POLITECNICO DI MILANO

Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria Civile – Infrastrutture di Trasporto

ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO FERROVIARIO DI ROVELLO PORRO SULLA TRATTA FERROVIENORD SARONNO – COMO.

Confronto tecnico-economico.

Relatore: Prof. Ing. Giandomenico CASSANO

Correlatore: Ing. Filippo BANFI

Tesi di Laurea di:

Luca MORETTI

Matricola: 766456

Anno Accademico 2012-2013

Indice

Introduzione 1

CAPITOLO 1.

LA RETE FERROVIENORD 2

Cenni storici 2

La rete oggi 3

CAPITOLO 2.

LA TRATTA SARONNO-COMO LAGO 6

Cenni storici 6

La tratta oggi 8

CAPITOLO 3.

L'INTERVENTO DI ROVELLO PORRO 10

Rovello Porro prima dell'intervento 10

Cenni sull'appalto 12

Il "Contratto di Programma per gli Investimenti sulla rete ferroviaria regionale in concessione a FERROVIENORD S.p.A." 14

Il FESR e il POR 15

Descrizione dell'intervento 17

Area di cantiere 18

Banchine 18

Pensiline 19

Nuova viabilità e parcheggio di interscambio **19**

Fasi di realizzazione **22**

fase 1 24

fase 2 28

fase 3 31

fase 4 del progetto di gara 32

fase 5 del progetto di gara 34

fase 6 del progetto di gara 34

fase 7 del progetto di gara 34

fase 4 del progetto di variante 37

fase 5 del progetto di variante 38

fase 6 del progetto di variante 39

fase 7 del progetto di variante 40

fase 8 del progetto di variante 43

fase 9 del progetto di variante 43

fase 10 del progetto di variante 43

CAPITOLO 4.

SOTTOPASSO. CONFRONTO TRA SOLUZIONE DI PROGETTO E SOLUZIONE DI VARIANTE ***44***

Tecniche realizzative **44**

Soluzione di progetto 44

Soluzione di variante 56

Caratteristiche geometriche **73**

Soluzione di progetto 73

Soluzione di variante 75

Confronto economico **78**

Soluzione di progetto 79

Soluzione di variante 84

CAPITOLO 5.

PARATIE DI MICROPALI. CONFRONTO TRA SOLUZIONE DI PROGETTO E SOLUZIONE DI VARIANTE 88

Configurazione e caratteristiche 88

Soluzione di progetto 88

Progetto di variante 91

Confronto economico 93

Soluzione di progetto 94

Soluzione di variante 98

CAPITOLO 6.

IL SOSTEGNO PROVVISORIO DEI BINARI 100

I fasci di rotaie 101

Le travi gemelle 104

Le soluzioni con tecnologia ESSEN 106

Il sistema ESSEN 109

Il Ponte "ESSEN Standard" 115

Il Ponte "ESSEN Gemellato" 118

Il metodo "Istrice" 122

Il Ponte Bologna 127

Il Ponte a luce ridotta o Ponte Bologna 17 129

Il Ponte standard o Ponte Bologna 25 131

CAPITOLO 7.

LAVORAZIONI RITENUTE PARTICOLARMENTE INTERESSANTI 133

Spostamento del binario dispari 133

Posa in opera Ponti Bologna 142

Rimozione Ponti Bologna 152

Considerazioni 159

Bibliografia 162

Introduzione

Il presente elaborato di tesi è stato sviluppato nei dieci mesi in cui, prima come tirocinante, poi come collaboratore, mi sono trovato ad operare presso l'Unità Organizzativa Direzione Lavori del Servizio Potenziamento Infrastruttura, facente parte della Direzione Sviluppo Infrastruttura di FERROVIENORD S.p.A., ricoprendo il ruolo di assistente del Direttore Lavori nominato per i lavori in oggetto.

L'elaborato è così strutturato.

Inizialmente viene descritta in breve l'articolazione della rete infrastrutturale di FERROVIENORD e, in particolare, la tratta Saronno – Como Lago in cui è inserito l'impianto di Rovello Porro.

Di seguito vengono presentati i lavori di riqualificazione relativi al suddetto impianto, concentrandosi particolarmente sullo stato di fatto antecedente ai lavori, sull'intervento svolto e sulle relative fasi realizzative.

Viene poi svolto un confronto tra due diverse soluzioni tecniche per la realizzazione del sottopasso: quella di progetto che prevedeva l'utilizzo di conci prefabbricati di tipo TENSITER e quella di fatto messa in opera, proposta dall'Impresa esecutrice dei lavori, che ha comportato la costruzione di un manufatto fuori opera e la sua successiva infissione mediante spinta oleodinamica.

Vengono pertanto analizzate diverse metodologie per il sostegno provvisorio dei binari in fase di spinta: i fasci di rotaie, le travi gemelle, le soluzioni con tecnologia ESSEN, il metodo "Istrice" e, infine, il Ponte Bologna, che è stata la soluzione effettivamente adottata.

Ho scelto quindi di concludere la mia analisi presentando tre lavorazioni che ho seguito con particolare interesse nel corso delle numerose notti trascorse in cantiere:

i lavori propedeutici allo spostamento di un binario, i lavori per la posa in opera dei Ponti Bologna e le attività per la rimozione d'opera dei Ponti stessi.

CAPITOLO 1

LA RETE FERROVIENORD

Cenni storici

L'origine delle Ferrovie Nord Milano risale alla seconda metà del 1800.

In quegli anni vennero elaborati numerosi progetti di sviluppo della rete ferroviaria lombarda.

Nel 1874 furono in particolare presentati i primi progetti per la realizzazione del tronco da Milano a Saronno, poi definitivamente approvati nel 1876.

Il 22 marzo 1879 venne inaugurata questa prima linea della rete Ferrovie Nord Milano. Era una linea che si attestava a Milano Cadorna e si presentava già a doppio binario nella tratta Milano Cadorna – Milano Bovisa, per proseguire poi a semplice binario fino a Saronno.

