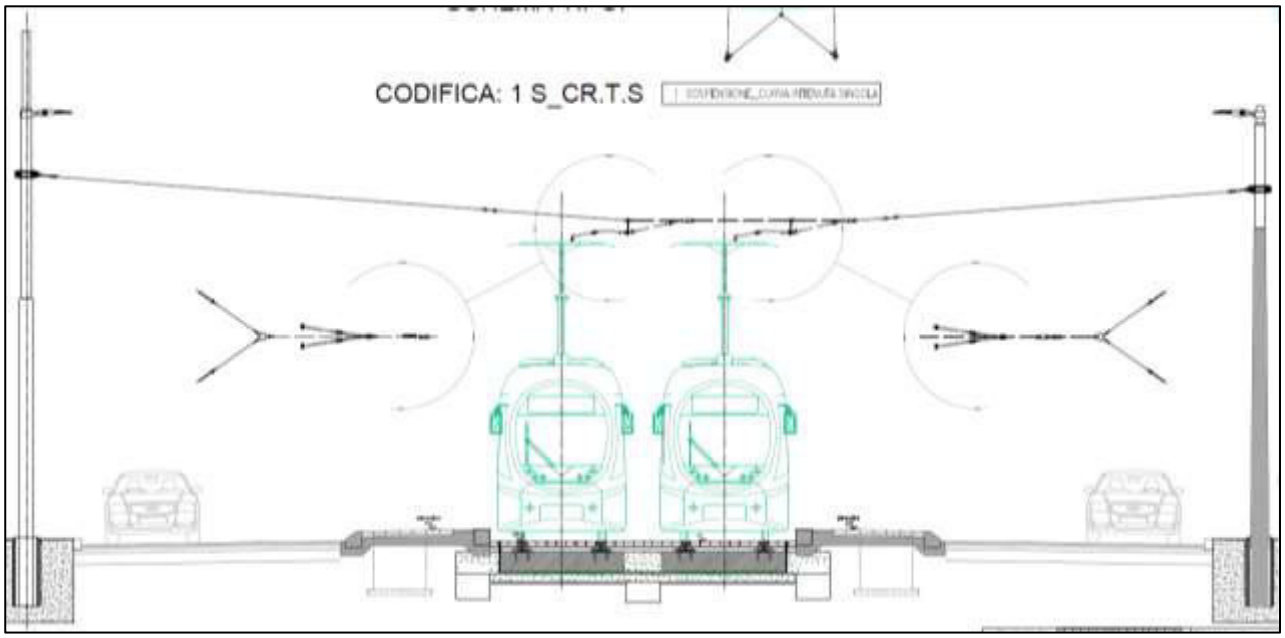


Fig.119 – *Esempio di configurazione (C).*

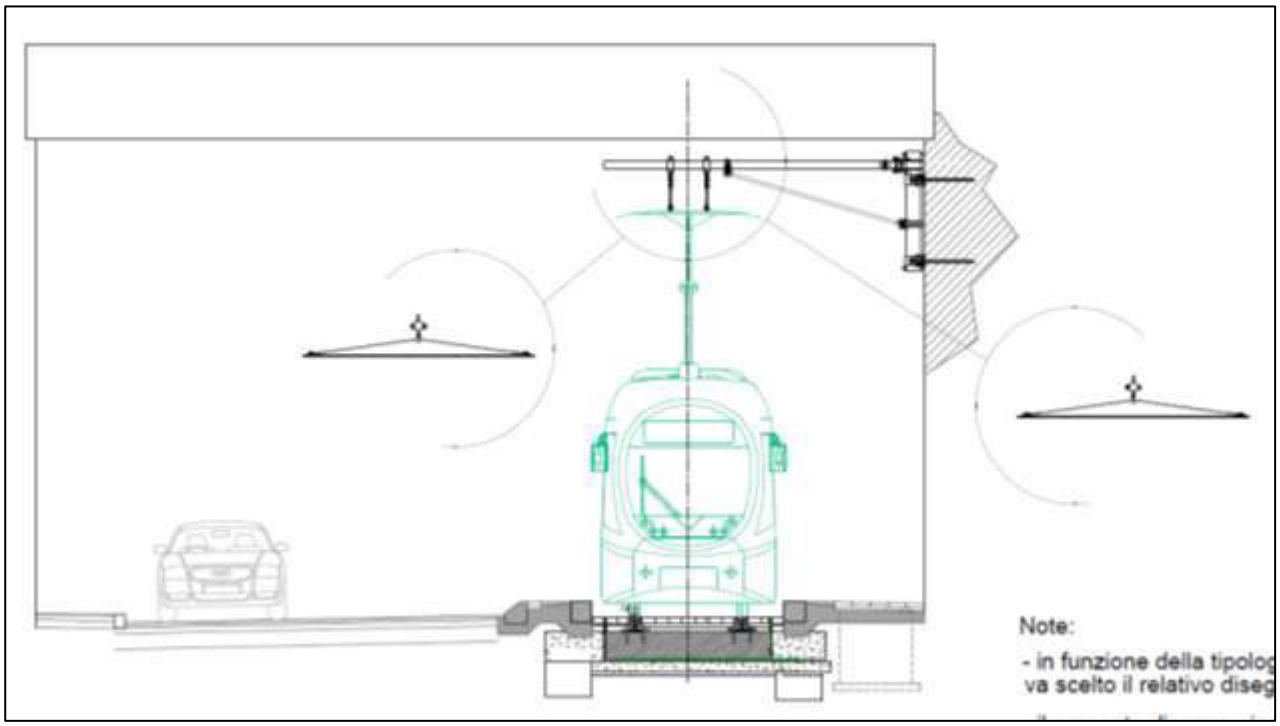


Fig.120 – *Esempio di configurazione (D).*

Il Progettista rappresenta che la catenaria è progettata nel rispetto della norma CEI EN 50119. Il **filo di contatto** è costituito di un solo cavo sagomato in rame a alta resistenza CuETP, di sezione 120 mm² (configurazione AC-120 CEI EN 50149). Di norma, **l'altezza dal piano del ferro** della linea è di 5,60m sotto sospensione, e 5,20m a centro campata, con minimo a 4,60m sotto galleria.

La **posa del filo** di contatto è in parte fissa (non regolata), in parte regolata (con regolazione automatica); in quest'ultimo caso le variazioni di lunghezza in funzione della temperatura sono compensate da dispositivi che mantengono costante la tensione meccanica del filo. La regolazione automatica consente campata massime maggiori, fino a 40m, altrimenti limitate a 20m.

La **poligonazione** normale in rettifilo è di ± 25 cm. Nelle curve, la poligonazione rispecchia i criteri stabiliti in sede di gara (limite a centro campata di freccia orizzontale inferiore a 30 cm).

In presenza di **deviatoi** sulle rotaie, la linea aerea di contatto presenterà alcuni accorgimenti al fine di evitare impigliamenti. Il sistema di sospensione garantirà che i fili di contatto del deviato e retto rimangano alla corretta quota altimetrica; inoltre, dopo lo scambio, il filo del deviato rimarrà parallelo al retto fino alla sospensione successiva, per poi essere condotto rapidamente all'ormeggio.

Per quanto riguarda **sostegni, ganci e verniciature**, si farà uso su tutta la linea di materiali commerciali normalmente in uso (o, in carenza, di caratteristiche equivalenti). Il Progetto riporta disegni di assiemi e componenti di sospensioni e morsetterie impiegati nell'elettrificazione.

I **pali di sostegno** consistono in tubolari rastremati a diverse geometria (tipo "Massenmann"), in acciaio saldabile ad alta resistenza S355JR (profilati conformi a norma UNI EN 10210). Sui pali è prevista zincatura e verniciatura con RAL 6002, con installazione su blocchi di fondazione in calcestruzzo armato (classe di resistenza C25/30 e acciaio tipo B450C).

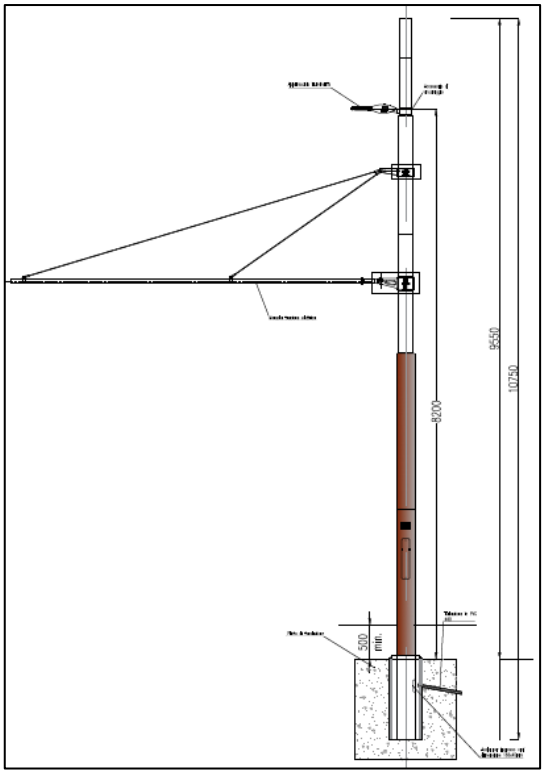


Fig. 121 – *Palo cd. "artistico".*

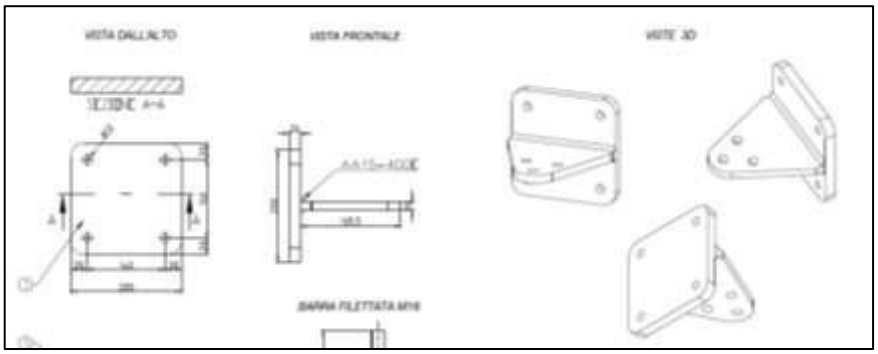


Fig. 122 – *Dettagli e morsetteria: piastra per ormeggio a muro.*

B.4.4 – CAVI ALIMENTATORI E CIRCUITO DI RITORNO

Per quanto riguarda i **cavi alimentatori**, essi percorrono l'intera lunghezza del tracciato entro canalizzazioni sotterranee in cavidotto, e si distinguono in:

- alimentatori positivi, che collegano le SEE alla linea di contatto, con risalite su pali.
- alimentatori negativi, che collegano rotaie alle SSE, costituendo il "ritorno" della trazione;
- alimentatori di rinforzo ("feeder"), consistenti in una serie di vie di cavi con risalite su pali.

La catenaria è supportata da un feeder di sezione 185 mm² (tipo FG7OAR 1,8/3 kV) posato nel cavidotto interrato.

Allo scopo di garantire un percorso di ritorno verso i negativi di ciascuna SSE è stata prevista la realizzazione di collegamenti equipotenziali tra le rotaie dei due binari, tali collegamenti sono stati previsti in corrispondenza del punto di collegamento tra le rotaie ed il negativo di SSE ed a passi di 500m circa rispetto a questo punto. Il collegamento equipotenziale tra le 4 rotaie è stato previsto con cavi FG7R 0,6/1kV di sezione 2x1x185mm2.

In prossimità delle SSE, in corrispondenza del collegamento del circuito di ritorno al negativo di SSE è realizzato un collegamento rinforzato con cavo FG7R 0,6/1 kV di sezione 4x1x185 mm2.

I sezionamenti sono realizzati con isolatori di sezione percorribili dal pantografo alla velocità di 80 Km/h secondo CEI –UNEL 79826/89. I sezionatori di linea sono del tipo motorizzato manovrabili sotto carico. I sezionatori su cui si attestano i cavi di alimentazione uscenti dalle rispettive SSE sono del tipo manuale a vuoto.

In corrispondenza di ogni collegamento del Feeder con la linea di contatto è prevista la posa di scaricatori di tensione per la protezione della apparecchiature e del Feeder dalle sovratensioni di origine automatica e di manovra.

Cavi di alimentazione: il Feeder di rinforzo della sezione di 185 mm² è realizzato mediante cavo tipo FG7OAR 1,8/3kV (CEI 20-13).

B.4.5 – MESSA A TERRA E DISPOSITIVI DI SICUREZZA

Il Progettista rappresenta che il sistema di sostegno/sospensione presenta **doppio isolamento**, pertanto, in accordo alla CEI EN 50122-1 (par. 6.2.3.2), non è necessario collegare a terra o al circuito di ritorno le strutture di sostegno, ivi inclusi i pali.

Si evidenzia che nel Progetto, il riferimento fatto a pag.18 dell'Elaborato n.3000 al fatto che non siano previsti pali di sostegno posti nell'interbinario, costituisce chiaro refuso.

B.4.6 – SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE (CARATTERISTICHE ELETTRICHE E IMPIANTI)

Le n.8 sottostazioni elettriche di progetto hanno installata una **potenza nominale di 2000 kW**, che alimentano gli impianti di trazione di linea a tensione 600V. In virtù della topologia semplice del tracciato (non magliata) l'alimentazione è di tipo bilaterale.

Tutte le SSE (inclusa quella interna al Deposito), a prescindere dal diverso layout interno (per il quale si rimanda al Cap. B.2.5), presentano l'equipaggiamento "tipico" di un sistema di alimentazione tramviario (da monte a valle): quadro MT, gruppo di conversione, apparecchiature di protezione, sezionatori.

Sono previsti n.4 allacci alla linea MT: presso la SSE n°1 a Milano (Società A2A, 23 kV), presso la SSE n°3 a Cusano M. (ENEL, 23 kV), presso la SSE n°4 Paderno D. (ENEL, 15 kV), presso la SSE n°8 a Seregno (Società Gelsia, 15 kV). I **quadri MT** sono alimentati da cavi tripolari RG7H1OR 18/30 kV e sezione di 95 mm2 (SSE 4 e 8), e cavi tripolari RG7H1OR 18/30 kV e sezione 50 mm2 (SSE 1 e 3). I quadri MT prevedono un sistema di sbarre da cui sono derivate le alimentazioni per trasformatori, servizi ausiliari e linee di alimentazione MT. Il quadro MT della SSE n°7 (presso il Deposito) ha 2 ulteriori partenze dedicate all'alimentazione della cabina MT/BT.

Ogni SSE è allestita con **gruppi di conversione** con trasformatori di potenza in resina da 1018 kVA a doppio secondario, e 2 raddrizzatori da 1000 kW. I gruppi di conversioni presentano la peculiare tecnologia HESOP™ (cfr. Cap. B.5.2).

Le **apparecchiature di protezione** prevedono un quadro blindato in c.c. con 2 interruttori extrarapidi, che rendono ogni cavo positivo sezionabile ad entrambe le estremità, consentendo l'isolamento di cavi positivi guasti (per esercizio degradato, o operazioni di test e manutenzione).

Tra i **sezionatori** di 1° fila (in uscita alle SSE) e 2° fila (lungo le tratte di linea da sezionare, manuali) sono utilizzati cavi unipolari del tipo RG7NR, con isolamento 1,8/3 kV (corda rotonda compatta di rame, isolamento in gomma sintetica qualità G7, armatura di tipo a nastro), con sezione 1x500 mm2 e formazione 2x(1x500mm2).

Tra gli ulteriori allestimenti delle SSE:

- quadro fornitura BT (posto all'aperto o nel locale misure) che, in caso di guasto alla rete MT, consente alimentazione di riserva per servizi ausiliari e impianti di fermata;
- UPS da 25 kVA;
- batterie e caricabatterie da 110V cc, 6 kVA;

Per quanto riguarda l'interfaccia con la linea tramviaria esistente a Sud di Milano-Parco Nord, il nuovo sistema di alimentazione della linea di contatto sarà indipendente. E' previsto un tratto "tampone" per mezzo di un sezionamento con tratto neutro di lunghezza di circa 5 metri, ed un sezionatore (aperto in normale esercizio) che consente, in caso di necessità, l'alimentazione del tratto neutro dal nuovo impianto.

A prescindere dal layout, tutte le SSE prevedono analoghi allestimenti. Per quanto riguarda gli impianti elettrici, i principali sono:

- quadri elettrici di distribuzione luce/fm di SSE;
- quadro elettrici di riscaldamento deviatoi QRED;
- impianti di illuminazione interna ed esterna;
- impianti di rilevazione fumi;
- impianti antintrusione.

I principali impianti meccanici presenti sono:

- impianto di condizionamento locale UPS;
- impianto di estrazione aria locali trafo e locale quadri elettrici;
- impianto idrico-sanitario;
- impianto di scarico.

Le SSE interrate presentano inoltre un impianto di sollevamento acque.

B.4.7 – ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Gli impianti di illuminazione pubblica sono dislocati lungo la Metrotramvia, prevedendo di sostituire integralmente quelli attualmente esistenti presso le varie municipalità attraversate.

In sintesi è previsto, oltre alla dismissione dei vecchi impianti: l'allacciamento alle reti di illuminazione pubblica esistenti, la realizzazione di cavidotti, pozzetti e cavi per l'alimentazione dei nuovi impianti.

Il progetto illuminotecnico ha tenuto conto della scelta di integrare i corpi illuminanti con i pali di trazione elettrica.

Il Progettista evidenzia che i nuovi impianti di illuminazione saranno allacciati ai punti di fornitura già esistenti (quadri di IP e/o pozzetti delle reti IP), tenendo in considerazione gli ambiti di competenza territoriale dei vari comuni interessati dall'intervento; nonché che tutte le derivazioni (sia dalle forniture esistenti, che per i nuovi punti luce) saranno realizzate mediante giunzioni del tipo rapido in gel (con grado di protezione IP68), e saranno collocate all'interno dei pozzetti.

Il Progettista dichiara che tutti i nuovi impianti saranno realizzati in Classe II d'isolamento.

B.5 – SEGNALAMENTO E ALTRI IMPIANTI SPECIALI

B.5.1 – INTRODUZIONE

I sistemi tecnologici previsti per la Metrotramvia sono i seguenti:

- segnalamento Interlocking (IXL);
- train-stop;
- riconoscimento lato banchina;
- supervisione e controllo (ATS);
- ausilio all'esercizio (SAE);
- rete di trasmissione (in FO, cablata e Wi-Fi);
- impianti audio-video, telefonia, pannelli a messaggi variabili;
- SCADA;
- preferenziamento semaforico.

Le principali funzionalità di tali sistemi sono i seguenti:

- garantire la massima sicurezza della marcia dei tram;
- gestire correttamente gli incroci del tram (tratte a singolo binario);
- garantire un collegamento di rete per la trasmissione dati tra SSE, fermate e PCC;
- garantire un collegamento radio per la trasmissione dati e voce tra tram e PCC;
- supervisionare la linea monitorando l'intera flotta;
- garantire la comunicazione verso l'utenza della linea;
- diagnosticare sottosistemi tra loro connessi agevolando la manutenzione dell'intero sistema.

Come Posto di Controllo dell'infrastruttura, si è valutato di disporre del PCC già presente presso Monterosa, attualmente utilizzato dall'esercente ATM per la gestione del parco tramviario del Comune di Milano.