Mentre i lavori per la costruzione della Milano – Saronno erano prossimi all'inizio venne presentato anche il progetto per la costruzione di una seconda linea che si diramava dalla prima in corrispondenza di Milano Bovisa e proseguiva poi fino ad Erba-Incino. Questa venne attivata in sei tratte successive tra il 16 luglio e il 31 dicembre 1879, data della sua inaugurazione. Il 28 giugno dell'anno successivo venne poi aperta la diramazione S. Pietro (Seveso) – Camnago.

Solo a partire dalla fine della prima guerra mondiale la linea assunse lo sviluppo che conosciamo oggi. Venne infatti prolungata da Erba a Canzo-Asso, abbandonando la stazione di Erba-Incino.

Queste linee costituiscono il ceppo originario della attuale rete delle FERROVIENORD e, fino al prolungamento Erba – Canzo-Asso sopraccitato e alla costruzione della tratta Busto Arsizio – Malpensa avvenuta tra il 1998 e il 1999, furono le uniche ad essere state costruite interamente da tale Amministrazione, inizialmente chiamata Società Anonima delle Ferrovie Milano – Saronno e Milano – Erba, poi divenuta Società Anonima delle Ferrovie Nord Milano nel 1883.

I successivi sviluppi ed estensioni della rete avvennero infatti con l'assorbimento di linee già esistenti ed appartenenti ad altre Amministrazioni.
E' questo il caso delle attuali Saronno – Varese – Laveno, Novara – Saronno – Seregno e Saronno – Como.
La prima nasce dall'unione di due linee:
la Saronno – Malnate, realizzata in parte dalla Società Anonima delle Ferrovie Provinciali Comasche, in parte dalla Società Anonima delle Ferrovie del Ticino, e da quest'ultima gestita e aperta nel 1884;
la Laveno – Varese – Como, costruita dalla Società Anonima delle Ferrovie Provinciali Comasche, poi ceduta alla stessa Società Anonima delle Ferrovie del Ticino e aperta nel 1885. Le due linee furono cedute alle Ferrovie Nord Milano pochi anni dopo la loro ultimazione.
La seconda venne costruita dalla Società Anonima per la Ferrovia Novara – Seregno, venne inaugurata il 31 dicembre del 1887 ed in seguito gestita dalle Ferrovie Nord Milano e da queste definitivamente incorporata nel 1943.
Della terza si parlerà più nel dettaglio in seguito.

La rete oggi

Oggi la rete FERROVIENORD presenta due rami, definiti ramo Milano e ramo Iseo.
Il ramo Milano si compone delle seguenti linee:

Milano – Varese – Laveno-Mombello

La linea è elettrificata, con quattro binari tra Milano Cadorna e Milano Bovisa, con doppio binario tra Milano Bovisa e Malnate, a semplice binario tra Malnate e Laveno-Mombello.

Milano – Como Lago

La linea è elettrificata, con quattro binari tra Milano Cadorna e Milano Bovisa, con doppio binario tra Milano Bovisa e Como Camerlata, a semplice binario tra Como Camerata e Como Lago.

Milano – Novara

La linea è elettrificata, con quattro binari tra Milano Cadorna e Milano Bovisa, con doppio binario tra Milano Bovisa e Vanzaghello-Magnago, a semplice binario tra Vanzaghello-Magnago e Novara. Sono però in atto i lavori per la realizzazione del secondo binario tra Vanzaghello-Magnago e Turbigo.

Milano – Malpensa Aeroporto

La linea è elettrificata, con quattro binari tra Milano Cadorna e Milano Bovisa, con doppio binario tra Milano Bovisa e Malpensa Aeroporto.

Milano – Canzo-Asso

La linea è elettrificata, con quattro binari tra Milano Cadorna e Milano Bovisa, con tre binari tra Milano Bovisa e Milano Affori, con doppio binario tra Milano Affori e Seveso, a semplice binario tra Seveso e Canzo-Asso.

Milano – Camnago

La linea è elettrificata, con quattro binari tra Milano Cadorna e Milano Bovisa, con tre binari tra Milano Bovisa e Milano Affori, con doppio binario tra Milano Affori e Seveso, a semplice binario tra Seveso e Camnago.

Saronno – Seregno

La linea, riattivata nel dicembre 2012, è elettrificata, con doppio binario tra Saronno e Groane, a semplice binario tra Groane e Seregno.

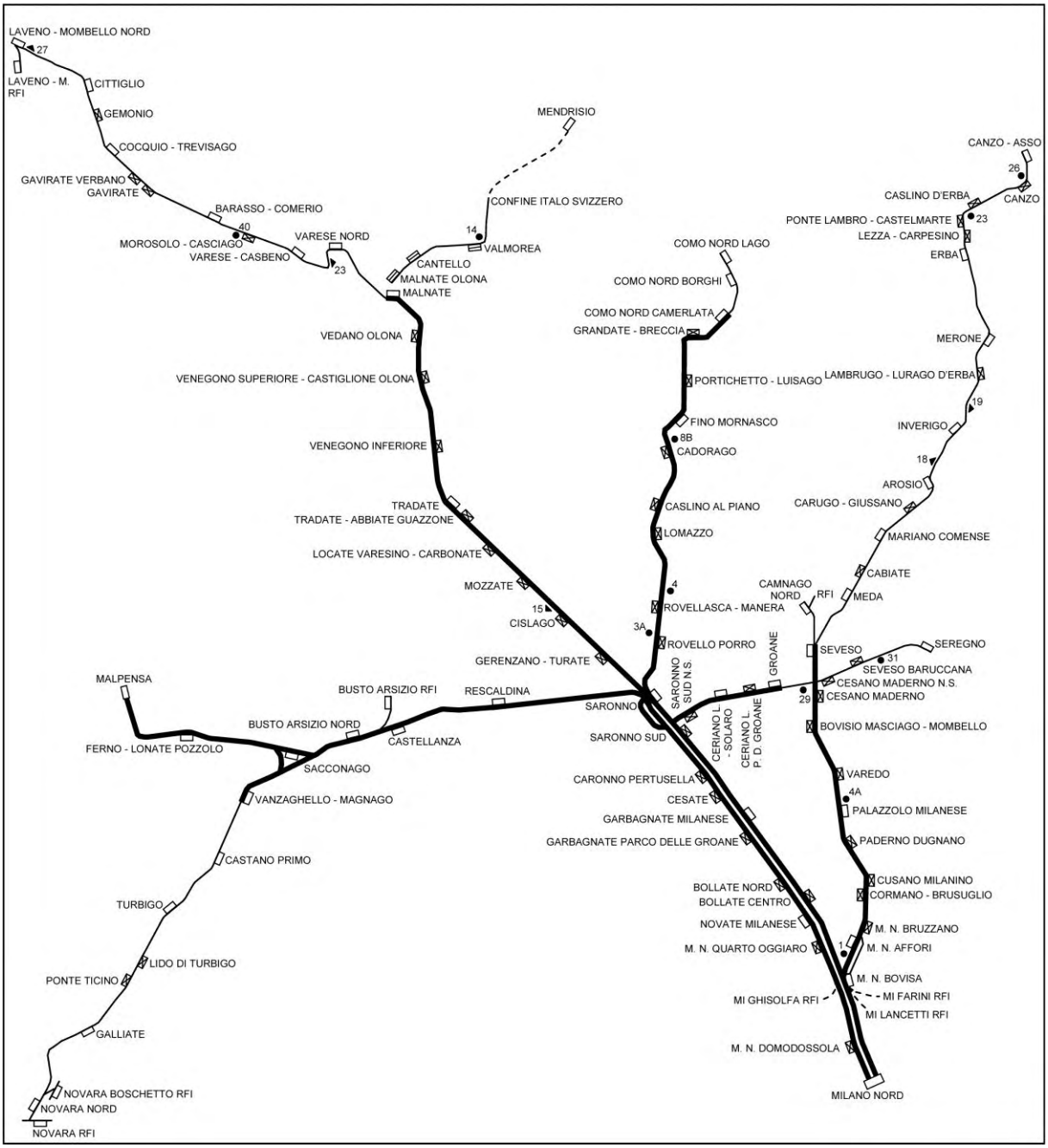
Ad eccezione della Saronno – Seregno tutte le linee hanno in comune la tratta Milano Cadorna – Milano Bovisa.

La linee Milano – Varese – Laveno-Mombello, Milano – Como Lago, Milano – Novara e Milano – Malpensa hanno poi in comune la tratta Milano Bovisa – Saronno.

Le linee Milano – Novara e Milano – Malpensa hanno inoltre in comune la tratta Saronno – bivio di Sacconago.

Le linee Milano – Canzo-Asso e Milano – Camnago hanno invece in comune la tratta Milano Bovisa – Seveso.

Il ramo Iseo è infine unicamente costituito dalla linea Brescia – Iseo – Edolo.



Schema della rete FERROVIENORD Ramo Milano

CAPITOLO 2

LA TRATTA SARONNO-COMO LAGO

Cenni storici

La tratta Saronno – Como Lago nasce, storicamente, dalla composizione di due tronchi.

Il primo, da Saronno a Grandate, ha origini tranviarie, il secondo, da Grandate a Como, costituiva invece la parte terminale della ferrovia Laveno – Varese – Como, gestita in origine dalla Società Ferrovie del Ticino.

Vengono ora brevemente riproposti i passi che hanno portato la Saronno – Como alla sua configurazione attuale.

Ci si concentra dapprima sulla tratta Grandate – Como.

Nel 1881 la Provincia di Como presentò al Ministero dei Lavori Pubblici un progetto esecutivo, datato 8 gennaio, ed approvato con nota del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici del 12 febbraio dello stesso anno, relativo alla costruzione di una linea ferrata sul tracciato Como – Varese – Laveno. In data 26 gennaio 1882 venne ratificata la Convenzione tra i Rappresentanti della Provincia di Como e i funzionari dello Stato, la quale fu approvata il 16 febbraio 1882. La provincia di Como delegò la costruzione della nuova linea alla neo costituita Società Anonima Ferrovie Provinciali Comasche (FPC), con convenzione del 16 novembre 1882. Successivamente, con un'apposita convenzione e l'approvazione della Deputazione provinciale comasca, il 30 maggio 1885 la FPC girò la concessione alla società ferroviaria di capitale belga Società Anonima delle Ferrovie del Ticino (SFT) che proseguì nei lavori di costruzione della linea. Si deve notare che nel territorio la SFT gestiva dal 1881 la tramvia a vapore Saronno – Fino – Como.

Il completamento della Como – Varese – Laveno avvenne con largo anticipo sulle date fissate dal capitolato. Il 29 giugno 1885 fu aperto il tratto fra le stazioni di Varese Nord e Malnate, dove si attestava la Saronno – Malnate, linea ultimata pochi mesi prima e sempre esercita dalla SFT. Il 24 settembre dello stesso anno fu aperto il tronco

Malnate – Como; mentre il Varese – Laveno fu inaugurato assieme a tutta la linea il 5 luglio 1886.

Una convenzione stipulata il 3 luglio 1888 tra la Provincia di Como, la Società Anonima per le Ferrovie del Ticino e la Società Anonima delle Ferrovie Nord stabilì infine il trasferimento a quest'ultima della concessione per l'esercizio della Como – Varese – Laveno.

Si riporta ora rapidamente quanto concerne la tramvia a vapore Saronno – Fino – Como.

Una convenzione, stipulata in data 27 luglio 1888, cedette la concessione per l'esercizio della tramvia, nonché la proprietà della stessa tra Saronno e Grandate, alle Ferrovie Nord Milano.

La tramvia a vapore nel tratto Grandate – Como costituiva ormai un doppione della ferrovia proveniente da Laveno – Varese. Le Ferrovie Nord vennero pertanto autorizzate a sopprimerla nel tratto comune nel dicembre 1896, soppressione che venne attuata appena fu possibile innestare la tramvia proveniente da Saronno sulla ferrovia. Va comunque sottolineato che tale tramvia aveva già allora caratteristiche assai prossime a quelle di una ferrovia economica, come venivano allora denominate le piccole reti secondarie, in quanto il suo tracciato si svolgeva in larga misura su sede propria.