Il PCC Monterosa ubicherà le postazioni a solo a livello client, mentre i server sono collocati presso i locali tecnologici del Deposito di Desio-Seregno.

A bordo dei tram, i principali sistemi da attrezzare sono:

- ausilio all'esercizio (SAE): sia per i 18 tram monodirezionali (esistenti) che per i 25 tram bidirezionali (di futura fornitura);
- train-stop: sia per i 18 tram monodirezionali (esistenti) che per i 25 tram bidirezionali (di futura fornitura);
- riconoscimento lato banchina: solo per i 25 tram bidirezionali (di futura fornitura).

Infine, il SAE sarà interfacciato con ulteriori apparati a servizio dell'utenza (non oggetto del presente intervento), tra cui: velette, conta passeggeri, bigliettazione, etc.

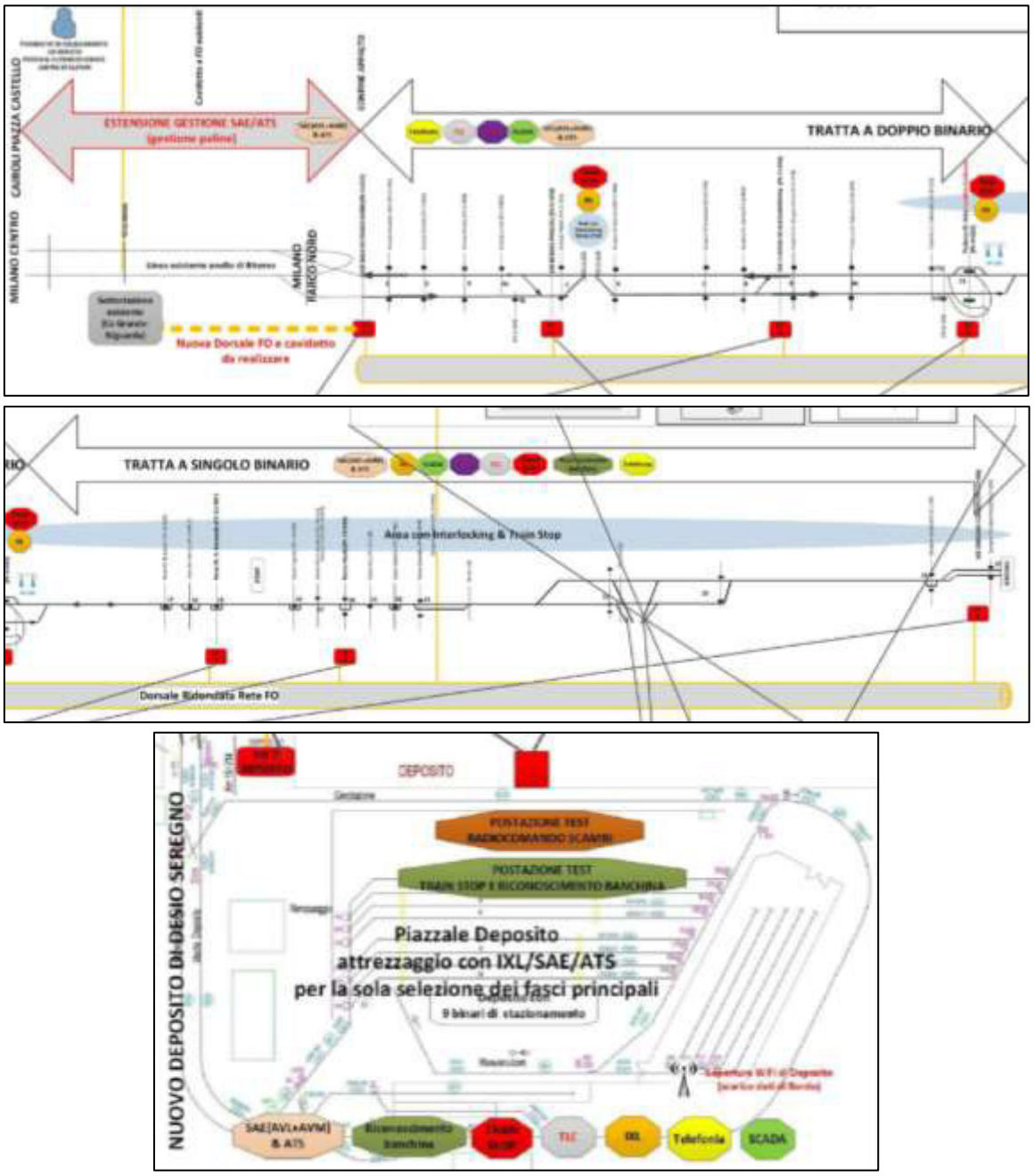


Fig.123-1,2,3 – *Stralci di elaborati schematizzanti l'architettura di sistema degli impianti speciali, (con riferimento rispettivamente a 1° tratta Milano-Erba, la 2° tratta Erba-Seregno, Deposito)*

B.5.2 – Standard di Sicurezza sull'Interlocking e Ulteriori requisiti di Progetto

La definizione dei requisiti degli impianti di segnalamento e degli altri impianti tecnologici (di seguito "impianti speciali") ha fatto seguito, oltre che agli obiettivi generali stabiliti a monte del finanziamento (cfr. Cap.A), a quanto ulteriormente definito in sede di approvazione del Progetto Definitivo. In particolare, la Delibera CIPE n°52/2008 ha subordinato l'approvazione di quest'ultimo a una serie di prescrizioni, da soddisfare nell'ambito della progettazione esecutiva. Tra queste, la Prescrizione n°23 disponeva quanto segue: *"per le tratte a singolo binario con raddoppi agli incroci dovrà essere previsto un impianto di segnalamento tale da garantire la sicurezza del tram e che arresti la marcia in caso di mancato rispetto dei segnali a via impedita con ripetizione dei segnali a bordo del veicolo (tipo ferroviario)"*. Ne consegue che la Metrotramvia si sarebbe

dovuta dotare, almeno per le tratte a singolo binario, di sistema di segnalamento con grado di integrità SIL4.

Tale aspetto, peraltro, risultava altresì già compreso tra le migliorie offerte dall'Appaltatore in sede di gara. Nello specifico, l'elaborato di progetto "Relazione di recepimento delle migliorie offerte" riporta quanto segue: *"Gli eventi di pericolato incidente causati da malfunzionamenti del sistema di segnalamento, saranno accettati nel caso di conseguenze con severità "catastrofica" se la relativa frequenza di occorrenza THR è uguale od inferiore a 10-9 eventi /h. In particolare:*

- *Per i malfunzionamenti del sistema di segnalamento che comportano direttamente una situazione di pericolato incidente, sarà completamente allocato un target THR = 10-9 eventi/h (SIL 4 secondo CENELEC EN 50129);*
- *Per i malfunzionamenti del sistema di segnalamento la cui situazione di pericolato incidente necessita di una combinazione con una "operational barrier" indipendente (es: errore personale di condotta), il THR globale sarà allocato al sottosistema con un contributo target THR di 10-7 eventi/h (SIL 2 secondo CENELEC EN 50129)."*

Sotto il profilo contrattuale, quota parte delle modifiche necessarie al Progetto Definitivo per ottemperare alle prescrizioni CIPE del 2008, tra cui quella concernente il sistema di segnalamento, sono confluite in un Atto Integrativo al contratto di appalto principale, stipulato nel 2020.

In esito alla sottoscrizione di tale Atto e di una serie di tavoli tecnici tra Committente/Stazione Appaltante, Appaltatore/Progettisti, ed esercente ATM, sono stati condivisi ulteriori aspetti di dettaglio inerenti gli impianti speciali, acquisendo anche le osservazioni e prescrizioni acquisite nel corso della Conferenza di Servizi nel frattempo conclusa. Tali indicazioni tecniche sono confluite nella variante cd. "interoperabilità", che ha previsto nuovi lavori e fornitura a carico dell'intervento.

Come ricostruito nell'elaborato di progetto "Relazione Generale Variante interoperabilità" i principali aspetti oggetto di modifica rispetto al Progetto Definitivo hanno riguardato:

- *"nuova configurazione Posto centrale di Milano – sede ATM di via Monterosa con una nuova configurazione delle postazioni operatore in deposito (Principale e Secondaria): spostamento del Posto Centrale della nuova Linea Milano Parco Nord – Seregno presso la sala esistente del PC di Monterosa al primo piano dell'edificio anziché presso il deposito/officina in Desio/Seregno, così come era previsto nel Progetto Definitivo;*
- *nuova postazione test nel deposito/officina di Desio/Seregno per impianto radiocomando scambi;*
- *nuova postazione test nel deposito/officina di Desio/Seregno per impianto Train Stop e riconoscimento banchina;*
- *sui Tram Bidirezionali, implementazione (fornitura ed installazione) della funzionalità "Riconoscimento in Banchina" con relativo attrezzaggio di Terra – Boe;*
- *tratto aggiuntivo di cavidotto tranviario che dal fine lotto dell'Appalto principale si estende fino al cavidotto esistente a Milano, in direzione Cà Granda, in corrispondenza del capolinea di Niguarda;*
- *sistema SAE/ATS (Terra e bordo): interfacciamento con AVM esistente e funzionalità aggiuntive;*
- *fornitura e posa del sistema interlocking in corrispondenza del capolinea di Calderara;*

- *attrezzaggio di 25 TRAM Monodirezionali Sirio 35m (serie 7100) con Segnalamento (Train Stop & SAE di Bordo): processo di Omologazione e relative responsabilità;*
- *attrezzaggio di 18 nuovi TRAM Bidirezionali con Segnalamento (Train Stop, Riconoscimento Banchina e SAE di Bordo): processo di Omologazione e relative responsabilità;*
- *fornitura di arredi ed attrezzature minori per il deposito di Desio - Seregno;*
- *impianti speciali: adeguamento funzionale di alcuni impianti del deposito/officina di Desio/Seregno."*

Le suddette richieste sono state maggiormente specificate e nonché ricondotte analiticamente a una serie di "requisiti tecnici" di maggior dettaglio tecnico e raccolte nell'elaborato "Documento tecnico requisiti variante". Si riportano di seguito alcuni requisiti inerenti il sistema di segnalamento interlocking, citati negli elaborati di progetto con la dicitura *[Desio_Metrotramvia_SyRS_xxx]*):

- [SyRS_0014]: *"Uso della tecnologia ferroviaria di segnalamento (Interlocking – SIL4) sulla tratta a singolo binario – Per garantire la massima sicurezza della marcia del tram sulla tratta a singolo binario, anche se non specificatamente richiesto il livello di sicurezza dai documenti a base gara, si offre un sistema di segnalamento SIL4 (Safety Integrity Level), del tutto uguale a quello utilizzato nelle ferrovie italiane."*
- [SyRS_0015]: *"Il sistema proposto è un Interlocking con un S-HMI (Safe Human Machine Interface) conforme alla EN 50129 per controllare la tratta a singolo binario, il deposito ed il sottopasso autostrada A4 (tratta a doppio binario). Il sistema è scalabile e, pertanto, può essere esteso ad altre aree considerate critiche dal Gestore."*
- [SyRS_0190]: *"sistema segnalamento: composto da un Interlocking totalmente computerizzato (SIL4) che contrariamente ai sistemi Interlocking tradizionali a Relè, comporta notevoli vantaggi in termini di: performance, funzionalità, configurabilità e potenzialità del sistema."*
- [SyRS_0201]: *"In materia di sicurezza, circa la marcia dei veicoli nella tratta a singolo binario, viene offerto un sistema di segnalamento composto di un Interlocking tipicamente impiegato in ambiente ferroviario che garantisce un grado di sicurezza SIL4 (Safety Integrity Level) conforme alla normativa europea EN 50129."*

In relazione ai requisiti del sistema di segnalamento, tra cui quelli sopra riportati, il Progettista dichiara che *"il presente progetto è sviluppato rispettando i requisiti tecnici richiesti"* (elaborato "Relazione Tecnica Generale degli Impianti di Segnalamento e Telecomunicazione", pag. 16).

B.5.3 – SISTEMA DI SEGNALAMENTO INTERLOCKING (IXL)

Il sistema di Interlocking gestisce le seguenti tratte della Metrotramvia:

- sottopasso dell'A4 (tra le fermate Bresso Pascoli e Cusano Marconi);
- cd. "2° tratta" della Metrotramvia, a Nord del capolinea intermedio Paderno Erba, prevalentemente a singolo binario (con raddoppi puntuali prevalentemente in fermata);
- Deposito di Desio-Seregno (limitatamente ai binari di ingresso/uscita, e itinerari verso rimessaggio, zona lavaggio e tornio in fossa).

Il Progettista ha rappresentato che il sistema utilizzato è scalabile; pertanto potenzialmente estendibile ad altre tratte della Metrotramvia su eventuale successiva necessità dell'esercente.

In sintesi, l'Interlocking garantisce la gestione in sicurezza degli incroci tramviari, individuando il corretto posizionamento dei tram, anche interfacciandosi con l'ATS (cfr. Cap. B.5.4). Le funzioni di segnalamento e connesse sono svolte con i seguenti apparati:

- dispositivi conta-assi;
- segnali luminosi a 2 luci (segnale di blocco lungo linea), e di uscita (presso Deposito);
- casse di manovra dei deviatoi (con attuazioni elettroidrauliche o ritorni a molla);
- lanterne scambi;
- boe di train-stop e riconoscimento banchina;

L'intervento in oggetto non prevede impianti di terra atti a interagire con il sistema di comando scambi di bordo; questi sono stati previsti con possibilità di esclusiva attivazione presso la rete tramviaria urbana di Milano.

Il sistema di Interlocking proposto presenta una interfaccia uomo-macchina di tipo vitale e di nuova generazione denominata S-HMI (Safe Human Machine Interface), che il Progettista dichiara essere conforme alla norma EN 50129. Gli apparati si basano su tipologia SML400 con soluzione SMARTLOCK 400™ che presenta la seguente architettura:

- **1 apparato centrale computerizzato**, responsabile della gestione delle logiche, composto da un computer vitale CLC (Central Logic Computer), presso il Deposito di Desio-Seregno, cui sono connessi moduli periferia SMARTIO-24V (controllers I/O)
- **5 attuatori periferici (armadi IXL)**, situati presso alcune SSE e nel locale tecnologico del Deposito (Piano I), dotati di moduli I/O (GI/GO), con funzioni di comando e controllo degli enti di piazzale (suddivisi per area di pertinenza);
- **rete di comunicazione di tipo vitale**, per connettere il CLC agli armadi IXL;
- **interfaccia uomo-macchina di tipo vitale**, denominata S-HMI, con la funzione di inviare comandi sicuri al sistema Interlocking;
- **Diagnostica degli apparati IXL**, affidata al "Support System SSyS".

Essenzialmente, il segnalamento e funzioni annesse garantiscono la funzionalità di protezione dell' indebito ingresso di due tram in senso opposto. Per ottenere questo obiettivo il sistema gestisce, da un punto di vista funzionale, le seguenti fasi (convenzionali di sistemi interlocking):

- Stato iniziale di riposo;
- Rilievo della presenza di un tram che deve inoltrarsi sulla tratta a binario unico;
- Verifica dell'assenza di tram viaggianti in senso opposto sulla tratta stessa;
- Bloccamento della direzione di marcia sulla tratta a binario unico;
- Verifica della presenza del controllo del deviatoio del posto successivo;
- Disposizione a via libera del segnale luminoso a due luci;
- Partenza del tram che si immette nella tratta a binario unico;
- Occupazione segnali che proteggono la tratta a binario unico;
- Arrivo del tram nel posto di incrocio, o tratta a doppio binario successivi;
- Liberazione del bloccamento della direzione di marcia sulla tratta a binario unico;
- Ritorno alla condizione di Riposo.

Di seguito una illustrazione di massima dei principali apparati a servizio del segnalamento e funzioni annesse.

Dispositivi conta-assi

Il sistema conta-assi consiste di un insieme di sensori installati direttamente sulla rotaia, che consente la verifica del transito tram nei punti di prevista installazione (coincidenti alle sezioni in cui gli enti logici di "sezione binario" hanno inizio).

La soluzione adottata nel progetto prevede un sistema tipo Frausher modello FAdC, e prevede apparati di terra sia di cabina che di piazzale. Il Progettista dichiara il sistema conforme alle norme CENELEC EN50126-8,9; il sistema è progettato per porsi nello stato più restrittivo (tratta occupata) in caso di qualsiasi anomalia, e presenta un grado di integrità SIL4.

Gli apparati di cabina consistono in un rack da inserire presso gli armadi IXL (con una serie di schede); gli apparati di piazzale prevedono sostanzialmente l'installazione del "pedale" conta-assi, a sua volta costituito da: sensore tipo "Wheel Sensor" RSR 180/S, relativo supporto per montaggio su rotaia, cassetta terminale tipo SKV20, cavo di connessione pedale-cassetta (circa 5m).

La sezione di binario che contiene lo scambio è controllata con n.3 pedali conta-assi; uno prima della punta, ed uno su ciascuno dei due rami del calcio.

Fig. 124 – *Cassetta e pedale del sistema conta-assi.*

Segnali luminosi a 2 luci (segnali di blocco)

L'apparato genera il segnale visivo che segnala ai conducenti l'autorizzazione ad impegnare tratte a binario unico. E' stato valutato di utilizzare segnali di tipo tramviario come da Codice della Strada, prevedendo colorazione rossa e verde rispettivamente per il segnale di arresto (barra orizzontale, luce superiore) e di autorizzazione a impegnare (barra verticale, luce inferiore).

La soluzione adottata nel progetto prevede segnali tipo Electrans modello LEDTRV LD160P, SIL4, 150VAC.

Quanto agli stati, la luce inferiore e superiore possono assumere aspetti "acceso" e "spento". La logica di gestione impedisce l'accensione contemporanea delle luci, e genera un allarme nel caso in cui sia impossibilitata l'accensione della luce relativa al segnale di arresto. In quest'ultimo caso, lo spegnimento di ambo le luci è da interpretare come "guasto in atto".

Oltre che in approccio alle tratte a singolo binario, sono previsti appositi segnali luminosi in ingresso/uscita del Deposito di Desio-Seregno.