Mentre veniva soppresso il tratto Grandate – Como, le Ferrovie Nord Milano procedevano alla ricostruzione, interamente su sede propria, della restante parte del tracciato, onde integrarlo con la propria rete ferroviaria.

Dal 1 giugno 1898, alla ricostruita Saronno – Como potevano essere applicati i regolamenti dell'esercizio ferroviario.

In alcuni tratti il nuovo tracciato si discostò notevolmente, e ad una diversa quota, da quello tramviario preesistente.

La linea venne originariamente costruita a semplice binario. In data 18 settembre 1916 le FNM presentarono un progetto per il raddoppio sino a Camerlata, progetto approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 28 ottobre 1918. Tale opera venne condotta a termine nella primavera del 1929.

Pochi anni dopo, in data 7 ottobre 1932, le FNM presentarono domanda per l'autorizzazione all'elettrificazione del tronco Saronno – Como. Ottenuto il parere positivo del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, il progetto e le sue proposte di variante vennero approvate il 17 giugno 1935 e il 5 maggio 1936 venne stipulato l'atto aggiuntivo alle esistenti concessioni per l'elettrificazione della Saronno – Como. Il 4 giugno dello stesso anno Re Vittorio Emanuele III diede l'approvazione definitiva al progetto. L'esercizio in trazione elettrica venne attivato il 15 maggio del 1937, e comportò la costruzione di una sottostazione a Portichetto-Luisago.

La tratta oggi

La tratta oggi si presenta a doppio binario tra Saronno e Como Camerlata e a singolo binario tra Como Camerlata e Como Lago. Oltre alle stazioni terminali conta dieci stazioni intermedie: Rovello Porro, Rovellasca-Manera, Lomazzo, Caslino al Piano, Cadorago, Fino Mornasco, Portichetto-Luisago, Grandate-Breccia, Como Camerlata, Como Borghi.

Il profilo longitudinale della tratta presenta pendenze analoghe per i binari pari e dispari. Procedendo da Saronno verso Como il tracciato è in continua ascesa fino circa a Cadorago, con pendenza media dell' 11 ‰ e punte del 20 ‰ nei pressi di Lomazzo. Superata la località di Cadorago la tratta scollina per proseguire in discesa fino a Como. Si riscontrano qui le maggiori pendenze, che presentano valori mai inferiori al 17 ‰ e raggiungono punte del 30 ‰ in corrispondenza della stazione di Como Borghi. Si può quindi ben affermare che tali pendenze sono tutt'altro che trascurabili.

Sulla maggior parte della tratta le velocità massime ammesse sono di 90 km/h per il rango A e per il rango B, sia per il binario pari sia per quello dispari. Nella tratta a semplice binario da Como Borghi a Como Lago le velocità massime ammesse sono invece estremamente più basse: 20 km/h per i ranghi A e B se si percorre il binario in senso pari, 25 km/h per i ranghi A e B se si percorre il binario in senso dispari.

Sono però presenti alcuni rallentamenti permanenti, in particolare sono ammesse:

velocità di 70 km/h per il rango A e 75 km/h per il rango B in corrispondenza delle curve in prossimità del torrente Lura; velocità di 60 km/h per i ranghi A e B

nell'attraversamento, in partenza e in arrivo alla stazione di Saronno; velocità di 70 km/h per il rango A e 75 km/h per il rango B nell'attraversamento, in partenza e in arrivo alla fermata di Rovello Porro; velocità di 75 km/h per il rango A e 80 km/h per il rango B nell'attraversamento, in partenza e in arrivo alla fermata di Lomazzo; velocità di 70 km/h per il rango A e 75 km/h per il rango B nell'attraversamento, in partenza e in arrivo alla fermata di Caslino al Piano.

Sulla tratta vige il regime del blocco elettrico automatico a correnti codificate a 4 codici da Saronno a Como Camerlata. Oltre, vige invece il regime del blocco elettrico automatico fino a Como Lago.

L'intera tratta è infine esercita con il sistema del Dirigente Centrale Operativo con sede a Como Lago.

In relazione ai limiti di carico la tratta Saronno – Como Lago è classificata come C2, sopporta cioè un limite di 20 ton come peso assiale e 6,4 ton/m come peso per metro lineare.

La tratta presenta 22 intersezioni a raso con la viabilità stradale.

Nei pressi dell'impianto di Rovello Porro, si trovano in particolare 3 passaggi a livello.

Il primo, identificato come PL di via Manzoni, è posto alla progressiva km 24+578, cioè immediatamente prima dell'inizio delle banchine di stazione lato Saronno. Questo è protetto dal segnale PBA 101 per il binario dispari, dai segnali PBA 104 e PBA 102 per il binario pari.

Il secondo, identificato come PL di via Vittorio Veneto, è posto alla progressiva km 24+758, cioè a metà delle banchine, poco oltre il FV lato Como. E' protetto dal segnale PBA 101 per il binario dispari, dal segnale PBA 104 per il binario pari.

Il terzo, identificato come PL di via Verdi, è posto alla progressiva km 24+968, cioè oltre la fine delle banchine lato Como. E' protetto dal segnale PBA 103 per il binario dispari, dal segnale PBA 104 per il binario pari.

Tutti i segnali sopraccitati sono permissivi. Se disposti a via impedita possono cioè essere superati dopo un'attesa di 3 minuti, con la prescrizione della marcia a vista.

CAPITOLO 3

L'INTERVENTO DI ROVELLO PORRO

Rovello Porro prima dell'intervento

L'impianto di Rovello Porro, posto sulla tratta Saronno – Como Lago, è classificato come fermata, è adibito al solo servizio viaggiatori ed è dotato di due binari di circolazione. Prima dei lavori che verranno successivamente illustrati il binario pari (numerato come 1) era dotato di una banchina lunga 235 m posta sul lato del Fabbricato Viaggiatori, il binario dispari (numerato come 2) presentava una banchina "a isola" lunga 204 m posta nell'intervia tra i due binari.

Solo la banchina del binario pari presentava copertura mediante pensilina nel tratta antistante il FV. La banchina del binario dispari era invece completamente priva di copertura.

Entrambi i marciapiedi di stazione erano di tipo basso, cioè con un'altezza di 25 cm sopra il piano del ferro e l'impianto era sprovvisto di un sottopassaggio di collegamento fra i due marciapiedi, il che comportava una situazione di potenziale pericolo per l'attraversamento a raso dei viaggiatori e oggettive difficoltà di incarrozzamento da parte degli utenti.

Stato di fatto prima dei lavori: tratto a sud di via Vittorio Veneto

Stato di fatto prima dei lavori: tratto a nord di via Vittorio Veneto

Stato di fatto prima dei lavori: area di cantiere

Cenni sull'appalto

I lavori in oggetto fanno parte dell'appalto per la "Realizzazione degli interventi per l'adeguamento a standard degli impianti ferroviari di Gerenzano-Turate sulla linea Saronno – Varese – Laveno e di Rovello Porro sulla linea Saronno – Como".

L'intervento è stato inserito nel "Contratto di Programma per gli Investimenti sulla rete ferroviaria regionale in concessione a FERROVIENORD S.p.A.", sottoscritto tra FERROVIENORD e Regione Lombardia.

L'importo a base d'asta per l'esecuzione dei lavori è stato di Euro 3.545.865,09 di cui Euro 1.771.591,12 per i lavori di adeguamento a standard dell'impianto ferroviario di Gerenzano-Turate ed Euro 1.774.273,97 per i lavori di adeguamento a standard dell'impianto ferroviario di Rovello Porro.

L'importo complessivo degli oneri della sicurezza non soggetti a ribasso d'asta ammontava ad Euro 181.625,04.

Per il finanziamento FERROVIENORD, sulla base dei progetti definitivi, ha trasmesso domanda di aiuto finanziario a valere sul Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) nell'ambito del Programma Operativo Regionale (POR) obiettivo

Competitività 2007 - 2013 e la Regione Lombardia ha provveduto all'assegnazione di tali risorse.

L'esecuzione dei lavori è stata aggiudicata con un ribasso d'asta del 23,85 %, vale a dire per un importo netto di Euro 2.743.493,84, di cui Euro 1.370.190,02 per i lavori di nell'impianto ferroviario di Gerenzano-Turate ed Euro 1.373.303,82 per i lavori nell'impianto ferroviario di Rovello Porro.

Previa autorizzazione da parte del RUP, il Direttore Lavori ha provveduto alla consegna dei lavori in data 25 maggio 2012.

In adempimento al contratto e al capitolato speciale di appalto il tempo utile per l'ultimazione dei lavori nell'impianto di Rovello Porro era stato fissato in 310 giorni naturali e consecutivi dalla data di consegna dei lavori, ossia il 04 aprile 2013.

L'Impresa esecutrice dei lavori ha però poi presentato una richiesta di proroga di 119 giorni naturali e consecutivi che è stata valutata accoglibile dalla D.L. e approvata dal RUP, determinando pertanto il nuovo termine utile contrattuale in data 31 luglio 2013.

Durante la verifica in contraddittorio degli elaborati progettuali tra l'Impresa stessa e la Committenza è infatti emersa la possibilità di ridurre notevolmente i rallentamenti alla circolazione dei convogli modificando la geometria di un flesso provvisorio previsto in progetto. Durante l'appalto si è inoltre stabilito di adottare una tipologia di sottopasso differente da quella prevista, con particolare utilizzo, per la prima volta sulla rete FERROVIENORD, del Ponte Bologna di proprietà di RFI. E' stato pertanto necessario studiare nel dettaglio queste nuove soluzioni.

Il "Contratto di Programma per gli Investimenti sulla rete ferroviaria regionale in concessione a FERROVIENORD S.p.A."

Il Contratto di Programma per gli Investimenti sulla rete ferroviaria regionale in concessione a FERROVIENORD S.p.A.", è stato sottoscritto tra FERROVIENORD e Regione Lombardia il 3 dicembre 2009, è stato aggiornato in data 14 dicembre 2011 ed ha validità fino al 17 marzo 2016, data di scadenza della concessione.

Il citato aggiornamento del programma degli interventi si è reso necessario per tenere conto, nella programmazione delle opere di potenziamento della rete, di una serie di fatti nuovi, tra cui:

- il consistente ed ulteriore aumento del traffico registrato nel 2011 sulla rete FERROVIENORD con i nuovi orari ferroviari (+25% rispetto al 2008);
- la necessità di accelerare importanti interventi di rinnovo degli impianti ferroviari (armamento, trazione elettrica, segnalamento) per garantire la piena efficienza della rete in vista dell'EXPO 2015;
- la necessità di adeguare alcuni progetti a nuovi standard tecnici e normativi.

Il Contratto ha per oggetto la definizione del quadro programmatico e delle priorità di intervento per il potenziamento e l'ammodernamento della rete ferroviaria regionale, per il perseguimento dei seguenti obiettivi:

- sicurezza della circolazione dei treni, delle stazioni e ai passaggi a livello;
- incremento della capacità dell'infrastruttura in modo da adeguarla ai servizi programmati ed alla regolarità e all'affidabilità richieste;
- maggiore accessibilità del servizio ferroviario;
- mantenimento in efficienza della rete.

Gli interventi previsti nel programma sono quindi finalizzati anche a consentire e sostenere il miglioramento del servizio e l'incremento della sua attrattività per acquisire nuova utenza.

Senza un potenziamento infrastrutturale non sarebbe infatti possibile ottenere e mantenere i livelli di servizio auspicati dalla Regione.