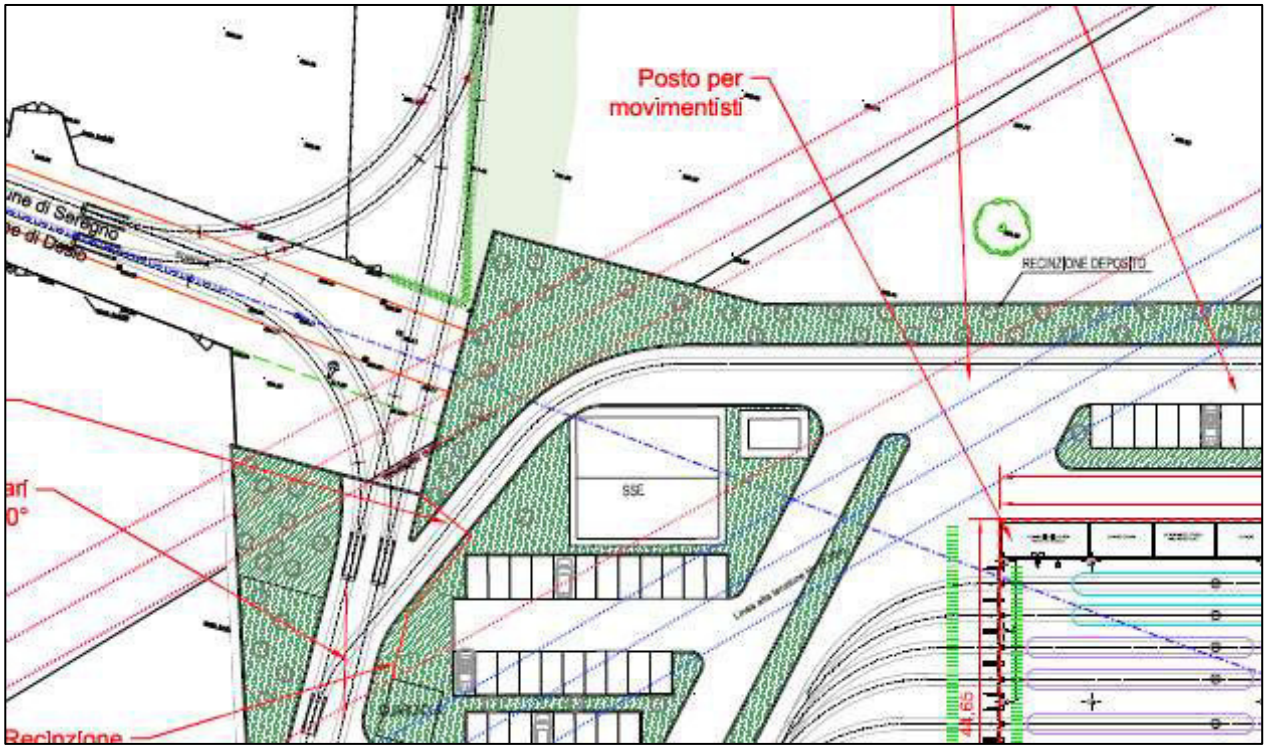


Fig. 125 – *Binari di ingresso e uscita dal Deposito di Desio-Seregno.*

Casse di manovra dei deviatoi

Il progetto prevede 3 diverse tipologie costruttive di casse di manovra, in ragione delle diverse funzioni da dover prevedere in funzione dello posizionamento dello specifico scambio:

- Casse tipo M (scambio motorizzato);
- Casse tipo TM (scambio tallonabile con ritorno a molla);
- Casse tipo T (scambio tallonabile senza ritorno a molla).

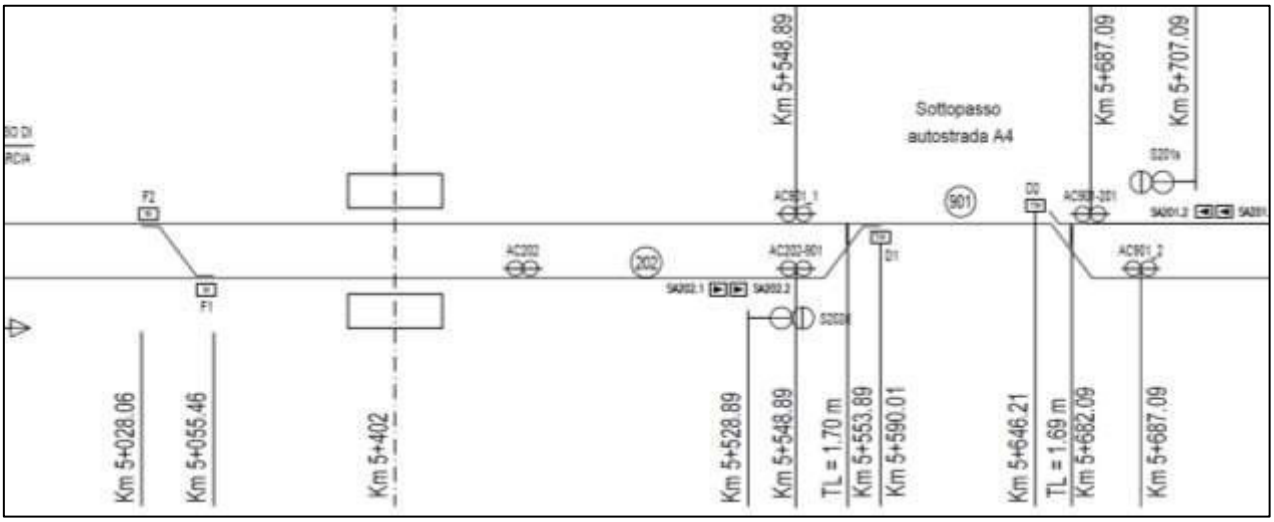


Fig. 126.1 – *Stralcio del Piano Schematico Interlocking, che evidenzia la localizzazione di casse di manovra di tipo TM (presso il sottopasso della A4) ed M (comunicazione semplice a valle).*

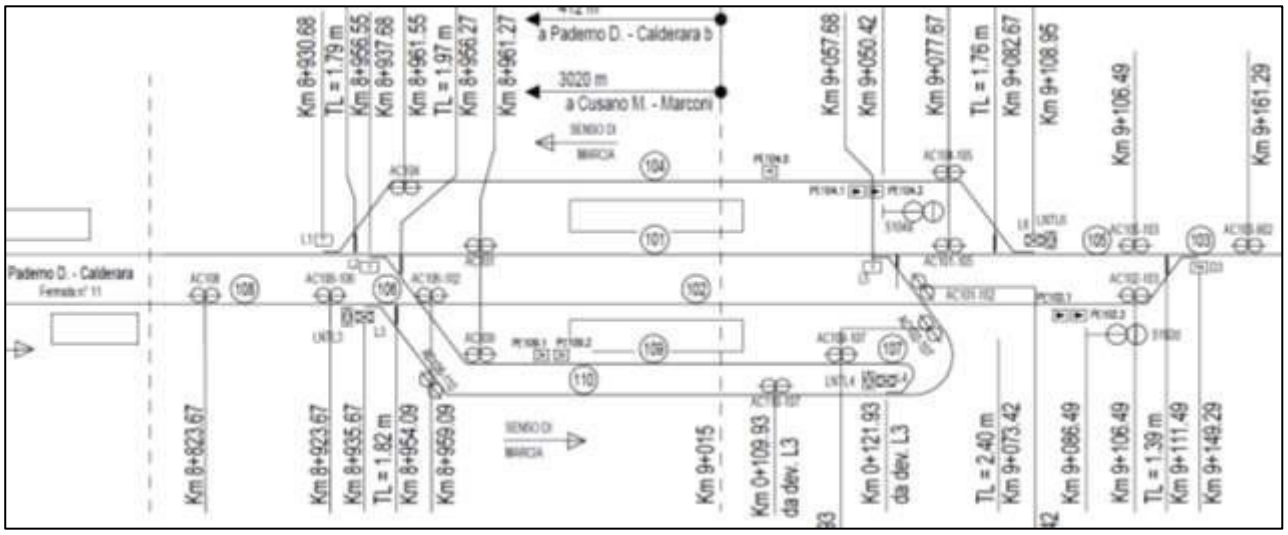


Fig. 126.2 – *Stralcio del Piano Schematico Interlocking presso il capolinea intermedio Erba, che evidenzia la presenza di alcune casse di manovra di tipo T.*

Le casse di **tipo M** (**scambio motorizzato**) sono installate nei casi in cui è necessario il controllo delle direzioni di inoltro su scambi presi di punta. Il Piano Schematico di Interlocking mostra come questo genere di casse sono presenti:

- presso i capolinea intermedio (Erba) e terminale (Seregno FS);
- in ingresso ed uscita dal Deposito di Desio-Seregno;
- all'interno del Deposito di Desio-Seregno;
- nelle 2 comunicazioni semplici a valle e monte del sottopasso A4.

Per tali scambi, le casse di manovra sono governate all'Interlocking in due possibili modi:

- Comando "ComPercorso" attiva la cassa quando lo stato dello scambio non si trovi nella posizione richiesta. E' assimilabile ad un "comando di itinerario" per applicazioni di tipo ferroviario, opportunamente semplificato per far fronte a esigenze di servizio tramviarie;
- Comando "ComManScambio Dx o Sx" → comando scambi da parte del conducente.

Quanto alla seconda funzione, gli elaborati di progetto presentano refusi circa la presenza o meno di questa funzione. Ciò premesso, nel corso della Progettazione Esecutiva, anche al fine di mantenere un sistema di gestione della circolazione il più possibile predittivo, è stato valutato di non prevedere alcun comando scambi da parte del conducente. Tale comando sarà installato sui rotabili, ma la sua funzionalità è prevista a esclusivo uso delle tratte tramviarie urbane, mentre lungo il tracciato della Metrotramvia, la sua (anche erronea) attivazione da parte del conducente non produce effetti, mancando i corrispondenti apparati di terra atti a ricevere il segnale di bordo.

Gli stati assumibili dipendono dalla posizione degli aghi e dal controllo della posizione:

- Scambio efficiente con aghi posizionati per inoltro a Dx;
- Scambio efficiente con aghi posizionati per inoltro a Sx;
- Aghi in discordanza per lo scambio (malfunzionamento).

L'attuazione è di natura elettroidraulica; un dispositivo per la manovra manuale in caso di emergenza, inizialmente previsto, non verrà installato. Gli elaborati di progetto presentano refusi circa la presenza o meno di questi dispositivi. Nel corso della Progettazione Esecutiva, essi sarebbero stati eliminati. Si chiede conferma definitiva di ciò al Cap.C.2 con la **Richiesta IX**.

La soluzione adottata nel progetto prevede cassa tipo Contec VAE mod. CSV24 PV-P-EH-M.

Fig. 127 – *Cassa di manovra di tipo M.*

Le casse di **tipo TM** (**scambio tallonabile con ritorno a molla**) sono installate quando si percorre una tratta a doppio binario immettendosi su una tratta a binario unico, o viceversa. Il Piano Schematico di Interlocking mostra come questo genere di casse sono presenti:

- presso il sottopasso della A4;
- nella tratta di Metrotramvia a singolo binario (a Nord di Erba), all'inizio ed alla fine di tutte le tratte "di raddoppio" (sia presso fermata, che lungo linea).

Questo tipo di scambi non richiede motorizzazione, ma è sufficiente prevedere "tallonabilità con ritorno a molla" in quanto:

- quando affrontati di punta (da tratta a binario unico a tratta a doppio binario), l'instradamento è sempre a destra;
- quanto affrontati di calcio (da tratta a doppio binario a tratta a binario unico), dopo esser stati (eventualmente) tallonati, è necessario che sia garantito il ritorno a molla in modo che, quando attraversato in direzione opposta, sia garantito sempre l'instradamento destra (di cui al punto precedente).

E' comunque presente un controllo posizione, che influisce sull'aspetto "verde" dell'associato segnale luminoso a 2 luci che si incontra nella direzione in cui si affronta lo scambio "di punta" (con l'ovvia funzione di proteggere l'ingresso nella antistante tratta a singolo binario).

Gli stati assumibili dipendono dalla posizione degli aghi e dal controllo della posizione:

- Scambio efficiente con aghi posizionati per inoltro a Dx;
- Aghi in discordanza per lo scambio (malfunzionamento).

La soluzione adottata nel progetto prevede cassa tipo Contec VAE mod. CSV34 O-P-D/O-O-D.

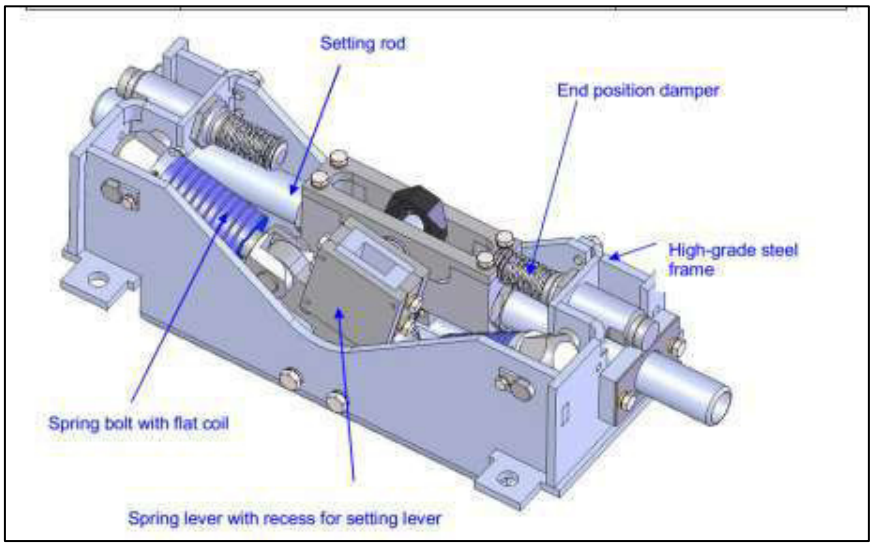


Fig. 128 – *Cassa di manovra di tipo TM.*

Le casse di **tipo T** (**scambio tallonabile senza ritorno a molla**) sono utilizzate in quei soli casi in cui, per posizione fisica e ipotesi di esercizio assunte, i relativi scambi possono essere incontrati unicamente di calcio (non avviene mai che siano attraversati di punta); ciò avviene solamente per alcuni scambi presso il capolinea intermedio di Erba, e presso il Deposito.

Oltre a non prevedere la motorizzazione, in questo tipo di casse non richiede ritorno a molla, in quanto è sufficiente la tallonabilità da ambedue i binari di provenienza. Ciò significa, ad esempio, che uno scambio che venga tallonato a destra può rimanere con aghi in tale posizione fino a che un tram proveniente dalla stessa direzione dall'altro binario di provenienza lo talloni a sinistra.

Inoltre, su questo tipo di scambi non sarebbe stato previsto il controllo posizione, ragione per cui si rimanda ad apposita **Richiesta VIII** al Cap.C.2.

Lanterne scambi

Tali lanterne sono poste prima della punta degli scambi, e forniscono ulteriori informazioni rispetto al segnale luminoso a 2 luci. Sono previsti 3 aspetti: ">", "<" e "bordo rettangolo". In caso di guasto dello scambio il segnale presenta un lampeggio. La lanterna scambi, con riferimento alle tipologie di scambio presenti in linea, in funzione delle seguenti casistiche:

- per tutti gli scambi nella 2° tratta della Metrotramvia (tra Erba e Seregno FS), quando incontrati di punta (casse **di tipo TM in linea**) – è sempre presente, per notificare al conducente la corretta posizione;
- per gli stessi scambi quando incontrati di calcio (casse **di tipo TM o M in linea**) – non è mai presente, e la correttezza della posizione dello scambio è notificata al conducente tramite il segnale luminoso a 2 luci che protegge la successiva tratta a singolo binario (aspetto verde).

Il Progetto cita la possibilità di prevedere una sorta di "supero rosso" in riferimento a un presunto malfunzionamento della lanterna scambi. Si rimanda alla **Richiesta XVI** di cui al Cap. C.2.

Presso il Deposito di Desio-Seregno, ed in particolare per la serie di binari che immettono nel capannone, sono presenti particolari lanterne che presentano un segnale luminoso caratterizzato da aspetti numerici (cifra da 1 a 13), da interpretarsi come posizionamento (corretto) dello scambio per immettere sul corrispondente binario di rimessa o officina, che autorizza il conducente a percorrere tutti gli scambi fino al raggiungimento di quello di immissione al binario di interesse (che risultano quindi tutti bloccati). In caso di segnale spento, tutti gli scambi risultano liberi. Tutti gli scambi posti a valle di tale lanterna "numerica" (posta in corrispondenza del primo scambio di questo genere), sono pertanto privi di ulteriori lanterne.

La soluzione adottata nel progetto prevede lanterne "numeriche" di tipo LEDVAR-3 con 12 elementi singoli illuminanti al LED (nessun SIL) 150 VAC.

Interlocking: apparati di terra e di bordo

Quanto all'architettura, i sistemi interlocking e riconoscimento banchina presentano apparati di terra e di bordo in parte comuni. Per quanto concerne gli apparati di bordo sono previsti:

- Computer di bordo;
- Antenne attive Train Stop & Riconoscimento Banchina (installate sotto la cassa dei tram)
- Blocco alimentazione e protezione,
- Unità di esclusione TS piombata,
- Interfaccia Uomo-Macchina.

Per quanto riguarda gli apparati di terra sono previsti:

- Coppia di boe commutate per train-stop (ridondanti), a distanza minima 1,8m, in asse con i segnali luminosi a 2 luci;
- Connessione agli armadi IXL in cabina (presso le SSE)
- Coppia di boe fisse per riconoscimento banchina (ridondanti), a distanza minima 1,8m, in approccio a banchine di fermata.

Le antenne per la trasmissione verso gli apparati di bordo sono interne alle boe.

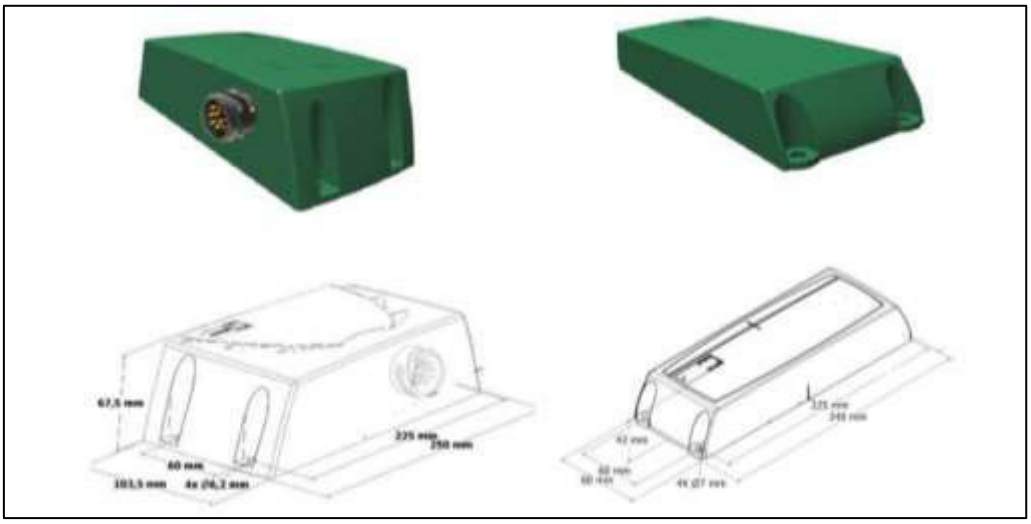


Fig.129 – *Boa di tipo commutato (per train-stop), boa di tipo fisso (per riconoscimento banchina).*

Le boe di train-stop ricevono dall'interlocking l'informazione in relazione all'aspetto del senale luminoso a 2 luci, e trasmettono l'informazione alle antenne a bordo tram.