Rispetto alle ricadute sul servizio, gli interventi possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti principali categorie:

1. gli interventi che comportano la realizzazione di nuovi tratti di linea o binari e pertanto consentono dei salti in termini di capacità della rete e possibilità di attivare nuovi servizi o regolarizzare i servizi attuali;
2. gli interventi urgenti di rinnovo e potenziamento degli impianti tecnologici, fondamentali per adeguare l'infrastruttura all'avvenuta intensificazione dei treni, dei pesi assiali e delle potenze assorbite, per consentire di elevare le velocità di circolazione, per ridurre il rischio di guasti, le irregolarità e i tempi di ripristino in caso di avaria; in pratica si tratta di interventi essenziali per assicurare la regolarità del servizio nel tempo;
3. gli interventi di adeguamento a standard e riqualificazione degli impianti di stazione che sono essenziali per migliorare la regolarità del servizio ed assicurare l'accessibilità anche alle persone a mobilità ridotta; la presenza del sottopassaggio agevola l'incrocio dei treni, i marciapiedi alti velocizzano i tempi di incarrozzamento e quindi riducono i tempi di fermata, le pensiline, oltre che essenziali per il confort dei viaggiatori, evitano i ritardi in caso di pioggia;
4. gli interventi per consentire la realizzazione di opere sostitutive e consentire l'eliminazione dei passaggi a livello che costituiscono punti di criticità della rete ferroviaria per la regolarità, la velocità del servizio e la sicurezza.

Il FESR e il POR

Il FESR è il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale. Contribuisce al finanziamento di interventi destinati a rafforzare la coesione economica e sociale, eliminando le principali disparità regionali attraverso il sostegno allo sviluppo e all'adeguamento strutturale delle economie regionali, inclusa la riconversione delle regioni industriali in declino e delle regioni in ritardo di sviluppo, e sostenendo la cooperazione transfrontaliera, transnazionale e interregionale.

In tal modo, il FESR dà attuazione alle priorità comunitarie e in particolare all'esigenza di rafforzare la competitività e l'innovazione, creare e mantenere posti di lavoro stabili e assicurare lo sviluppo sostenibile.

In sintesi il FESR contribuisce al finanziamento di:

- aiuti diretti agli investimenti produttivi che contribuiscono alla creazione e al mantenimento di posti di lavoro stabili, in primo luogo con sostegno alle piccole e medie imprese;
- realizzazione, sviluppo e potenziamento di infrastrutture;
- strumenti finanziari per sostenere lo sviluppo regionale e locale ed incentivare la cooperazione fra città e regioni;
- misure di assistenza tecnica.

Nell’ambito dei trasporti, gli investimenti puntano a perseguire principalmente i seguenti obiettivi:

- miglioramento delle reti transeuropee e potenziamento delle reti di trasporto secondarie, mediante il miglioramento dei collegamenti con le reti TEN-T, con gli snodi ferroviari, gli aeroporti e i porti regionali e con le piattaforme multimodali;
- sviluppo di strategie integrate per un trasporto pulito, che contribuiscano a migliorare l'accesso di passeggeri e merci ai servizi, nonché la qualità di questi ultimi;
- ottenimento di un maggiore equilibrio della ripartizione modale dei trasporti;
- potenziamento dei sistemi intermodali;
- riduzione dell'impatto ambientale;
- promozione di trasporti pubblici puliti e sostenibili, in particolare nelle zone urbane;
- creazione di collegamenti radiali con le principali linee ferroviarie;
- promozione delle vie navigabili interne regionali e locali e del trasporto marittimo a corto raggio.

Regione Lombardia ha poi definito il Programma Operativo Regionale (POR) obiettivo Competitività 2007-2013, che è lo strumento predisposto ai fini dell’attuazione della programmazione comunitaria per il periodo 2007-2013.

Attraverso il POR Regione Lombardia definisce le iniziative da finanziare tramite il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale.

Il POR si sviluppa su quattro aree di Intervento, articolate in Assi:

- Innovazione ed economia della conoscenza (Asse 1);
- Energia (Asse 2);
- Mobilità sostenibile (Asse 3);
- Tutela e valorizzazione del patrimonio naturale e culturale (Asse 4)

Per il finanziamento dell'intervento di Rovello Porro FERROVIENORD ha trasmesso domanda di aiuto nell'ambito del POR competitività 2007-2013, Asse 3 "Mobilità sostenibile".

Descrizione dell'intervento

Il progetto ha previsto principalmente:

- l'innalzamento della banchina lato FV per agevolare l'incarrozzamento dell'utenza ferroviaria e il suo prolungamento fino alla lunghezza di 250 m;
- la demolizione della banchina centrale "ad isola" e la realizzazione di una nuova banchina laterale della tipologia "alta" (con altezza h = + 55 cm sul p.f.) di lunghezza pari a 250 m, dotata di pensilina (per uno sviluppo di 100 m circa) corredata degli impianti di illuminazione, dei cartelli teleindicatori e della diffusione sonora per informazioni al pubblico;
- il conseguente spostamento del binario di corsa con adeguamento dei relativi impianti di trazione elettrica e segnalamento;
- la realizzazione di un sottopasso pedonale dotato di scale e ascensori per garantire l'accessibilità alle due banchine;
- la realizzazione di un nuovo parcheggio a servizio dell'impianto collegato con le banchine mediante lo stesso sottopassaggio.

Area di cantiere

L'area di cantiere ricadeva nella quasi totalità in proprietà ferroviaria, era attraversata da via Veneto in corrispondenza del PL di stazione e a sud terminava su via Manzoni.
Entrambe le viabilità erano in esercizio, pertanto si è provveduto alla loro protezione e sono state lasciate libere da ogni attività di cantiere, eccezione fatta per le sole manovre necessarie all'innesto sulla viabilità stessa.
L'intervento si è svolto su linea ferroviaria in esercizio. L'Impresa si è trovata pertanto ad operare con la presenza di traffico per il transito di treni e di viaggiatori, linee elettriche aeree in tensione ed impianti ferroviari interrati interferenti.
In fase diurna è stato quindi possibile effettuare solo lavorazioni non interferenti con l'attività ferroviaria, ed in ogni caso ad una distanza superiore ai 3,50 m dalla linea aerea di elettrificazione e superiore ai 1,50 m dalla più vicina rotaia.
Tutte le restanti lavorazioni sono state effettuate in orario notturno, con interruzione di binario e tolta tensione.

Banchine

Il progetto ha previsto la demolizione della banchina del binario dispari con realizzazione della nuova e l'adeguamento a standard della banchina esistente sul binario pari.
Ciascun marciapiede di stazione si sviluppa ora parallelamente al binario per una lunghezza complessiva di 250 m; entrambi sono però interrotti da Via Vittorio Veneto.
Nella porzione a sud della suddetta via si è proceduto al loro innalzamento fino a quota +55 cm dal piano del ferro, nella parte a nord di via Veneto non è invece stato possibile modificarne l'altimetria, in quanto il tracciato in quel tratto si presenta in curva con raggio di curvatura inferiore a 750 m.
Il passaggio da marciapiede basso a marciapiede alto e viceversa, avviene mediante rampe con pendenza longitudinale del 5%.
Su tutta la superficie delle banchine la pavimentazione è stata sostituita: sono stati posati massetti autobloccanti di colore rosso e piastrelle bugnate di colore giallo ad

una distanza pari a 40 cm dal bordo banchina, in modo da segnalare agli utenti ipovedenti il pericolo rappresentato dal ciglio banchina.

Pensiline

Sulla banchina lato F.V. si è mantenuta la pensilina esistente, con rifacimento del tratto interferente con la struttura dell'ascensore.

A completamento della nuova banchina, è stata invece realizzata una pensilina di lunghezza pari a 100 m, con tipologia analoga a quella esistente sul lato FV.

La pensilina è costituita da una struttura reticolare con tubi in acciaio di sezione circolare che rappresenta la trave portante; sulla stessa è adagiata una lamiera grecata con compluvio in asse longitudinale alla struttura. La lamiera grecata è sorretta mediante un sistema di listellatura realizzata con tubi in acciaio a sezione circolare.

Le colonne che portano la struttura metallica sono invece costituite da pilastri in c.a. a sezione circolare poggianti su fondazione diretta.

La pensilina si presenta come una struttura modulare costituita da campi d'interasse 16,00 m pari a quello delle colonne di appoggio. L'asse della pensilina è ubicato a 3,60 m dall'asse del binario più vicino.

Nuova viabilità e parcheggio di interscambio

Il progetto comporterà anche la realizzazione di un nuovo parcheggio di interscambio, con annessa viabilità che collegherà, parallelamente alla sede ferroviaria, via Veneto con via Manzoni.

Il parcheggio, disporrà in totale di quarantasei posti auto, quarantaquattro standard più due riservati agli utenti diversamente abili.

Il progetto prevede che i posti auto siano disposti secondo due diverse tipologie:

percorrendo il parcheggio da Nord a Sud si incontreranno dapprima degli stalli disposti parallelamente alla corsia di marcia e aventi dimensioni di 6,00 x 2,20 m; successivamente gli stalli saranno disposti ortogonalmente alla corsia di marcia ed avranno dimensioni di 5,00 x 2,50 m.

La viabilità sarà a senso unico da via Veneto verso via Manzoni.

Sul lato ovest a ridosso dell'attuale recinzione ferroviaria verrà realizzato un marciapiede di larghezza minima pari a 1,50 m, conforme alle attuali normative in ambito viario. Non sarà invece possibile predisporre il marciapiede sul lato Est, a causa di spazi insufficienti dovuti alla presenza di un'antenna telefonica.

La nuova viabilità a servizio del parcheggio avrà modulo compositivo pari a 4,00 m, affiancata su ciascun lato da due banchine pavimentate di larghezza pari a 1,00 m, per una larghezza complessiva di 6,00 m.

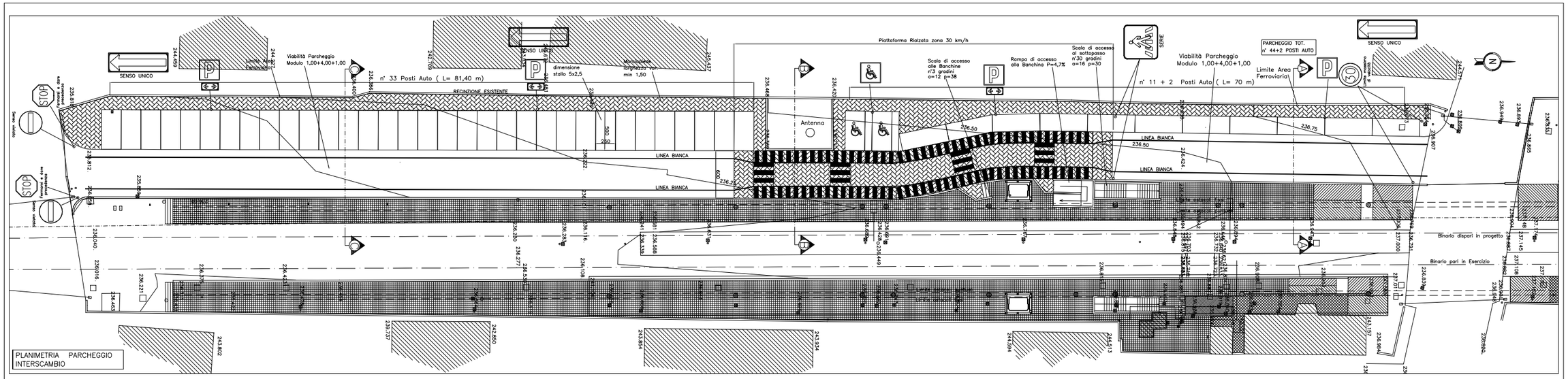
Dal parcheggio si accederà in banchina rapidamente mediante tre gradini, oppure con una rampa lunga complessivamente 7,00 m e con pendenza inferiore al 5%, usufruibile pertanto anche da persone diversamente abili.