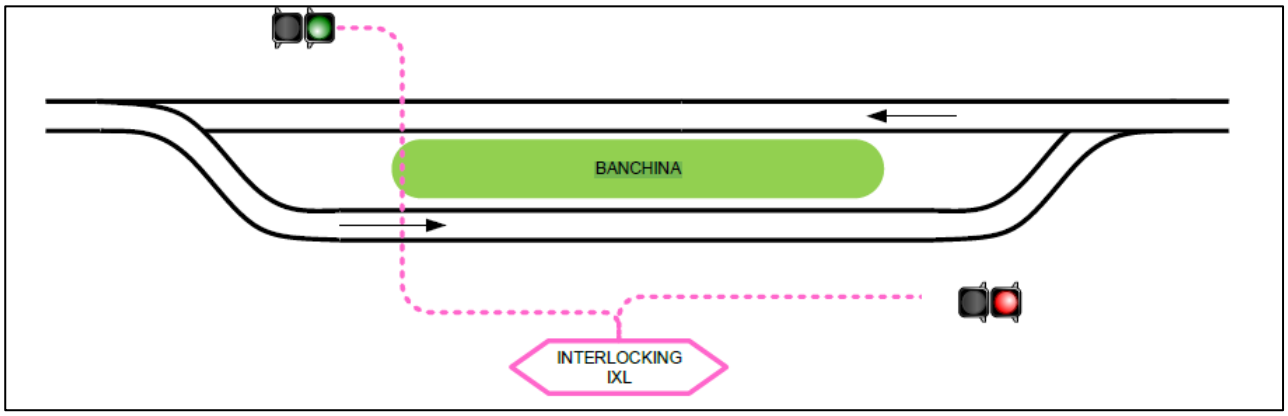


Fig.130 – *Schema del posizionamento tipico delle lanterne a 2 luci in prossimità di un "raddoppio di binario" presso una fermata lungo la 2° tratta della Metrotramvia.*

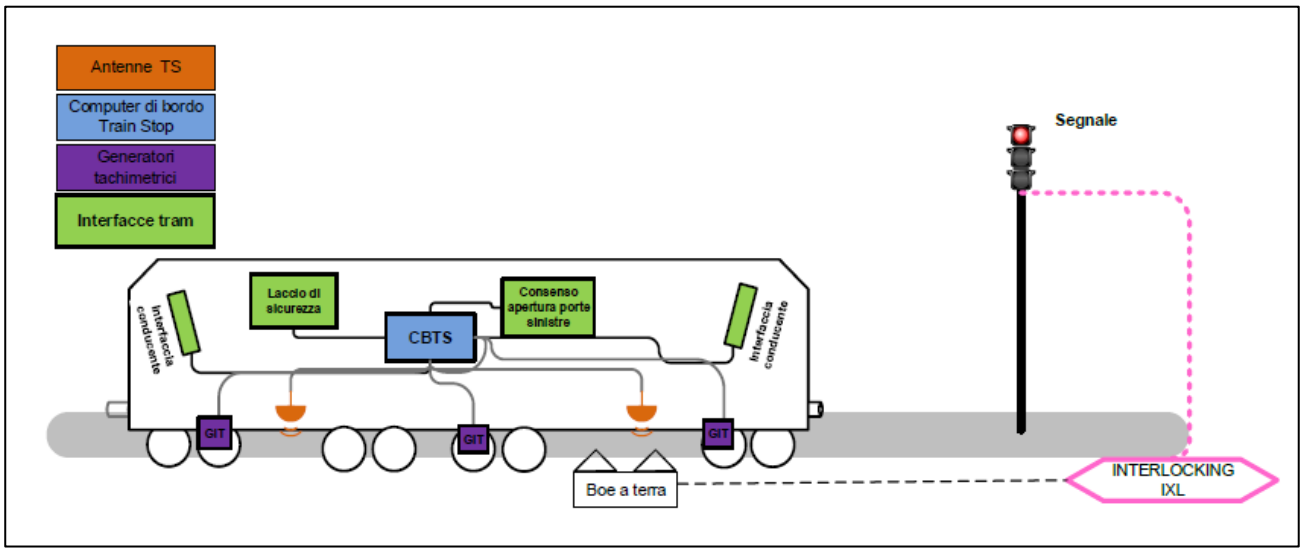


Fig.131 – *Schema sintetico degli apparati di bordo e terra (tram bidirezionali), tra cui si evidenziano gli apparati connessi all'interlocking/train-stop e riconoscimento lato banchina.*

<u>Valutazioni relative alle funzioni connesse al segnalamento Interlocking</u>

Il sistema Interlocking previsto per la Metrotramvia prevede le seguenti funzionalità:

- A - orientamento automatico delle tratte a binario unico;
- B - limitazioni all'accodamento su tratte di incrocio
- C - regolazione del traffico;
- D - gestione degli scambi governati dall'interlocking;
- E - attivazione percorsi;
- F - train-stop

A - ORIENTAMENTO AUTOMATICO DELLE TRATTE A BINARIO UNICO

Le tratte a binario unico sono protette dall'indebita occupazione di due tram viaggianti in senso opposto. In generale, tale protezione si esplica attraverso la gestione dell'orientamento delle tratte, e viene comunicata ai conducenti tramite i segnali luminosi a 2 luci (affacciati per la lettura da direzioni opposte a inizio e fine tratte a binario unico), che autorizzano (o meno) l'inoltro su una tratta a singolo binario.

La gestione dell'orientamento delle tratte a binario unico avviene automaticamente, e si esplica al momento che un tram occupa la sezione di ingresso alla tratta di interesse. Nel caso (raro ma possibile), di contemporanea occupazione di sezioni d'ingresso da direzioni opposte, è assegnata la priorità (per convenzione) alla direzione Sud (verso Milano).

Il Progettista, rappresenta che, qualora si verifichi un'anomalia del costa-assi, il sistema si pone nello stato più restrittivo (tratta occupata). Qualora, in esito a guasto del sistema conta-assi, non venga rilevata la presenza del tram sulla sezione d'ingresso, sono previsti appositi "comandi di soccorso" da predisporre unicamente da parte di postazioni dirigente del PCC.

B - LIMITAZIONI ALL'ACCODAMENTO SU TRATTE DI INCROCIO

Nella 2° tratta della Metrotramvia sono presenti tratte a doppio binario che consentono l'incrocio di tram provenienti da direzioni opposte (di seguito, "tratte di incrocio"). Al riguardo il Progettista rappresenta che, stante la limitata lunghezza di molte "tratte di incrocio", al fine di evitare che, in approccio a tali tratte, in ambo le direzioni, si inoltrino tram accodati (con rischio di indesiderati "blocchi" della circolazione su ambo le direzioni), è stato previsto che l'Interlocking accetti il comando di attivazione dell'accodamento denominato "ComAttivAcc" per una sola direzione, in ogni caso in cui il numero di tram accodati risulti non compatibile con la lunghezza della tratta in oggetto. In merito all'accodamento, si rimanda alla **Richiesta IV** di cui al Cap.C.2.

C – REGOLAZIONE DEL TRAFFICO

La funzione di regolazione del traffico consente la temporanea sospensione degli automatismi di attribuzione della funzione "orientamento automatico delle tratte a binario unico", agendo su di essa in modo da "favorire" la marcia di un tram che risulti, eventualmente, in ritardo (o per qualsiasi altra ragione che favorisca una valutazione di priorità di transito diversa da quella determinabile dal mero posizionamento fisico dei tram).

D – GESTIONE DEGLI SCAMBI

La funzione è realizzata con i seguenti apparati già citati nei paragrafi precedenti: pedali conta-assi, casse di manovra, lanterne di scambio.

Ancorché la linea presenti 3 possibili casse di manovra, costruttivamente distinte, dal punto di vista funzionale le tipologie di scambio sono solamente 2:

- Scambi che non discriminano la destinazione finale del tram (casse tipo TM o T)
- Scambi che discriminano la destinazione finale del tram (sole casse tipo M)

Quanto ai primi, riguardano scambi incontrati unicamente di punta, non è presente motorizzazione (in quanto l'instradamento è sempre a destra, cfr. quanto già detto in relazione agli scambi), ma il controllo di posizione è stato comunque previsto in quanto esso influenzerà l'aspetto assunto dai segnali luminosi a 2 luci che autorizza l'inoltro sulla successiva tratta a binario unico.

Quanto invece agli scambi che discriminano la destinazione finale del tram (cfr. quanto già detto in relazione a ove questi siano previsti), è stato valutato che siano esclusivamente governati dall'interlocking, escludendo pertanto la possibilità che gli stessi potessero essere di tipologia "comandati dal conducente" (con lancio di corrente o radiofrequenza). Il Progettista evidenzia come tale eventualità sia stata esclusa in ragione degli elementi perturbativi che avrebbe introdotto nell'apparato di gestione dell'esercizio, perturbazioni che sarebbero state "subite" dall'apparato e sarebbero state superabili solo prevedendo la totale gestione delle direzioni di instradamento (che, invece, nella generalità dei casi è costantemente prefissata sul binario destro).

Salvo gli aspetti connessi all'assenza di un sistema di comando scambi con radiofrequenza, il Progettista evidenzia che le indicazioni e le modalità di impiego previste nel Regolamento di esercizio vigente, sono invariate rispetto agli scambi comandati (non previsti sulla Metrotramvia, ma presenti nelle rete tramviaria urbana di Milano. Tra queste, si cita la condizione che la "linea di blocco" (di cui all'Art.11.5) dovrà essere situata tra i 2 e 5m prima del pedale conta-assi posto in punta allo scambio e va interpretata dal conducente alla stessa maniera degli scambi comandati.

Tale distanza minima assicura che la sezione di binario successiva, che contiene lo scambio, non risulti occupata dal tram che attende, consentendo la manovra dello stesso nonché la possibilità effettiva che lo stesso venga liberato dal tram proveniente in direzione opposta.

Al contrario, la "linea limite" (di cui all'Art.11.4), riguardando il comando di scambio da parte del conducente, è priva di significato in relazione alla Metrotramvia.

E – ATTIVAZIONE PERCORSI

La funzione di definizione percorsi è attivata da apposito comando, ed è utile nei casi di scambi che discriminano la destinazione finale del tram oppure quando (presso i capolinea) non è implementabile l'automatismo di orientamento della tratta a binario unico.

I percorsi sono utilizzati anche all'interno del Deposito per discriminare i fasci di inoltro dei tram od i binari di stazionamento all'interno della rimessa."

F – TRAIN-STOP

La funzione di train-stop esegue la protezione a seguito di eventuali errori dei conducenti nel rispettare i segnali luminosi a 2 luci (nello specifico il segnale "arresto"), in relazione all'indebita occupazione contemporanea di due tram sulla stessa tratta a binario unico.

Il train-stop, in caso di occupazione della tratta a via impedita, agisce sulla marcia dei tram attivando una frenatura di soccorso che (analogamente alla frenatura che si attiva in relazione alla funzionalità vigilante-uomo morto).

In sintesi, gli apparati di terra consistono in boe in grado di trasmettere via radio sul cruscotto del conducente l'informazione dell'aspetto del segnale che il tram incontrerà, prelevando tale informazione dall'interlocking; in caso di superamento del segnale di via impedita, detta informazione sul cruscotto viene ripetuta.

Pur in presenza di sistema train-stop, trattandosi di sistema tramviario con marcia a vista, il conducente dovrà rispettare le indicazioni di velocità massima lungo linea (riportata su appositi

cartelli indicatori), monitorando le condizioni della linea, in modo da essere in grado sempre di fermarsi qualora avvistato un ostacolo, prima di entrare in contatto con lo stesso.

Al riguardo, il Progettista cita come i produttori di scambi pongano come velocità massime di impegno i 15 o 20 km/h (rispettivamente in caso di punta o calcio), rilevando come tali velocità siano di "conforto" al fine di garantire il suddetto comportamento del conducente incorso in train-stop. In relazione all'intera tematica delle velocità di percorrenza degli scambi, delle possibilità di incrocio di tram provenienti da direzioni opposte, e della sincronizzazione delle frequenze di esercizio lungo la linea, si rimanda a quanto rappresentato nella **Richiesta IV** di cui al Cap.C.2.

B.5.4 – Sistema Supervisione e Controllo (ATS)

Il sistema ATS ha funzioni di controllo e supervisione delle medesime tratte di Metrotramvia soggette a Interlocking (cfr. Cap.A.3 per la definizione della 1° e della 2° tratta).

Le principali funzionalità dell'ATS sono:

- Gestione degli enti di piazzale gestiti da Interlocking;
- Inseguimento Marcia Treno, cioè visualizzare la posizione del Tram nelle postazioni operatore;
- Identificazione dei Tram;
- Automatizzare le sequenze di comandi per Interlocking;
- Funzione Train Graph (TDG) cioè la rappresentazione grafica dei passaggi reali dei tram comparati con il programma di esercizio;
- Storicizzazione / qualità del servizio.

B.5.5 – Sistema di Ausilio all'Esercizio (SAE)

La Metrotramvia sarà esercita giovando di un SAE che offre un servizio di ausilio all'esercizio completo, il quale, oltre alla generalizzata supervisione degli impianti, gestisce le seguenti funzioni fondamentali:

- Localizzazione e gestione della flotta (AVL/AVM);
- Comunicazioni PCO/bordo, PCO/fermata
- informazioni audio/video ai viaggiatori

Il Progettista rappresenta che il sistema scelto è caratterizzato da alta affidabilità, efficienza e usabilità, caratterizzato da una struttura hardware e software di natura modulare. Il software sarà basato su tecnologie di sviluppo .NET Framework di Microsoft, con utilizzo di web-services.

Tra le funzionalità previste per il sistema SAE, si citano:

- Localizzazione e supervisione flotta - con possibilità di visualizzare in tempo reale la posizione dei tram e tracciarne con affidabilità il percorso su una cartografia di dettaglio. Per ogni tram viene fornita posizione e altri parametri cinematici e di stato, incluse anomalie.
- Condivisione dei dati - il sistema è predisposto alla condivisione di informazioni verso enti esterni. Le modalità di esportazione dati dipende dal database SQL, ed interessa sia dati in

tempo reale che registrazione di storici. Una interfaccia web-services è a disposizione di sistemi remoti per accedere ai dati di servizio della flotta.

- Certificazione del servizio - il sistema gestisce le informazioni relative al servizio svolto ed è in grado di verificare il corretto rispetto delle pianificazioni. Vengono fornite funzioni di analisi per individuare e segnalare ritardi o anticipi rispetto agli orari schedulati.
- Gestione delle paline informative - il sistema è in grado di comunicare con interfacce per l'informazione all'utenza. La messaggistica visualizzata può riguardare sia il servizio dei mezzi in linea che messaggi provenienti da PCC di tipo precodificato o a campo libero

B.5.6 – RETE DI TELECOMUNICAZIONE

La rete di telecomunicazione per la Metrotramvia prevede:

- Una **rete di segnalamento** su cui sono connessi i sottosistemi di interlocking (5 armadi IXL presso le SSE, PCC Monterosa, Deposito);
- Una **rete multifunzione** su cui sono connessi i sistemi ausiliari di gestione della linea (SSE, impianti di fermata, 20 incroci "pericolosi"), tra cui: informazione passeggeri, diffusione sonora, TVCC, chiamate d'emergenza, rete wi-fi.

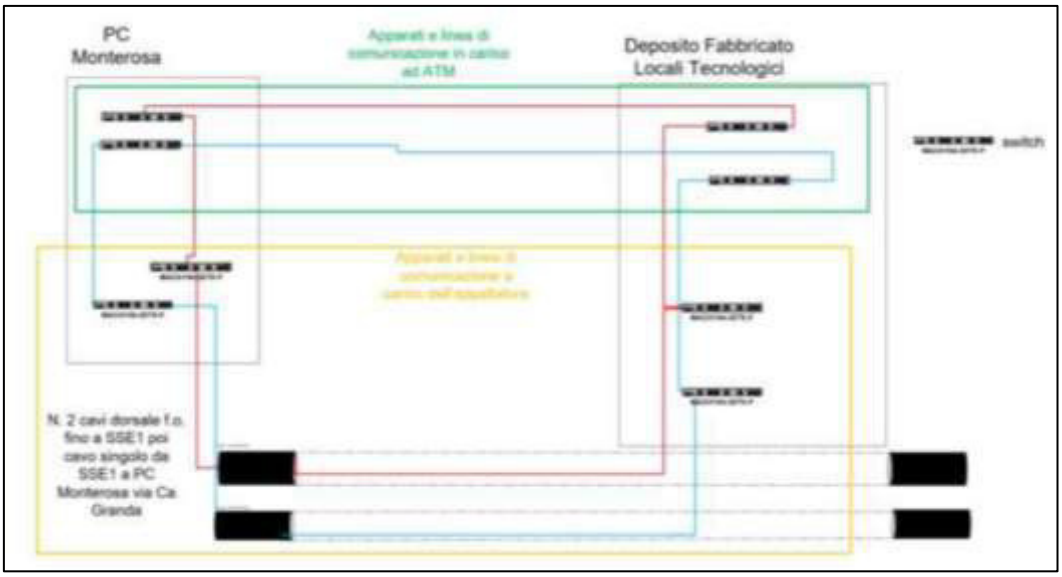


Fig.132 – *Schema della rete di comunicazione in fibra ottica e relative competenze*.

Sono presenti n.2 access point wi-fi presso le fermate Paderno Erba e Seregno FS, a servizio dell'utenza. I n.4 access point presso il Deposito di Desio-Seregno hanno la funzione di consentire il download dei dati di bordo (mentre è bloccata la funzione di navigazione internet), e forniscono copertura limitatamente al Deposito-capannone ed alla zona officina.

Entrambe le reti prevedono la posa di cavi in fibra ottica singolo modali. Verranno stesi:

- n. 2 cavi di dorsale da 48 f.o. tra SSE1 ed SSE8
- n. 2 cavi di dorsale da 8 f.o. tra SSE8 e fermata Seregno FS-Capolinea
- n. 1 cavo di dorsale da 48 f.o. tra SSE1 e Cà Granda
- n. 2 cavi di dorsale da 48 f.o. tra SSE7 e Deposito fabbricato locali tecnici

- n. 2 code di cavo da 16 f.o. tra Deposito fabbricato locali tecnici e Deposito ufficio movimento
- n. 2 code di cavo da 16 f.o. tra SSE7 e Deposito ufficio movimento tabelle e cedole

Per collegare il PCM di Monterosa con Cà Granda si utilizzerà n. 1 cavo di dorsale ottica che risulterebbe già steso e di proprietà di ATM. Tali cavi dorsali saranno attestati nel seguente modo:

- interamente (40 f.o.) in SSE1, SSE7 (Deposito) ed SSE8;
- interamente (tutte le 8 f.o.) in SSE8 e nella fermata di Seregno FS capolinea;
- 24 f.o in tutte le SSE (ad esclusione di SSE1, SSE7 ed SSE8 indicate sopra);
- 8 f.o. in tutte le fermate (ad esclusione di quelle indicate sopra);
- 48 f.o. in SSE1 e a Cà Granda.

Presso i 20 incroci stradali considerati "pericolosi", saranno installate in tutto 40 telecamere, ed è pertanto prevista la posa di spezzoni di cavi in fibra ottica, a partire dalle fermate più vicine.

La rete di comunicazione ha grado di integrità SIL0.

B.5.7 – Riconoscimento Lato Banchina

Il sistema di riconoscimento banchina ha la funzione di evitare l'apertura accidentale della porta dal lato sbagliato da parte del conducente di tram bidirezionali (dotati di porte su ambo i lati).

Delle boe fisse, poste in corrispondenza alle fermate, consentono l'apertura porte a sinistra (con rappresentazione visiva al conducente) in approccio alle banchine. Per quanto riguarda invece l'apertura delle porte a destra, è stato richiesto come requisito che tale possibilità sia sempre consentita al conducente, anche in assenza del segnale di riconoscimento banchina.

Nel Progetto è rappresentato (Elaborato n.3123) che tale sistema presenterebbe un grado di integrità SIL2; tuttavia nella "Relazione di Analisi Safety" tale sistema non è trattato, per cui si rimanda ad apposita **Richiesta XIII** al Cap. C.2.

B.5.8 – POSTAZIONI DI TEST NEL DEPOSITO

All'interno del Deposito di Desio-Seregno, sono previste aree adibite a postazioni di test per le seguenti funzioni: radiocomando scambi, train-stop, riconoscimento banchina.

Presso l'ingresso del Deposito di Desio-Seregno, prima dell'edificio guardiola, è situata la postazione di test della funzione di radiocomando scambi. La postazione presenta i seguenti apparati di terra: loop induttivo interrato, semaforo (8 luci), armadio tecnico, cassetta buffer. E' previsto che prima che un tram entri in linea effettui il test; in caso di fallimento dovrà effettuare apposita "manovra di soccorso" rientrando in retromarcia nel Deposito.

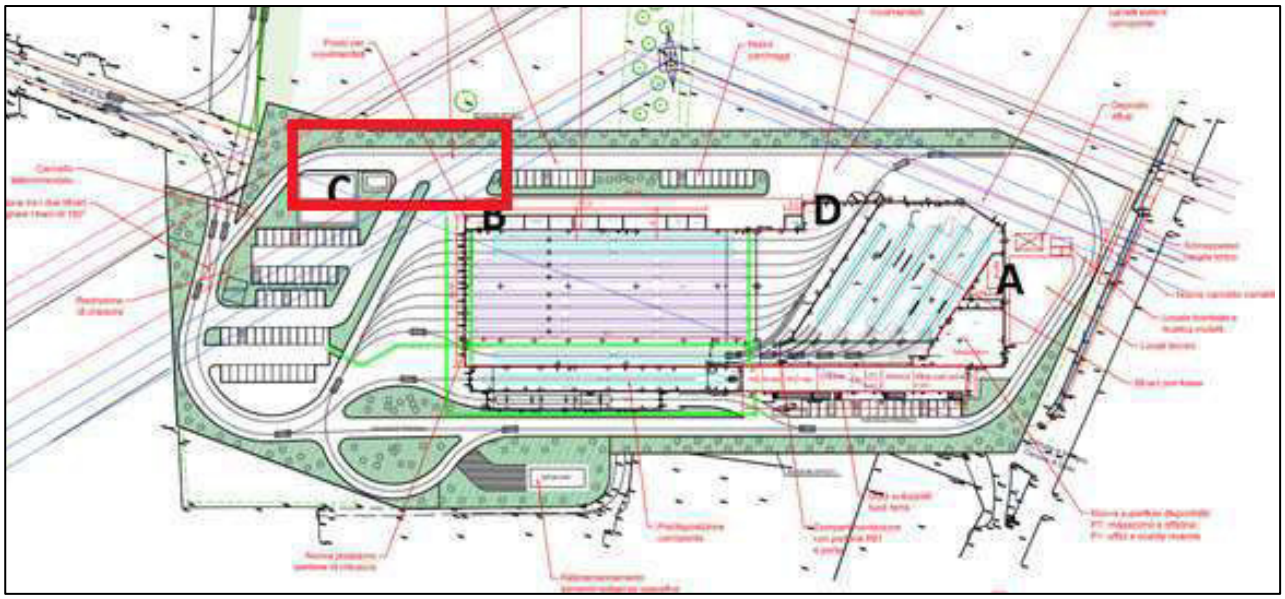


Fig. 133 – *Localizzazione della postazione di test per funzioni train-stop/riconoscimento banchina.*

In un'area a Est dell'ingresso al Deposito, è situata la postazione di test per le funzioni di train-stop e riconoscimento banchina. Tale tratta di binario è allestita con boe di tipo commutato e segnale a 2 luci (che consentono un test dinamico del train-stop che consiste nell'invasione di un blocco a via impedita), e con boe di tipo fisso (che consentono un test dinamico del riconoscimento banchina con inibizione di apertura porta a sinistra). Il Progettista rappresenta che tale postazione sarà anche utilizzata per le attività di omologazione dei due sottosistemi, ed a tal fine sarà messa a disposizione degli Enti certificatori e per i test periodici.

B.5.9 – SOTTOSISTEMI AUDIO-VIDEO E TELEFONIA

Consiste nelle apparecchiature terminali utili alla sorveglianza o alla comunicazione. La Metrotramvia prevede, nello specifico:

- Impianti di videosorveglianza (TVCC);
- Impianti di diffusione sonora;
- Citofoni di emergenza (SOS);
- Citofoni e diffusori di fermata (annunci sonori e comunicazione);
- Telefonia (PCC, SSE, Deposito, bordo);
- Pannelli a messaggi variabili

Per consentire una migliore gestione e fruizione, per alcuni di questi sottosistemi è prevista un'architettura integrata. Nel Deposito saranno posizionate un congruo numero di telecamere. Le fermate saranno attrezzate con i seguenti apparati:

- pannelli a messaggi variabili (bifacciali);
- 2 speaker per banchina e modulo di amplificazione;
- TVCC con 2 telecamere per banchina;
- 1 citofono di emergenza;
- Totem informativi (solo per Seregno FS e Erba);

Gli armadi di fermata presenteranno apparecchiature necessarie al funzionamento dei suddetti apparati, oltre che dello SCADA di fermata.

La telefonia prevede comunicazioni tra postazioni operatori, fermate SSE, e locali tecnici del Deposito. Più nello specifico, saranno disponibili agli operatori del PCC le seguenti funzioni:

- Annuncio verso singola banchina;
- Annuncio verso singola fermata;
- Annuncio verso più banchine/fermate;
- Comunicazione verso telefoni presso SSE e Deposito;
- Comunicazione (via rete cellulare) con conducenti tram.

B.5.10 – SISTEMI SCADA

Lo SCADA per l'intervento in oggetto prevede 3 componenti funzionalmente distinti:

- SCADA SSyS, per l'acquisizione di informazioni diagnostiche di dettaglio o di sintesi del segnalamento (interlocking);
- SCADA POWER, dedicato al telecontrollo e telecomando degli impianti delle SSE;
- SCADA TLC, dedicato al telecontrollo degli altri apparati: alimentazioni di fermata, infrastruttura informatica e di acquisizione dati, impianti audio-video e telefonia.

La soluzione scelta per il sistema SCADA è un prodotto software "Zenon".

E' previsto di installare specifiche applicazioni server e client in grado di gestire e di monitorare i flussi di interfaccia con impianti e sistemi, con l'obiettivo di acquisire e di elaborare le informazioni funzionali e diagnostiche relative al funzionamento delle relative apparecchiature.

L'architettura prevede, in via sintetica, componenti hardware presso tutte le 8 SSE e tutti i 25 armadi di fermata. Presso il Deposito di Desio-Seregno è prevista una postazione di diagnostica e manutenzione.

Di seguito si citano alcune delle funzionalità previste dagli applicativi dello SCADA:

- Monitoraggio dello stato funzionale e diagnostico delle SSE, con evidenza in tempo reale di stato e misure dei dispositivi presenti;
- Rappresentazione di misure e allarmi dei dispositivi presenti presso le SSE;
- Gestione, attraverso i sinottici, dei comandi sugli enti di pertinenza delle SSE;
- Monitoraggio dello stato funzionale e diagnostico degli apparati di fermata;

- Centralizzazione dei sistemi di allarme;
- Possibilità di escludere dalla diagnostica situazioni di degrado specifiche;
- Supporto agli operatori nella localizzazione di malfunzionamenti;
- Archiviazione e gestione dei dati acquisiti ed elaborati;
- Memorizzazione delle operazioni effettuate dagli operatori;

B.5.11 – REQUISITI DI SAFETY

Come da espressa richiesta in sede di approvazione del Progetto Definitivo (Prescrizione CIPE n°23), le tratte a singolo binario della Metrotramvia sono soggette a segnalamento con caratteristiche di integrità di tipo ferroviario, pertanto SIL4.

Le funzioni interessate da tale specifica sono pertanto: segnalamento per interlocking, train-stop, riconoscimento lato banchina.

Il Progettista ha presentato uno specifico Elaborato n.3106 ("Relazione di Analisi Safety").

La seguente Tabella, tratta dal suddetto elaborato, evidenzia i gradi di integrità dichiarati per i vari componenti.

Sottosistema	Componente	Costruttore	Codice/Acronimo	Qualifica
Interlocking	Smartlock 400	Alstom	CLC	SIL 4
Interlocking	Smartlock 400	Alstom	SMIO	SIL 4
Interlocking	Smartlock 400	Alstom	S-HMI	SIL 4
Interlocking	Smartlock 400	Alstom	Rete comunicazione	SIL 0
Interlocking	Conta Assi	Frauscher	FAdC	SIL 4
Interlocking	Conta Assi / Wheel Sensor	Frauscher	RSR180/S	SIL 4
Interlocking	Segnale di blocco	Electrans	LEDTRV LD160P	SIL 4
Interlocking	Segnale uscita deposito	Electrans	LEDTRV LD160P	SIL 4
Interlocking	Lanterna Scambi	Electrans	LEDTRV LD160P	SIL 4
Interlocking	Indicatore di binario di inoltro	Electrans	LEDVAR-3	SIL 0
Interlocking	Cassa di manovra per scambio motorizzato	Contec VAE	CSV24 PV-P-EH-M	SIL 4
Interlocking	Cassa di manovra tallonabile con ritorno a molla	Contec VAE	CSV34 O-P-D	SIL 4
Train Stop	Pegaus 101	Alstom	SSB	SIL 2
Train Stop	Pegaus 101	Alstom	SST	SIL 2

Fig. 134 – *Gradi di integrità dei componenti, dichiarati nel Progetto.*

Tuttavia, il Progetto manca di certificazioni ovvero diversa documentazione che dimostri i THR connessi ai suddetti gradi di integrità. Per questa ragione, e aspetti connessi, si rimanda ad apposita **Richiesta XIII** di cui al Cap.C.2.

B.5.12 – POSTAZIONI PRESSO POSTO CENTRALE E DEPOSITO

Il PCC della nuova Metrotramvia sarà ubicato all'interno della sala di controllo già esistente a Monterosa, presso il 1° piano dell'edificio. Le postazioni previste riguardano: IXL, ATS, SAE, TVCC, SCADA, centralizzazione semaforica. Attualmente, per la gestione del parco tramviario di Milano, la sala Monterosa prevede n.25 "postazioni operatore" disposte in cerchio, con postazioni centrali per il "supervisore di sala", ed una postazione per il "coordinatore di supporto".

Per la gestione della Metrotramvia, saranno previste 2 tipi di postazione, denominate: Principale (normale) e Secondaria (riserva). Le postazioni Principali saranno localizzate in una cd. "area verde", mentre le Secondarie saranno ubicate presso locali ATM come "riserva fredda" (accese solo in caso di guasto delle Principali). Le alimentazioni delle postazioni saranno rese disponibili sfruttando le alimentazioni di sala già presenti.

Saranno previste 4 postazioni Principali:

- 1 postazione dirigente per interlocking (manovra scambi, segnali, contaassi).
- 1 postazione dirigente per sistemi SAE, ATS, TVCC, con possibilità di visualizzazione comando dei 5 client distinti (1 per SAE/ATS, 1 per TVCC, 2 per SCADA "Dia&Power")
- 1 postazione SCADA per IXL e Rete SSyS/PMR (diagnostica del sistema di segnalamento (SSyS) e diagnostica della rete (PMR Client)).
- 1 postazione preferenziamento semaforico.

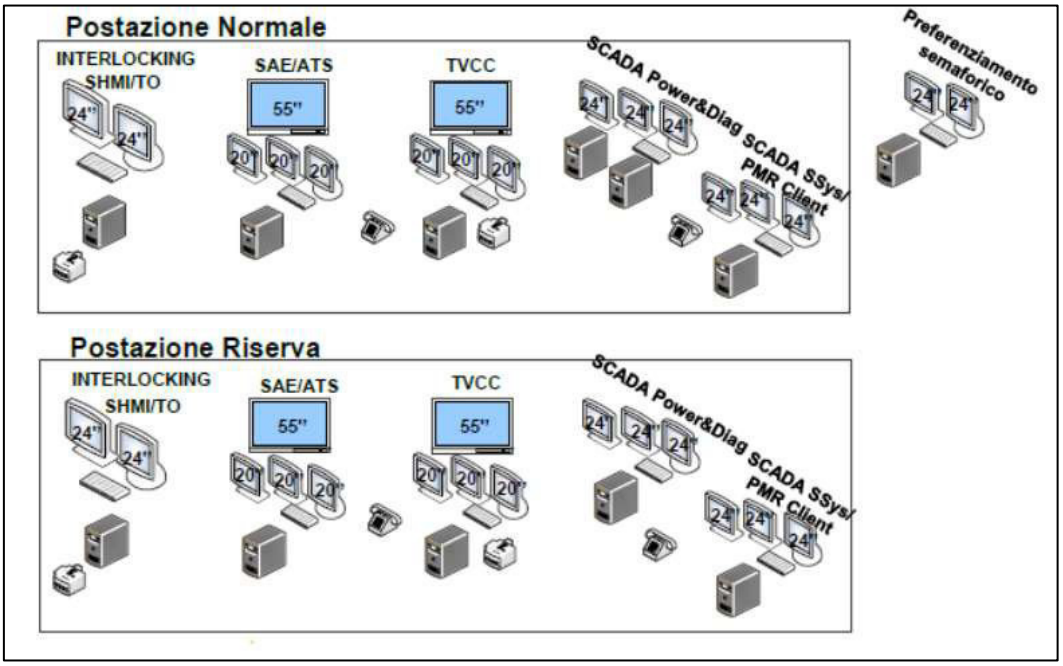


Fig. 135 – *Postazioni previste presso il PCC.*

Presso il Deposito di Desio-Seregno saranno realizzate 2 postazioni, atte a gestire le funzioni SAE/ATS, IXL, TVCC e SCADA per gli impianti presso il deposito:

- Principale – nel locale "ufficio movimento tabelle e cedole" (a Nord della zona officina);
- Secondaria – nel locale "Ufficio movimento" (presso il portone di ingresso a Est).

Gli armadi server e di logica, a servizio anche del PCC Monterosa, saranno ubicati presso la "SSE del Deposito o in altri locali tecnologici all'interno del Deposito"

C – CONSIDERAZIONI TECNICHE E PRESCRIZIONI

La presente relazione sintetizza l'istruttoria effettuata dallo scrivente Ufficio sul Progetto Esecutivo della metrotranvia Milano Parco Nord-Seregno presentato dalla Città Metropolitana di Milano.

L'infrastruttura di cui trattasi, finanziata nel 2008 con risorse della Legge Obiettivo, è stata interessata da problematiche di natura contrattuale che hanno comportato notevoli ritardi nell'elaborazione della progettazione esecutiva, completata solo a Luglio 2021.

I ritardi accumulati hanno determinato la necessità di rivisitazione del Progetto Definitivo approvato dal CIPE con Delibera n.52/2008 per tener conto di modifiche normative ed intervenute esigenze sul territorio.

L'istruttoria effettuata ha portato a rilevare come l'infrastruttura tranviaria, seppur correttamente progettata nelle sue linee generali, presenti alcune criticità connesse essenzialmente alla presenza, nella 2° tratta, che si estende da Paderno D.-Erba a Seregno FS, di una carreggiata stradale di larghezza limitata che non consente l'inserimento di una sede tranviaria a doppio binario per tutta l'estensione della tratta medesima; conseguentemente tale parte di tracciato è caratterizzata da un susseguirsi di tratte a singolo e doppio binario, con circolazione controllata da impianto di segnalamento, il che riduce la velocità commerciale per effetto di vincoli infrastrutturali. Ciò risulta peraltro confermato, nell'ambito del Progetto, nelle conclusioni dell'Elaborato "Relazione sulla Simulazione dell'Esercizio e Analisi Criticità" che, nelle conclusioni, riporta "*Per quanto concerne la topologia della linea, i numerosi tratti a singolo binario risultano punti sensibili sia in termini di sincronizzazione delle tracce orarie, sia in termini di gestione e assorbimento di eventuali perturbazioni. La sincronizzazione delle tracce orarie e l'ottenimento dei risultati riportati nel capitolo 5 sono fortemente influenzati dai tempi di sosta alle fermate e ai capolinea.*".

Nel corso dell'istruttoria sono emerse, inoltre, alcune richieste di chiarimenti di seguito evidenziate. In esito ai riscontri forniti, sono residuate le osservazioni e prescrizioni di cui al Cap.C.2.

C.1 – CHIARIMENTI E INTEGRAZIONI SUCCESSIVI ALL'INVIO DEL PROGETTO

La Direzione Generale, con nota prot.3114 del 22/4/2022, ha richiesto alcuni chiarimenti e integrazioni; la Città Metropolitana ha fornito riscontro con nota prot. 75622 del 6/5/2022.

Di seguito si riportano le richieste avanzate dal Ministero (di seguito MIMS), ed una sintesi sui riscontri forniti dalla Città Metropolitana (C.M.). La numerazione è la stessa usata nella nota. Alcuni degli aspetti sono stati trattati nel corso di riunione in modalità telematica del 10 Maggio u.s.

A) **Tratta tra fermata Matteotti e Piazza XXV Aprile (Cusano M.)** – Nella Relazione Generale, la descrizione del tracciato riportata a pag.66 risulta incongruente con le planimetrie (cfr. ad esempio Elaborato n.904), nel descrivere banchine di fermata e assetto dei binari. Nello specifico, mentre nel testo si descrive una tratta in sede riservata solo in direzione Seregno (con un ritorno su parterre centrale a Piazza XXV Aprile), le planimetrie raffigurano una diversa configurazione (con una sede tramviaria progetta e indisturbata a

centro strada). La spiegazione di tale incongruenza viene data a pag.103 della Relazione Generale, dove, in relazione alla fermata Matteotti, viene descritta una "soluzione alternativa" in relazione alla quale viene in rilevato quanto segue: *"nella presente stesura del Progetto Esecutivo, però, stante l'assenza dell'atto finale di approvazione da parte della S.A. di detta soluzione alternativa si è sviluppato quanto previsto nel Progetto Definitivo".* Si chiede di chiarire quale sia la soluzione progettuale adottata nella tratta in esame, chiarendo altresì il riferimento fatto dall'Appaltatore a pag.103 della Relazione Generale. Infine, si garantisca che l'incongruenza tra elaborati risieda solo nel mancato allineamento tra planimetrie e parti testuali della Relazione Generale, e che il resto degli elaborati di progetto (in particolare i computi) risultino aggiornati e coerenti con tale assetto, prendendo atto della soluzione progettuale adottata.

- **RISCONTRO C.M. –** E' stato confermato che il riferimento fatto a pag.103 della Relazione Generale trattavasi di refuso, e che la soluzione progettuale adottata per la fermata Matteotti è quella definita "soluzione alternativa" (mantenimento della sede tramviaria a centro strada). Tale soluzione è peraltro quella rappresentata negli elaborati grafici di progetto e nei computi. → SUPERATA

B) Fermata San Carlo (Desio) – Similare incongruenza si rinviene per l'assetto da dare alla fermata San Carlo, situata all'interno di una tratta in sede promiscua. Nella Relazione Generale, la descrizione del tracciato riportata a pag.78 cita *"banchine laterali ricavate nei marciapiedi"*, mentre le planimetrie (cfr. ad esempio Elaborato n.932) presentano una soluzione con banchina centrale ad isola (configurazione che risulterebbe confermata nella Relazione del RUP, a pag. 8 "*fermata Desio San Carlo, tra Desio e Seregno, in posizione centrale per entrambe le direzioni di marcia anziché laterale*", nonché nell'Elaborato n.1855). Nel prosieguo della Relazione Generale, a pag.106, si parla della configurazione a banchina centrale quale "soluzione alternativa", la quale tuttavia (analogamente al riferimento fatto per la tratta presso Matteotti), sarebbe stata abbandonata in mancanza di un "*atto finale di approvazione da parte della S.A.".* Si chiede di chiarire quale sia la soluzione progettuale adottata per la fermata San Carlo, chiarendo altresì il riferimento fatto dall'Appaltatore a pag.106 della Relazione Generale. Infine, si garantisca che l'incongruenza tra elaborati risieda solo nel mancato allineamento tra planimetrie e parti testuali della Relazione Generale, e che il resto degli elaborati di progetto (in particolare i computi) risultino aggiornati e coerenti con tale assetto, prendendo atto della soluzione progettuale adottata.

- **RISCONTRO C.M. –** E' stato confermato anche in questo caso che il riferimento fatto a pag.106 della Relazione Generale trattavasi di refuso, e che la soluzione progettuale adottata per la fermata San Carlo è quella definita "soluzione alternativa" (banchina centrale ad isola). Tale soluzione è peraltro quella rappresentata negli elaborati grafici di progetto e nei computi. → SUPERATA

1) Classificazione sedi tramviarie ai sensi della norma – Salvo un generico accenno fatto a pag.97 della Relazione Generale (che riferisce di un 20% del tracciato in sede "promiscua"), le relazioni inerenti strade e armamento non riportano puntuali individuazioni della tipologia di sede in conformità alla classificazioni introdotte con norma UNI 8379. Le corografie evidenzianti il tipo di sede tramviaria chiariscono solo parzialmente la questione. Si chiede di sviluppare una/più corografie che, con 3 diverse colorazioni, distinguano la sede

tramviaria in conformità alla UNI 8379:2000 ("propria protetta", "promiscua riservata", "promiscua libera"). Fornire i conteggi chilometrico e percentuale di tali tipologie di sede.

- **RISCONTRO C.M. –** Sono state trasmesse tabelle che, per ciascuna tratta, indicano analiticamente la classificazione della sede ai sensi della norma UNI 8379, associate a corografie con diverse colorazioni. In particolare, è stato chiarito che nel progetto la sede "propria" del tram è intesa quale sede "propria riservata" (di cui al punto A.1.2.1 della norma: *"Sede concepita per il transito esclusivo dei veicoli a guida vincolata. La piattaforma non è, in genere, delimitata lateralmente poiché si sviluppa in condizioni difficilmente raggiungibili per altri veicoli o pedoni (per esempio fuori dai centri abitati, in rilevato o in trincea difficilmente accessibile, ecc.)."*), e non sede "propria protetta". → SUPERATA

2) **Condizioni di carrabilità eccezionale** – Nella Relazione Generali si fa riferimento, in taluni casi, a una non ben precisata condizione di "carrabilità eccezionale" lungo Via Vittorio Veneto, in relazione alla necessità di agevolare la svolta da parte di mezzi pesanti, e consentire la sormontabilità della sede ad altri veicoli. Inoltre, la tratta a Nord dell'intersezione di Via Leonardo da Vinci prevede pavimentazione a raso. Si chiarisca cosa si intende per "carrabilità eccezionale" sulle tratte citate, e se con tale termine si limiti a descrivere il caso di temporanee occupazioni della sede, ovvero un vero e proprio regime di circolazione promiscua (da confermare in relazione alle definizioni di cui alla norma UNI 8379:2000). Qualora nella tratta oltre Via Leonardo da Vinci si escluda la circolazione promiscua, giustificare la necessità di prevedere, su tale tratta, sede tramviaria a raso piuttosto che rialzata.

- **RISCONTRO C.M. (confermato in sede di riunione) –** E' stato riscontrato che, "dal punto di vista geometrico-funzionale, la carrabilità eccezionale è riservata ai soli mezzi pesanti che accedono alle attività produttive" e che in particolare la tratta con sede a raso rispetto alle carreggiate stradali è stata prevista "per le stesse finalità, solo in corrispondenza alle attività produttive". E' stato altresì chiarito in sede di riunione che le tratte associate a tale carrabilità "eccezionale" sono classificabili ai sensi della norma UNI 8379 quali sedi "promiscua riservata" (cfr. anche Osservazione n. 1) e che l'accesso sarà limitato agli automezzi di n. 2 imprese presenti su tale tratta → si acquisisce il riscontro fornito, rimandando a successiva osservazione/prescrizione

3) **Semaforizzazioni pedonali** – L'intero tracciato dell'infrastruttura è soggetto a semaforizzazione a priorità per il passaggio del tram, con l'eccezione di alcune rotatorie (a semaforo spento salvo passaggio del tram), ed alcuni attraversamenti pedonali (senza impianto semaforico). Con specifico riferimento agli attraversamenti pedonali, si è valutato di non semaforizzare quelli cd. "a baionetta" (e uno ulteriore caratterizzato da ampio parterre tramviario in zona Stadio a Desio); in riferimento a questi, il progetto rileva che tale fattispecie garantirebbe "sicurezza dell'attraversamento" anche senza semaforizzazione. Chiarire se, per quanto concerne gli attraversamenti cd. "a baionetta", chiarire se la maggiore sicurezza risieda unicamente nell'individuazione di uno spazio di stazionamento tra attraversamento della sede stradale e delle sede tranviaria (possibile grazie agli allargamenti localizzati della sede), oppure se siano previsti transennamenti o diverse misure a protezione di tale spazio. Chiarire inoltre se siano previste particolari condizioni di esercizio, in prospicienza a tale genere di attraversamenti; si fa notare al riguardo che il

diagramma velocità, in relazione a tali tratte, prevede anche passaggi a velocità massima (ovvero 50 km/h, vedasi ad esempio attraversamento presso Via Don Vercesi). Si chiede infine di sviluppare una analisi di visibilità pedonale presso tali attraversamenti o, in alternativa, valutare la semaforizzazione degli stessi (in particolare quello presso Desio, qualora alberature ostruiscano la visibilità).

- **RISCONTRO C.M. (confermato in sede di riunione) –** E' stato chiarito che tutti gli attraversamenti segnalati (n.4 cd. "a baionetta" e uno ulteriore che giova di ampia sede tramviaria a centro strada) presentano appositi elementi di separazione (transennamenti). E' stato altresì chiarito in sede di riunione che la citata "sicurezza dell'attraversamento" voleva riferirsi, alla possibilità fornita al pedone, una volta attraversata la carreggiata di traffico stradale, di sostare nella breve fascia transennata, interposta tra carreggiata stradale e piattaforma tramviaria, fornendo la possibilità di avvistare in sicurezza eventuali tram in arrivo. E' stato altresì rappresentato che tali attraversamenti sono posti in rettilineo e non presentano alberature che ostruiscano la visibilità, pertanto non si ritiene necessario disporre una limitazione di velocità del tram in approccio a tali attraversamenti. → si acquisisce il riscontro fornito, rimandando a successiva osservazione/prescrizione

4) **Raddoppi di binario presso la 2° tratta –** In relazione alle tratte a doppio binario lungo la tratta Erba-Seregno FS non riconducibili a meri raddoppi presso fermata, nel progetto ne viene rilevata l'utilità di agevolare il sorpasso di veicoli provenienti da direzioni opposte (dalla Relazione generale, pag.72 *"ospitare il tram proveniente da Seregno che eventualmente debba attendere prima di immettersi nel tratto a singolo binario"*, e a pag. 78 *"ospitare il tram proveniente da Seregno fermo in attesa di immettersi nel tratto a singolo binario"*). Al riguardo, a prescindere da questioni connesse alla sicurezza della circolazione (gestite e centralizzate dal sistema di interlocking), si chiede di chiarire se siano state svolte verifiche quantitative atte a dimostrare che i raddoppi presenti siano sufficienti e/o opportunamente localizzati lungo la linea da garantire la regolarità del servizio richiesta, consentendo i necessari "sorpassi" a rotabili provenienti da direzioni opposte. Quanto sopra, sia ai fini di garantire l'effettiva realizzabilità del programma di esercizio (della futura linea interurbana 32 servita da tram bidirezionali), che per confermare la stima della velocità commerciale di cui all'elaborato n.641 ("Diagramma velocità") e conseguentemente, l'offerta di trasporto (pass/h) attribuita all'attivazione del sistema in oggetto. Infine, in relazione al cadenzamento previsto sulla tratta Erba-Seregno FS si fa peraltro notare che, ancorché si valuti positivamente che i dimensionamenti elettrici (cfr. Elaborato n.2603) siano rimasti fondati su intertempi minimi di 8 minuti (4 minuti nella tratta Milano-Erba), i riferimenti a tali intertempi fatti in apertura alla Relazione Generale sono da considerarsi ad oggi superati, e pertanto si richiede di svolgere una verifica della regolarità del servizio sulla tratta Erba-Seregno FS ipotizzando gli intertempi ipotizzati, per come comunicati in ultimo nella Relazione dell'Agenzia TPL acquisita (10' in caso di linea 32 potenziata).

- **RISCONTRO C.M. –** E' stato richiamato che l'elaborato di progetto n.3105 ("Relazione sulla simulazione dell'esercizio e analisi criticità" riscontra agli aspetti "di sistema" richiamati nell'osservazione. E' stato altresì allegato una nota tecnica di ATM denominata "Metrotramvia Milano Parco Nord - Seregno (modello di esercizio)" datata 10/05/2019 che dimostra, nello specifico, la fattibilità dei "sorpassi" di tram da direzioni

opposte nella 2° tratta della Metrotrambia (singolo binario con raddoppi puntuali). → si acquisisce il riscontro fornito, rimandando a successiva osservazione/prescrizione

5) **Capolinea intermedio** – Il capolinea intermedio dell'infrastruttura (terminale per la futura linea urbana 4), secondo gli elaborati di progetto (planimetrie e relazioni) è situato presso la fermata Erba (fermata n°11). Si chiede di confermare che i riferimenti residui a Calderara (fermata n°10) presenti in alcune parti del progetto (cfr. pag.71 della Relazione Generale, o relazione del RUP) costituiscano refuso o conseguano a mero cambio di denominazione.

   - **RISCONTRO C.M. –** E' stato confermato che i diffusi riferimenti negli elaborati di progetto a "Calderara" quale capolinea intermedio, costituiscono refuso. → SUPERATA

6) **Tratta a Nord del Deposito –** In relazione alla tratta del Comune di Seregno posta subito a Nord dell'ingresso del Deposito, si chiede di confermare che, affiancata alla sede tramviaria propria e protetta (inerbita) larga 7,5m, sia presente a Est una carreggiata larga 5,50m, con una corsia per senso di marcia (nelle planimetrie n.933 e n.934 risulta indicato un senso unico). Indicare altresì la larghezza delle due corsie in corrispondenza del successivo attraversamento pedonale presso l'intersezione con Via Cardinale Borromeo e, qualora inferiore alla larghezza di 2,75m per corsia, giustificare la scelta. Infine, in relazione all'Elaborato n.3262, confermare la correttezza delle fasi semaforiche, ovvero correggerne lo schema.

   - **RISCONTRO C.M. –** Il punto non è stato riscontrato a causa refuso. → si acquisisce il riscontro fornito, rimandando a successiva osservazione/prescrizione

7) **Interasse tra binari –** In relazione all'armamento, si chiede di confermare che l'interasse minimo in rettilineo misuri 3,50m (come riportato nell'Elaborato n.623), e che il riferimento a 3,05m fatto a pagg.20-21 della Relazione Generale costituisca refuso.

   - **RISCONTRO C.M. –** E' stato confermato che l'interasse minimo in rettilineo è di 3,50m, e il riferimento alla misura 3,05m trattasi di refuso. → SUPERATA

8) **Revisione della norma UNI 7156** – La Relazione Generale riporta il seguente passaggio (pag.94): *"La progettazione definitiva della nuova metrotranvia è stata redatta utilizzando la Norma UNI 7156-72, ai fini della determinazione delle distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile nonché delle distanze minime fra rotabili che percorrono binari attigui (interbinario); considerato altresì che il progetto definitivo è stato approvato dal C.I.P.E. con deliberazione n.52 del 27/03/2008 (e quindi precedentemente alla pubblicazione della revisione della Norma UNI 7156 entrata in vigore il 20 novembre 2008), in conformità a quanto comunicato dal Responsabile Unico del Procedimento, la progettazione esecutiva è stata sviluppata nel rispetto di quanto previsto dalla Norma UNI 7156-72 utilizzata per la redazione del progetto definitivo approvato e posto a base di gara."*. Chiarire il passaggio di testo sopra riportato, anche in relazione al fatto che il resto del Progetto parrebbe far riferimento alla revisione 2014 della norma, ivi incluso, in particolare l'Elaborato n.623 ("Relazione di verifica della sede in accordo alla norma UNI 7156").

   - **RISCONTRO C.M. –** E' stato chiarito che il progetto ha svolto verifiche in riferimento alla versione 2014 della norma UNI 7156. → SUPERATA

9) **Sopraelevazioni in curva** – Nell'Elaborato n.623 si rappresenta che il tracciato non presenta sopraelevazioni (come appare confermato dagli elaborati grafici analitici), *"salvo n. 2 curve che presentano condizioni favorevoli per applicare la sopraelevazione che sono collocate in Comune di Paderno Dugnano alla Pk 8+449"* (pag.17). Si confermi che anche presso tali curve non si ritenga necessario di prevedere sopraelevazione.

   - **RISCONTRO C.M. –** E' stato confermato che il progetto ferrotramviario non presenta generalmente sopraelevazioni in curva; fanno eccezione le n.2 curve richiamate, presso Paderno Dugnano, per le quali è stata prevista sopraelevazione come da espressa indicazione della Stazione Appaltante. → SUPERATA

10) **Accelerazione centrifuga non compensata** – Nell'Elaborato n.623, in relazione alla accelerazione centrifuga non compensata, è presente il seguente passaggio *"deve essere compreso fra 0,30 e 0,90 m/sec2, a bassi valori di ac corrisponde una velocità di percorrenza della curva minore ma un miglior confort dei viaggiatori"*. Non appare chiaro se sia stata svolta una verifica puntuale in merito al non superamento dei valori massimi per accelerazione e jerk trasversali previsti dalla norma UNI 7836:1978 (citata nel Progetto). Si chiede altresì al RUP di confermare la mancata applicazione della versione aggiornata della norma, e in caso affermativo, giustificare la scelta. Si chiede di confermare che le velocità prese in considerazione per il calcolo siano quelle di cui all'Elaborato n.641

   - **RISCONTRO C.M. –** E' stato rappresentato che *"l'accelerazione centrifuga non compensata e il contraccolpo (jerk trasversale) è stata determinata puntualmente per ciascuna curva presente lungo il tracciato della metrotramvia, con verifica positiva del non superamento dei valori massimi previsti dalla norma UNI 7836"*. → si acquisisce il riscontro fornito, rimandando a successiva osservazione/prescrizione

11) **Interferenza con elettrodotti presso il Deposito** – A pag.122 della Relazione Generale si cita una interferenza con elettrodotti insistenti a Nord del deposito, che *"dovrà essere risolta a carico dell'Ente gestore"*. Chiarire l'affermazione riportata, anche alla luce del fatto che la soluzione adottata, stando a quanto si riferisce, terrebbe già conto di tali elettrodotti.

   - **RISCONTRO C.M. (confermato in sede di riunione) –** E' stato chiarito, anche in sede di riunione, che la soluzione individuata al fine di eliminare la richiamata interferenza consisterà nell'innalzamento quota elettrodotti, e verrà implementata in tempi compatibili con la messa in esercizio. → SUPERATA

12) **Interferenza con Autostrada Pedemontana Lombarda** – Si chiede di confermare che ogni eventuale residua interferenza con l'opera risulti superata, sotto il profilo vista tecnico, alla luce di quanto rilevato dall'Appaltatore negli Elaborati n.4 (ottemperanza alla prescrizione CIPE n.1), e n.3000 (in relazione ai pali TE). Altresì, si chiede: i) di chiarire se tale opera sia stata realizzata o sia ancora da realizzarsi; 2) nel secondo caso, aggiornare ad oggi il riscontro fornito al rilievo avanzato dell'ente verificatore, di cui salla Relazione di Traffico (Elab.310, pag.107), in relazione (si presume da quanto rappresentato) ad eventuali ripercussioni sul traffico che le cantierizzazioni (o la coincidenza temporale tra le due cantierizzazioni) potrebbe avere sulla zona di interferenza.

   - **RISCONTRO C.M. –** E' stato chiarito che l'Autostrada in oggetto non è ancora stata realizzata. In conformità a quanto rilevato nell'Elaborato "Relazione di ottemperanza alle Prescrizioni CIPE" la soluzione progettuale individuata per la trazione elettrica

dovrebbe garantire assenza di interferenze tra i due progetti per qualsiasi tempistica di realizzazione possa avere l'Autostrada. → SUPERATA

13) **Sostegni TE** – In relazione ai sostegni per la trazione elettrica, chiarire i riferimenti fatti nell'Elaborato n.3000 alle differenze tra pali cd. "artistici" e convenzionali (chiarire se si limitino ad aspetti esteriori e non strutturali), nonché il riferimento fatto a ganci "già esistenti" e ganci "fuori dall'area di esproprio".

   - **RISCONTRO C.M. (confermato in sede di riunione) –** E' stato chiarito che i ganci cd. "esistenti" coincidono con quelli "fuori area esproprio" e sono in numero limitato (n.2 sull'intera linea). I pali cd. "artistici" presentano mere differenze estetiche. → SUPERATA

14) **Distanze tra parti in tensione, conformità norma CEI EN 50122 –** Confermare che, a seguito della variante che ha comportato lo spostamento dei pali al centro della sede tramviario (tratte a doppio binario), il riferimento presente a pag.18 dell'Elaborato n.3000 (*"non sono previsti sostegni in interbinario"*) costituisca refuso. Ciò premesso, assunto che il Progettista ha rappresentato che i pali TE presentano doppio isolamento e pertanto non necessitano di messa a terra di cui alla CEI EN 50122-1, si chiede di confermare che il progetto includa: i) la verifica puntuale del rispetto delle distanze di sicurezza tra parti in tensione della linea di contatto e fabbricati vicini, ii) valutazioni in relazione a masse metalliche che ricadano alle zone tensionabili di cui alla CEI EN 50122-1, iii) se sia stato previsto (per esempio presso gli impianti di fermata) di installare dispositivi VLD.

   - **RISCONTRO C.M. (confermato in sede di riunione) –** E' stato rappresentato che: (i) i piani di elettrificazione sviluppati assicurano "il rispetto delle distanze di sicurezza delle parti in tensione della linea di contatto delle mensole verso massa, come parti metalliche o manufatti murari"; (ii) "tale valutazione sarà condotta in fase di progetto costruttivo ovvero quando saranno censite puntualmente gli apparati non isolati da terra …"; (iii) la previsione dei VLD "rientra nel progetto dell'impianto di terra di fermata" → si acquisisce il riscontro fornito, rimandando a successiva osservazione/prescrizione

15) **Riferimento mancante –** A pag.177 della Relazione Generale ci cita l'Elaborato n.2623, mancante nella documentazione trasmessa. Si chiede di trasmetterlo, o di confermare che lo stesso sia stato sostituito, quanto a contenuti, dall'Elaborato 2603 (di titolo diverso).

   - **RISCONTRO C.M. –** L'Elaborato 2623 è stato sostituito dall'Elaborato 2603. → SUPERATA

16) **Documento tecnico requisiti variante –** Per completezza documentale, si trasmetta il "Documento tecnico requisiti variante (Rev.12)", emesso dal RUP, preso riferimento per il quadro di raffronto di cui all'Allegato 3 dell'Elaborato n.3102.

   - **RISCONTRO C.M. –** L'Elaborato "Documento tecnico requisiti variante" è stato trasmesso. → SUPERATA

C.2 – OSSERVAZIONI E PRESCRIZIONI

Di seguito si elencano tutte le osservazioni e prescrizioni della presente istruttoria. Alcune di esse includono tematiche già trattate nel precedente Paragrafo C.1 che non si ritengono del tutto soddisfatte in esito all'acquisizione dei riscontri forniti dalla Città Metropolitana con nota prot. 75622 del 6/5/2022 rispondendo alla nota della Direzione Generale prot.3114 del 22/4/2022, oppure non del tutto chiarite in esito alla richiamata riunione in modalità telematica del 10 Maggio u.s.

Le osservazioni e prescrizioni di seguito elencate fanno riferimento a due fattispecie: da soddisfare preliminarmente al NOT. da soddisfare anche in seguito al NOT. Ai fini dell'emanazione del Nulla Osta Tecnico per la sicurezza (art. 3 DPR 753/80), questo Ufficio ritiene sufficiente, salvo diverso avviso, il soddisfacimento delle sole richieste della prima fattispecie.

Sede tramviaria, attraversamenti, progettazione stradale

I) **Condizioni di carrabilità eccezionale [già punto n.2, nota MIMS prot. 3114/2022]** – Nella Relazione Generali si fa riferimento, in taluni casi, a una non ben precisata condizione di "carrabilità eccezionale" lungo Via Vittorio Veneto, in relazione alla necessità di agevolare la svolta da parte di mezzi pesanti, e consentire la sormontabilità della sede ad altri veicoli. Inoltre, la tratta a Nord dell'intersezione di Via Leonardo da Vinci prevede pavimentazione a raso. Si chiarisca cosa si intende per "carrabilità eccezionale" sulle tratte citate, e se con tale termine si limiti a descrivere il caso di temporanee occupazioni della sede, ovvero un vero e proprio regime di circolazione promiscua (da confermare in relazione alle definizioni di cui alla norma UNI 8379:2000). Qualora nella tratta oltre Via Leonardo da Vinci si escluda la circolazione promiscua, giustificare la necessità di prevedere, su tale tratta, sede tramviaria a raso piuttosto che rialzata.

- **Riscontro C.M. (confermato in sede di riunione) –** E' stato riscontrato che, "dal punto di vista geometrico-funzionale, la carrabilità eccezionale è riservata ai soli mezzi pesanti che accedono alle attività produttive" e che in particolare la tratta con sede a raso rispetto alle carreggiate stradali è stata prevista "per le stesse finalità, solo in corrispondenza alle attività produttive". E' stato altresì chiarito in sede di riunione che le tratte associate a tale carrabilità "eccezionale" sono classificabili ai sensi della norma UNI 8379 quali sedi "promiscua riservata" (cfr. anche Osservazione n. 1) e che l'accesso sarà limitato agli automezzi di n. 2 imprese presenti su tale tratta.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare anche in seguito al NOT) –** Si chiede di garantire che l'accesso ai mezzi pesanti nelle richiamate tratte "a carrabilità eccezionale" venga limitato, eventualmente previo accordi con le attività produttive di cui trattasi, a specifiche fasce orarie/giorni, e regolamentato con apposita segnaletica verticale.

II) **Semaforizzazioni pedonali [già punto n.3, nota MIMS prot. 3114/2022] –** L'intero tracciato dell'infrastruttura è soggetto a semaforizzazione a priorità per il passaggio del tram, con l'eccezione di alcune rotatorie (a semaforo spento salvo passaggio del tram), ed alcuni attraversamenti pedonali (senza impianto semaforico). Con specifico riferimento agli attraversamenti pedonali, si è valutato di non semaforizzare quelli cd. "a baionetta" (e uno ulteriore caratterizzato da ampio parterre tramviario in zona Stadio a Desio); in riferimento a questi, il progetto rileva che tale fattispecie garantirebbe "sicurezza dell'attraversamento"

anche senza semaforizzazione. Chiarire se, per quanto concerne gli attraversamenti cd. "a baionetta", chiarire se la maggiore sicurezza risieda unicamente nell'individuazione di uno spazio di stazionamento tra attraversamento della sede stradale e delle sede tranviaria (possibile grazie agli allargamenti localizzati della sede), oppure se siano previsti transennamenti o diverse misure a protezione di tale spazio. Chiarire inoltre se siano previste particolari condizioni di esercizio, in prospicienza a tale genere di attraversamenti; si fa notare al riguardo che il diagramma velocità, in relazione a tali tratte, prevede anche passaggi a velocità massima (ovvero 50 km/h, vedasi ad esempio attraversamento presso Via Don Vercesi). Si chiede infine di sviluppare una analisi di visibilità pedonale presso tali attraversamenti o, in alternativa, valutare la semaforizzazione degli stessi (in particolare quello presso Desio, qualora alberature ostruiscano la visibilità).

- **RISCONTRO C.M. (confermato in sede di riunione):** E' stato chiarito che tutti gli attraversamenti segnalati (n.4 cd. "a baionetta" e uno ulteriore che giova di ampia sede tramviaria a centro strada) presentano appositi elementi di separazione (transennamenti). E' stato altresì chiarito in sede di riunione che la citata "sicurezza dell'attraversamento" voleva riferirsi, alla possibilità fornita al pedone, una volta attraversata la carreggiata di traffico stradale, di sostare nella breve fascia transennata, interposta tra carreggiata stradale e piattaforma tramviaria, fornendo la possibilità di avvistare in sicurezza eventuali tram in arrivo. E' stato altresì rappresentato che tali attraversamenti sono posti in rettilineo e non presentano alberature che ostruiscano la visibilità, pertanto non si ritiene necessario disporre una limitazione di velocità del tram in approccio a tali attraversamenti.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare anche in seguito al NOT) –** Si chiede di valutare l'opportunità di semaforizzare anche i n. 5 attraversamenti pedonali in oggetto, in considerazione che risultano, lungo la linea, già semaforizzati ben n.68 attraversamenti e/o intersezioni. Tale valutazione risulta opportuna anche alla luce del fatto che in questo modo si potrà evitare il locale allargamento della sede tramviaria e la conseguente riduzione delle carreggiate stradali, con evidente beneficio sul traffico privato.

Dinamiche di esercizio, velocità commerciale

III) Raddoppi di binario presso la 2° tratta [già punto n.4, nota MIMS prot. 3114/2022] – In relazione alle tratte a doppio binario lungo la tratta Erba-Seregno FS non riconducibili a meri raddoppi presso fermata, nel progetto ne viene rilevata l'utilità di agevolare il sorpasso di veicoli provenienti da direzioni opposte (dalla Relazione generale, pag.72 *"ospitare il tram proveniente da Seregno che eventualmente debba attendere prima di immettersi nel tratto a singolo binario"*, e a pag. 78 *"ospitare il tram proveniente da Seregno fermo in attesa di immettersi nel tratto a singolo binario"*). Al riguardo, a prescindere da questioni connesse alla sicurezza della circolazione (gestite e centralizzate dal sistema di interlocking), si chiede di chiarire se siano state svolte verifiche quantitative atte a dimostrare che i raddoppi presenti siano sufficienti e/o opportunamente localizzati lungo la linea da garantire la regolarità del servizio richiesta, consentendo i necessari "sorpassi" a rotabili provenienti da direzioni opposte. Quanto sopra, sia ai fini di garantire l'effettiva realizzabilità del programma di esercizio (della futura linea interurbana 32 servita da tram bidirezionali), che per confermare la stima della velocità commerciale di cui all'elaborato n.641 ("Diagramma velocità") e conseguentemente, l'offerta di trasporto (pass/h) attribuita all'attivazione del

sistema in oggetto. Infine, in relazione al cadenzamento previsto sulla tratta Erba-Seregno FS si fa peraltro notare che, ancorché si valuti positivamente che i dimensionamenti elettrici (cfr. Elaborato n.2603) siano rimasti fondati su intertempi minimi di 8 minuti (4 minuti nella tratta Milano-Erba), i riferimenti a tali intertempi fatti in apertura alla Relazione Generale sono da considerarsi ad oggi superati, e pertanto si richiede di svolgere una verifica della regolarità del servizio sulla tratta Erba-Seregno FS ipotizzando gli intertempi ipotizzati, per come comunicati in ultimo nella Relazione dell'Agenzia TPL acquisita (10' in caso di linea 32 potenziata).

- **RISCONTRO C.M.:** E' stato richiamato che l'elaborato di progetto n.3105 ("Relazione sulla simulazione dell'esercizio e analisi criticità" riscontra agli aspetti "di sistema" richiamati nell'osservazione. E' stato altresì allegato una nota tecnica di ATM denominata "Metrotramvia Milano Parco Nord - Seregno (MODELLO DI ESERCIZIO)" datata 10/05/2019 che dimostra, nello specifico, la fattibilità dei "sorpassi" di tram da direzioni opposte nella 2° tratta della Metrotrambia (singolo binario con raddoppi puntuali).
- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT) –** Nel riscontro fornito viene richiamato l'Elaborato di progetto n.3105, il quale, però si riferisce a intertempi connessi a precedenti ipotesi di esercizio (4' sulla tratta Milano-Erba, 8' sulla tratta Erba-Seregno). Inoltre è stata allegata una nota tecnica di ATM "Metrotramvia Milano Parco Nord - Seregno (modello di esercizio)" che, pur proponendo intertempi conformi alle nuove ipotesi di esercizio (intertempi di 5' e 10'), ne verifica la fattibilità prendendo come assunzione di base che la velocità commerciale del sistema risulti di 22 km/h (dato desunto da ulteriore Elaborato di progetto, n.641, denominato "Diagrammi di velocità"). Tale documento di ATM risulta corretto nella metodologia seguita. Si fa tuttavia notare che velocità commerciale di 22 km/h utilizzata come input non è coerente con i reali profili di velocità sviluppabili sull'infrastruttura, a causa del fatto che l'elaborato di progetto n.641 non tiene in conto di almeno 2 aspetti: (a) limitazioni di velocità da prevedere in corrispondenza al passaggio sugli scambi (15 km/h di punta, 20 km/h di calcio, come specificato negli Elaborati di progetto connessi a Segnalamento e altri impianti speciali); (b) ulteriori limitazioni disposte nelle Tabelle 7-8 dell'elaborato "Analisi di Safety" (in sintesi conseguenti a una analisi quantitativa condotta in relazione al rischio di urto tra due tram provenienti da direzioni opposte in caso di mancato corretto comportamento di uno dei macchinisti in relazione al segnale "via impedita" che causi attivazione del train-stop).

  Risulta pertanto necessario che:

  (1) l'elaborato di progetto "Diagrammi Velocità" venga aggiornato prendendo in considerazione (a) i rallentamenti dovuti al passaggio a 15/20 km/h sugli scambi, (b) (dove non già connesso al punto (a)) le ulteriori riduzioni disposte nelle Tabelle 7-8 dell'Elaborato "Relazione di Analisi Safety".

  (2) il documento di cui al riscontro fornito in allegato alla nota prot. RU/3114 del 22/4/2022 della C.M., venga aggiornato (eventualmente da ATM) assumendo come input la velocità commerciale ricalcolata (in ribasso) sulla base del nuovo elaborato "Diagrammi Velocità" di cui al punto (1). Si chiarisce che, stante il recente riscontro tecnico dell'Agenzia TPL, non risulta più opportuno prendere come intertempi "di

riferimento” 4’ e 8’ (rispettivamente sulla tratta Milano-Erba e sulla tratta Erba-Seregno), bensì 5’ e 10’;

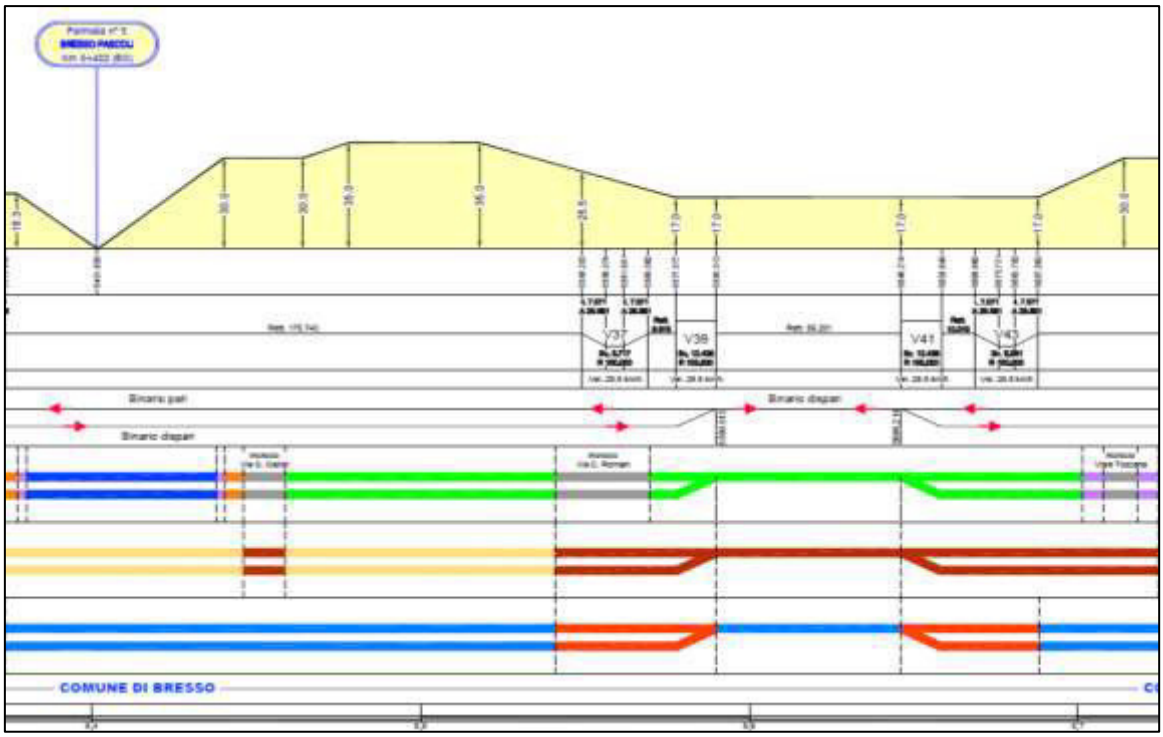
(3) l’elaborato n.3105 venga aggiornato alla luce dei riscontri di cui ai punti (1) e (2), ed in particolare dovranno essere riformulate le conclusioni, nonché ricalcolati i perditempo da prevedere ai capilinea intermedio e terminale (precedentemente quantificati in 240 e 301 secondi, rispettivamente), necessari al fine di garantire la corretta “sincronizzazione” delle tracce orarie con sorpassi su tratte a binario unico.

Anche a maggior chiarimento della prescrizione sopra enucleata, si presentano qui sotto alcuni stralci degli Elaborati di progetto richiamati.

Tratta	Bin.	Segnale		Bos	TL	Dist Bos-TL	Velocità	Distanza arresto	Risultati	Velocità	Distanza arresto	Risultati	Note
		Nome	Kp	Kp	Kp	m	km/h	m	Step 1	km/h	m	Step 2	
Passoni - Manzoni	dx	S202d	5529	5527	5554	27	30	22	OK	30	22	OK	
Passoni - Manzoni	sx	S201s	5707	5709	5682	27	28	39	NOK	20	22	OK	Limite velocità 28->20 km/h
Erba - Brodolini	dx	S102d	9085	9084	9111	27	30	22	OK	30	22	OK	
Erba - Brodolini	sx	S211s	10000	10002	9967	35	11	8	OK	11	8	OK	
Brodolini-Vertua	dx	S212d	10036	10034	10078	44	11	8	OK	11	8	OK	
Brodolini-Vertua	sx	S221s	10413	10415	10389	26	28	39	NOK	20	22	OK	Limite velocità 28->20 km/h
Vertua-S.Bernardo	dx	S222d	10834	10832	10866	33	7	5	OK	7	5	OK	
Vertua-S.Bernardo	sx	S231s	11369	11371	11340	31	11	8	OK	11	8	OK	
S.Bernardo-Togliatti	dx	S232d	11404	11402	11442	40	7	5	OK	7	5	OK	
S.Bernardo-Togliatti	sx	S241s	11712	11714	11687	27	28	39	NOK	20	22	OK	Limite velocità 28->22 km/h
S.Bernardo-Togliatti	dx	S242d	11947	11945	11972	27	28	39	NOK	20	22	OK	Limite velocità 28->22 km/h
S.Bernardo-Togliatti	sx	S251s	12473	12475	12436	39	11	8	OK	11	8	OK	
Togliatti-Stadio	dx	S252d	12509	12507	12542	35	11	8	OK	11	8	OK	
Togliatti-Stadio	sx	S261s	13528	13526	13512	16	7	5	OK	7	5	OK	
Stadio-Gabellini	dx	S262d	13561	13559	13579	19	11	8	OK	11	8	OK	
Stadio-Gabellini	sx	S271s	14468	14470	14437	33	11	8	OK	11	8	OK	
Gabellini-Ospedale	dx	S272d	14503	14501	14536	35	7	5	OK	7	5	OK	
Gabellini-Ospedale	sx	S281s	14839	14841	14822	19	11	8	OK	11	8	OK	
Ospedale-S.Carlo	dx	S282d	15071	15069	15096	27	28	39	NOK	20	22	OK	
Ospedale-S.Carlo	sx	S291s	15742	15744	15717	27	15	14	OK	15	14	OK	
S.Carlo-Platone	dx	S290bis	16000	15998	16174	176	30	44	OK	30	44	OK	
Platone-Edison	dx	S292d	16643	16641	16695	54	11	8	OK	11	8	OK	
Platone-Edison	sx	S301s	17174	17176	17142	34	14	13	OK	14	13	OK	
Edison-Seregno	dx	S302d	17210	17208	17247	39	14	13	OK	14	13	OK	
Edison-Seregno	sx	S315s	17669	17671	17647	24	14	13	OK	14	13	OK	
Edison-Seregno	sx	S313s	17669	17671	17662	9	14	13	NOK	10	7	OK	Limite velocità 14->10 km/h
Edison-Seregno	sx	S311s	17669	17671	17662	9	14	13	NOK	10	7	OK	Limite velocità 14->10 km/h

Tabella 7 – Verifica Overlap

Tabella 7 tratta dal’Elaborato n.3106, con evidenza dei limiti di velocità ribassati al fine di evitare “overlap” di tra provenienti da direzioni opposte in caso di entrata in funzione del train-stop.



Stralcio dell'Elaborato n.642 ("Diagrammi di Velocità"), a Nord della fermate Bresso-Pascoli.

Confrontando i due stralci di elaborati, si fa notare come:

- alla pk 5+529 (binario dx, direzione Nord), si legge una velocità di circa 30 km/h; la Tabella 7 (di cui a precedente immagine), imporrebbe una riduzione di velocità a 20 km/h;
- alla pk 5+707 (binario sx, direzione Sud), si legge una velocità di circa 25 km/h; la Tabella 7 imporrebbe una riduzione di velocità (ulteriore, in esito all'analisi svolta in relazione al rischio di "overlap") a 20 km/h.

IV) **Accodamento di tram** – In relazione ad alcune dinamiche di accodamento di tram durante l'esercizio, non sono chiari alcuni riferimenti fatti nel progetto, in particolare a pag.32 dell'Elaborato "Relazione tecnica generale Segnalamento…", e la funzione "ComAttivAcc".

- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT)** – Risulta necessario chiarire i seguenti aspetti inerenti l'accodamento. (i) dettagliare (anche con l'ausilio di schemi) a quale/i situazioni di circolazione da evitare si faccia riferimento a pag.32 dell'Elaborato "Relazione tecnica generale Segnalamento…"; (ii) in relazione alle descritte situazioni, chiarire come il blocco dell'accettazione di tale comando da ambedue le direzioni eviti che verso un posto di incrocio con binari di limitata lunghezza si inoltrino in entrambe le direzioni tram accodati; (iii) confermare se il comando "ComAttivAcc" sia attivato dal conducente, piuttosto che costituire situazione di rilevamento automatico da parte del SAE/ATS, e dettagliare le ragioni dietro quest'ultima scelta progettuale.

Rispetto di normative

V) **Accelerazione centrifuga non compensata [già punto n.10, nota MIMS prot. 3114/2022]** – Nell'Elaborato n.623, in relazione alla accelerazione centrifuga non compensata, è presente il seguente passaggio *"deve essere compreso fra 0,30 e 0,90 m/sec2, a bassi valori di ac corrisponde una velocità di percorrenza della curva minore ma un miglior confort dei viaggiatori"*. Non appare chiaro se sia stata svolta una verifica puntuale in merito al non superamento dei valori massimi per accelerazione e jerk trasversali previsti dalla norma UNI 7836:1978 (citata nel Progetto). Si chiede altresì al RUP di confermare la mancata applicazione della versione aggiornata della norma, e in caso affermativo, giustificare la scelta. Si chiede di confermare che le velocità prese in considerazione per il calcolo siano quelle di cui all'Elaborato n.641

- **RISCONTRO C.M.:** E' stato rappresentato che *"l'accelerazione centrifuga non compensata e il contraccolpo (jerk trasversale) è stata determinata puntualmente per ciascuna curva presente lungo il tracciato della metrotramvia, con verifica positiva del non superamento dei valori massimi previsti dalla norma UNI 7836"*.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT)** – Acquisito quanto rappresentato in merito alla verifica positiva dell'accelerazione centrifuga non compensata e il contraccolpo, si chiede comunque di produrre un elaborato specifico che attesti l'ottemperanza ai contenuti della norma UNI 7836, (riferita peraltro alla revisione aggiornata della stessa), analogamente con quanto già fatto con l'elaborato di specifica ottemperanza alla norma UNI 7156.

VI) Distanze tra parti in tensione, conformità norma CEI EN 50122 [già punto n.14, nota MIMS prot. 3114/2022] – Confermare che, a seguito della variante che ha comportato lo spostamento dei pali al centro della sede tramviario (tratte a doppio binario), il riferimento presente a pag.18 dell'Elaborato n.3000 (*"non sono previsti sostegni in interbinario"*) costituisca refuso. Ciò premesso, assunto che il Progettista ha rappresentato che i pali TE presentano doppio isolamento e pertanto non necessitano di messa a terra di cui alla CEI EN 50122-1, si chiede di confermare che il progetto includa: i) la verifica puntuale del rispetto delle distanze di sicurezza tra parti in tensione della linea di contatto e fabbricati vicini, ii) valutazioni in relazione a masse metalliche che ricadano alle zone tensionabili di cui alla CEI EN 50122-1, iii) se sia stato previsto (per esempio presso gli impianti di fermata) di installare dispositivi VLD.

- **RISCONTRO C.M. (confermato in sede di riunione) –** E' stato rappresentato che: (i) i piani di elettrificazione sviluppati assicurano "il rispetto delle distanze di sicurezza delle parti in tensione della linea di contatto delle mensole verso massa, come parti metalliche o manufatti murari"; (ii) "tale valutazione sarà condotta in fase di progetto costruttivo ovvero quando saranno censite puntualmente gli apparati non isolati da terra …"; (iii) la previsione dei VLD "rientra nel progetto dell'impianto di terra di fermata".
- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT) –** Preso atto del riscontro fornito, si chiede comunque di sviluppare una Relazione di ottemperanza ai contenuti della norma UNI 50122-1, con evidenza di alcune sezioni più critiche quanto a vicinanza delle parti in tensione dell'infrastruttura con fabbricati civili (si cita, a titolo di esempio, il tratto di Via Garibaldi tra il canale Villoresi e via San Sebastiano che presenza una distanza tra edifici prospicienti ridotta a 12m). Quanto sopra, considerato anche che la progettazione in esame risulta di livello esecutivo. Infine, con specifico riferimento agli impianti di fermata, chiarire quali e quante siano le banchine dotate di dispositivi VLD.

Impianti di alimentazione e trazione, rete di trasmissione

VII) Alimentazione di linea e rotabili – La tensione di esercizio del sistema è a 600 Vcc.

- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT)** Chiarire come mai non si sia valutato di utilizzare una tensione di esercizio di 750 Vcc, e se la ragione risieda esclusivamente nella necessità di esercire rotabili monodirezionali urbani compatibili con tensione "storica" a 600 Vcc.

VIII) Competenze su apparati di linea e comunicazione – A pagg.41-42 dell'Elaborato di progetto n.3102 sono presenti due schemi inerenti gli apparati di linea e comunicazione in fibra ottica, i cui distinguo inerenti la competenza di realizzazione non è chiarita nei passaggi di testo successivi.

- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT) –** Formalizzare quanto già anticipato in corso di riunione in merito a diverse competenze di tali interventi, e confermare quali di essi siano già stati eseguiti.

Segnalamento, train-stop, altri impianti speciali

IX) **Scambi e casse di manovra** - A pag.35 della "Relazione tecnica generale Segnalamento e..." si rappresenta che gli scambi sono *"dotati di dispositivo per la manovra a mano di emergenza"*, ma poi viene detto (pag.37) che *"si ritiene comunque poco funzionale in un contesto metropolitano della Tranvia l'appesantimento dell'architettura di sistema che inevitabilmente richiederebbe dispositivi elettromeccanici e "torrette o cassette" di comando/controllo, ubicate in prossimità degli scambi soggetti al rischio di danneggiamento e atti vandalici, in aree di difficile ubicazione/utilizzo per via della circolazione stradale. Soprattutto in una soluzione IXL totalmente centralizzata come quella proposta, dove la logica e gli interventi e la responsabilità sugli impianti vitali sono demandati esclusivamente ad un dirigente movimento presso il posto centrale con dovuta formazione."*

- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT) –** Chiarire se il dispositivo per la manovra a mano di emergenza sia o meno previsto.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT)** – Il Progetto non prevede il controllo posizione per le sole casse di manovra di tipo "tallonabile senza ritorno a molla" (casse T). Si chiede di valutare se non sia opportuno prevedere, anche per esse (peraltro di esiguo numero) il controllo posizione.

X) **Interoperabilità/interfacciamento (segnalamento/ATS/SAE)** – Nel progetto sono presenti alcuni passaggi di non chiara interpretazione, che di seguito si riportano. *(a) (Relazione Generale, pag.179): "La tematica dell'interoperabilità dell'impianto di segnalamento con il TPL di ATM attualmente in esercizio ed il centro di controllo di Monterosa, sarà sviluppata in altro progetto di cui saranno sviluppati i diversi specifici livelli di progettazione"; (b) (Relazione Generale Tecnica Segnalamento…"): "La componente SAE/ATS server deve interfacciare l'AVL/AVM di ATM su protocollo "Terze Parti", strutturato su web service e sulla nuova interfaccia da realizzarsi via Web Service, la cui definizione WSDL sarà a cura di ATM. L'interfacciamento deve avvenire tra il server ATM di Monterosa e i server SAE/ATS di Desio."; "Il SAE/ATS deve estendere il suo dominio di supervisione fino a Cairoli oltre Milano P.N. dove termina l'appalto, scambiando i dati di tale area con i SAE di bordo e con l'AVL/AVM. La targatura eseguita sul SAE di Bordo dei Monodirezionali al Deposito sarà inviata dal SAE/ATS all'AVL/AVM. Inoltre verranno forniti i tool (HW/SW) di diagnostica e configurazione tipicamente in ambiente user frendly in ambiente Web service, per consentire la modifica dei parametri di configurazione necessari al SW di base."*

- **Richiesta MIMS (da soddisfare preliminarmente al NOT) –** Chiarire i passaggi di cui sopra, facendo capire, in particolare, quali mancate funzioni di interoperabilità/interfacciamento siano demandati a "altro progetto", e se vi sia previsione di attuazione delle stesse, anche in riferimento al soggetto che si occuperà di sviluppare lo stesso e trovare copertura finanziaria. Sul punto si fa peraltro notare che, nella "Relazione Generale Variante interoperabilità", di recente trasmissione, era previsto che la variante stessa includesse "sistema SAE/ATS (Terra e bordo): interfacciamento con AVM esistente e funzionalità aggiuntive".

XI) **Integrazione documentale inerente il Safety –** L'elaborato di progetto "Relazione di Analisi Safety" cita in apertura il documento [R7] "Safety Instruction" di ALSTOM, non presente nella documentazione trasmessa.

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT)** – Trasmettere l'elaborato [R7] richiesto di Alstom.

XII) **Analisi dei rischi – Analisi top-down** – Nell'Elaborato di progetto "Relazione di Analisi Safety", alla Sezione 6 ("Tabelle Analisi Top-Down"), l'evento "guasto del segnale" (si intende segnale luminoso a 2 luci), associato al rischio "intollerabile", risulta sbarrato.

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT) –** Riferire in merito all'evento di guasto di cui sopra.

XIII) **Gradi di integrità di funzioni e componenti** – La Tabella 1 in apertura all'elaborato "Relazione Analisi Safety", individua i gradi di integrità del sistema di segnalamento interlocking e sottosistemi connessi. Non risulta stata prodotta la certificazione attestante il SIL dichiarato (SIL4 per la generalità dei sistemi connessi al segnalamento, eccetto il train-stop, dichiarato come SIL2, e la rete di comunicazione e indicatore binario di inoltro, entrambi SIL0).

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT) -** Produrre documentazione giustificativa del perché si ritenga sufficiente che la funzione di train-stop abbia grado di integrità SIL2, presentando, a supporto delle motivazioni, un'analisi quantitativa;
- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT)** – La funzione "riconoscimento lato banchina" non viene trattata dal punto di vista del Safety. Confermare pertanto che la funzione abbia grado di integrità SIL2, come citato nell'Elaborato specifico n.3123, e giustificare tale scelta.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>anche in seguito</u> al NOT) –** Con riferimento allo schema a blocchi in Figura 5 dovrà essere trasmessa, la certificazione attestante, per le applicazioni e i prodotti utilizzati, il livello di SIL dichiarato. Al riguardo si fa notare che l'Elaborato n.3102 presenta un riferimento a una THR (Tollerable Hazard Rate) dei sistema conta-assi pari a 10-8 h-1, ma nelle sopra richiamate Tabelle 8 (elaborato "Relazione Analisi Safety"), si indica come esso sia SIL4.

<u>Deposito di Desio-Seregno</u>

XIV) **Riprogettazione binari di uscita/ingresso al Deposito** – L'espressione n°613 di cui alla Conferenza di Servizi del 2019, avanzata da ATM (cfr. nota prot. CMM 131506 del 03/06/2019) richiedeva, in relazione ai binari di uscita/ingresso dal Deposito, un incremento del raggio della curva (pari a 20m) e la riduzione della livelletta (pari al 4,5%).

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT) –** Dagli elaborati di progetto, il raggio della curva risulta essere stato incrementato (a 30m). Si chiede di riscontrare se la livelletta sia stata abbassata sotto il 3%, come richiesto nell'espressione sopra richiamata di ATM.

XV) **Zona per il test della funzione radiocomando scambi** – Nel Deposito, la postazione di test della funzione di radiocomando scambi è posta vicino ai binari di ingresso/uscita, presso l'edificio guardiola. Nell'Elaborato n.3102, viene rappresentato al riguardo che, in ragione della localizzazione di tale zona test, *"in caso di fallimento del test del radio comando scambi il Tram dovrà tornare in deposito. Il conducente dovrà attivare un'opportuna procedura di "manovra di soccorso" procedendo in retromarcia, previo accordo con il dirigente del posto centrale del deposito che dovrà dalla postazione Principale, inibire i comandi sul sistema IXL/SAE-ATS degli itinerari in uscita e garantire il rientro del mezzo in sicurezza."*

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT)** – Si chiede di motivare come mai l'impianto di test di tale funzione sia localizzato a ridosso dell'ingresso/uscita del Deposito, piuttosto che in diversa zona (ove non sarebbe stato necessario, in caso di fallimento test, prevedere "manovre di emergenza in retromarcia"). Si chiede di valutare l'opportunità di collocare tale area di test in una zona più neutra, per esempio subito prima o subito dopo l'area di test per le funzioni di train-stop e riconoscimento banchina.

<u>Regolamento di esercizio e procedure connesse</u>

XVI) **Richiami nel Progetto a situazioni di circolazione e guasti di componenti** – Il Progetto, nel gruppo di elaborati relativi al segnalamento e altri impianti speciali, fa diffusi rimandi al vigente Regolamento di Esercizio (cfr. linee di blocco e limite, tipologia di lanterne scambi, etc…) e, cita questioni connesse alla sicurezza anche in relazione a guasti dei sottosistemi (cfr. possibilità di "supero rosso", o "comando di soccorso" da PCC in caso di guasto del conta-assi). Infine, alcuni rimandi fatti nelle analisi dei rischi di cui al documento "Relazione analisi Safety", sembrano evidenziare la forte importanza data alla corretta e completa formazione dei conducenti (si cita a titolo di esempio il rispetto dei limiti di velocità da imporre in prossimità agli scambi, di cui alle Tabella 7-8).

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT)** – Stante quanto sopra premesso, si rammenta che, in occasione dell'aggiornamento/emissione del Regolamento di Esercizio, lo stesso dovrà prendere in carico tutte le procedure relative a situazioni di guasto di sottosistemi connessi alla sicurezza o altre procedure connesse a mitigazione dei rischi.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT)** – chiarire se sia prevista o meno, da parte del conducente, la possibilità di superare il supero rosso riferito alla lanterna a 2 luci, by-passando l'intervento del sistema train-stop. Tale procedura dovrà, se prevista, essere opportunamente disciplinata nel Regolamento di Esercizio.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT)** – Si chiarisca il riferimento fatto al train-stop, nella seguente affermazione, fatta in relazione alla lanterna scambi *"Nello scenario di guasto dello scambio, il segnale presenterà un degrado tramite lampeggio. Il conducente è autorizzato a fare il supero rosso sul Sistema Train Stop di Bordo con apposito tasto a bordo, pre-verificando la corretta pozione dello scambio a valle"*. Anche questa circostanza dovrà essere opportunamente disciplinata nel Regolamento di Esercizio

Incarrozzamento

XVII) Altezza delle banchine e incarrozzamento – In relazione alle fermate, la Relazione Generale rileva in premessa come i relativi "standard" siano "quelli già definiti per le metrotranvie di Milano". Con specifico riferimento all'altezza delle banchine di fermata, la stessa è fissata in 22cm (sia per la 1° che per la 2° tratta della Metrotramvia). Sempre nella Relazione Generale, tale scelta viene giustificata alla luce dei seguenti fattori: *"tram a pavimento ribassato a 35 cm sul P.F.; incarrozzamento dei disabili in carrozzella per mezzo di una pedana mobile che fuoriesce da sotto la soglia di una porta del veicolo e va ad adagiarsi sulla banchina; la necessità di mantenere un dislivello fra soglia delle porte e banchina sufficiente a garantire la fuoriuscita della pedana, tenendo conto della deflessione delle sospensioni, dei consumi (cerchioni delle ruote, rotaie) e delle tolleranze, sia di posa che di manutenzione."*.

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT) –** L'infrastruttura oggetto della presente istruttoria costituisce una nuova realizzazione seppur interconnessa alla rete tranviaria storica di Milano. Per la nuove realizzazioni la norma quadro UNI 11174 suggerisce di adottare incarrozzamento a raso (differenza di quota tra soglia porte e piano banchina tra +50 mm e –20 mm.). Si chiede, pertanto, di giustificare la scelta di utilizzare banchine di altezza 22 cm che non consentono tale incarrozzamento, che risulterebbe necessario per accelerare le fasi di ingresso/uscita degli utenti dal veicolo, oltretutto in presenza di una infrastruttura che, per la propria configurazione, non presenta velocità commerciali elevate. Si fa notare come fattore che promuoverebbe la scelta di un incarrozzamento a raso che, nelle conclusioni dell'Elaborato di progetto "Relazione sulla Simulazione dell'Esercizio e Analisi Criticità" viene rilevato che "*La sincronizzazione delle tracce orarie e l'ottenimento dei risultati riportati nel capitolo 5 sono fortemente influenzati dai tempi di sosta alle fermate e ai capolinea.*".

Requisiti di Cyber-security

XVIII) Cyber-security – Nel progetto non sono stati rinvenuti riferimenti alla cyber-security, che prendano atto di normative comunitarie e nazionali recentemente entrate in vigore (si citano, a titolo di esempio, la Direttiva comunitaria NIS, le regolamentazione europea del GDPR, ed il Decreto Legge italiano n.105 del 21/9/2019).

- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>preliminarmente</u> al NOT)** – Confermare che il progetto non tratti aspetti connessi alla cyber-security.
- **Richiesta MIMS (da soddisfare <u>anche in seguito</u> al NOT) –** Qualora confermato, si ritiene opportuno che la progettazione venga adeguata in modo da prendere in considerazione tale aspetto, anche alla luce della particolare configurazione dell'infrastruttura con presenza di numerose tratte a singolo binario.

D – CONCLUSIONI

Il Dipartimento per la Mobilità Sostenibile, Direzione Generale per il Trasporto Pubblico Locale e Regionale e la Mobilità Pubblica Sostenibile, ha esaminato il Progetto Esecutivo dell'intervento *"Metrotramvia Milano Parco Nord – Seregno"* ritenendo opportuno, al fine della definitiva valutazione del progetto, le integrazioni istruttorie di cui al Cap.C.2 della presente relazione, e chiede a codesto Comitato il proprio parere sulle stesse.

IL RELATORE
(Ing. Alessandro SCORRANO)

IL DIRETTORE DELLA DIV. 5
(Dott. Ing. Elena MOLINARO)

VISTO:
Si trasmette al "Comitato Tecnico Permanente per la sicurezza dei sistemi di trasporto ad impianti fissi",
D.M. n° 27 del 30.01.13

IL DIRETTORE GENERALE
(Dott. Angelo MAUTONE)