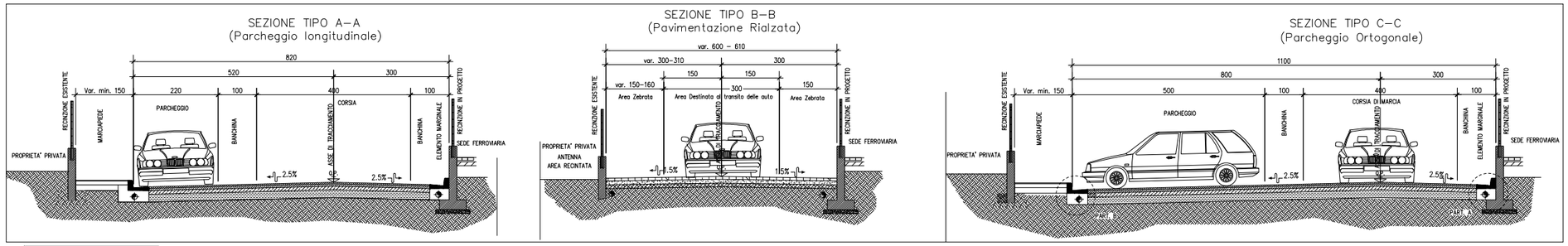
Per rendere più sicuri gli attraversamenti dei pedoni ed avere una efficace moderazione della velocità dei veicoli, nella parte del parcheggio prospiciente gli accesi in banchina, sarà predisposto un tratto di viabilità rialzata, destinata a zona 30 km/h.

In tale tratto è previsto anche il cambio di pavimentazione realizzata con massetti autobloccanti di colore rosso al posto della pavimentazione in conglomerato bituminoso.

La nuova viabilità del parcheggio si innesterà su via Manzoni con intersezione a raso, dando la precedenza ai veicoli che provengono da via Manzoni.

Per consentire la fruibilità del parcheggio e della viabilità è stato necessario spostare le barriere dell'attuale PL di Via Veneto verso Est di circa 6,00 metri portandole a ridosso del binario dispari.

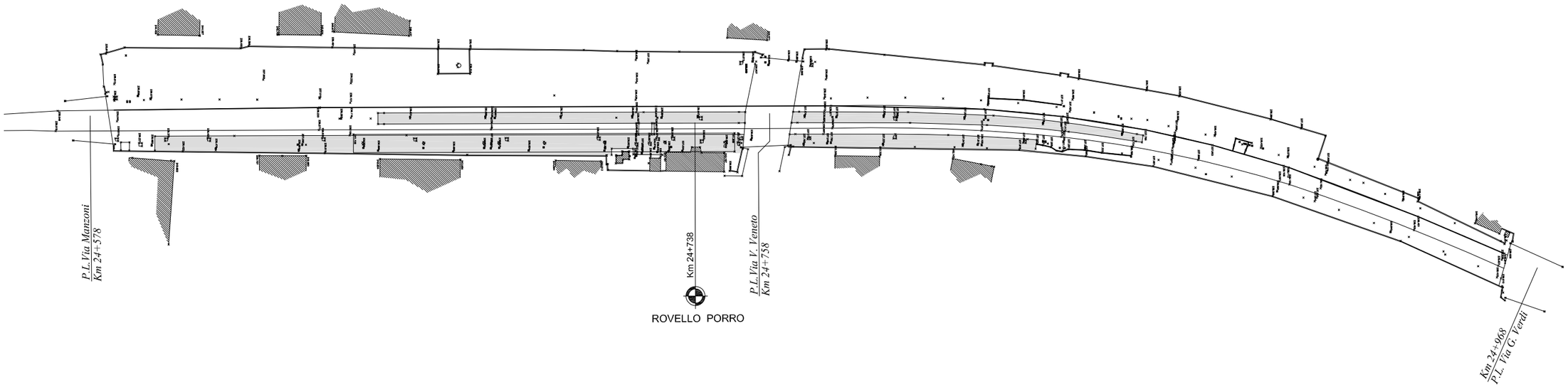

SENSO UNICO
Viabilità Parcheggio
Modulo 1,00+4,00+1,00
n° 33 Posti Auto (L= 81,40 m)
RECINZIONE ESISTENTE
dimensione
stallo 5x2,5
Marciapiede
larghezza non
min 1,50
Piattaforma Rialzata zona 30 km/h
Scala di accesso
alle Banchine
n°3 gradini
a=12 p=38
Rampa di accesso
alla Banchina P=4,7%
Scala di accesso
al sottopasso
n°30 gradini
a=16 p=30
Antenna
LINEA BIANCA
n° 11 + 2 Posti Auto (L= 70 m)
PARCHEGGIO TOT.
n° 44+2 POSTI AUTO
Limite Area
Ferroviaria
Binario dispari in progetto
Binario pari in Esercizio
PLANIMETRIA PARCHEGGIO
INTERSCAMBIO


SEZIONE TIPO A–A
(Parcheggio longitudinale)
820
520
300
Var. min. 150
220
100
440
100
RECINZIONE ESISTENTE
MARCIAPIEDE
PARCHEGGIO
BANCHINA
CORSIA
ASSE DI TRASLOCAMENTO
BANCHINA
ELEMENTO MARGINALE
RECINZIONE IN PROGETTO
PROPRIETA' PRIVATA
SEDE FERROVIARIA
2.5%
SEZIONE TIPO B–B
(Pavimentazione Rialzata)
var. 600 – 610
var. 300–310
300
var. 150–160
150
150
300
150
Area Zebrata
Area Destinata al transito delle auto
Area Zebrata
RECINZIONE ESISTENTE
PROPRIETA' PRIVATA
ANTENNA
AREA RECINTATA
ASSE DI TRASLOCAMENTO
RECINZIONE IN PROGETTO
SEDE FERROVIARIA
1.5%
SEZIONE TIPO C–C
(Parcheggio Ortogonale)
1100
800
300
Var. min. 150
500
100
440
100
RECINZIONE ESISTENTE
MARCIAPIEDE
PARCHEGGIO
BANCHINA
CORSIA DI MARCIA
ASSE DI TRASLOCAMENTO
BANCHINA
ELEMENTO MARGINALE
RECINZIONE IN PROGETTO
PROPRIETA' PRIVATA
SEDE FERROVIARIA
2.5%
VIABILITA' PARCHEGGIO
SEZIONI TIPO

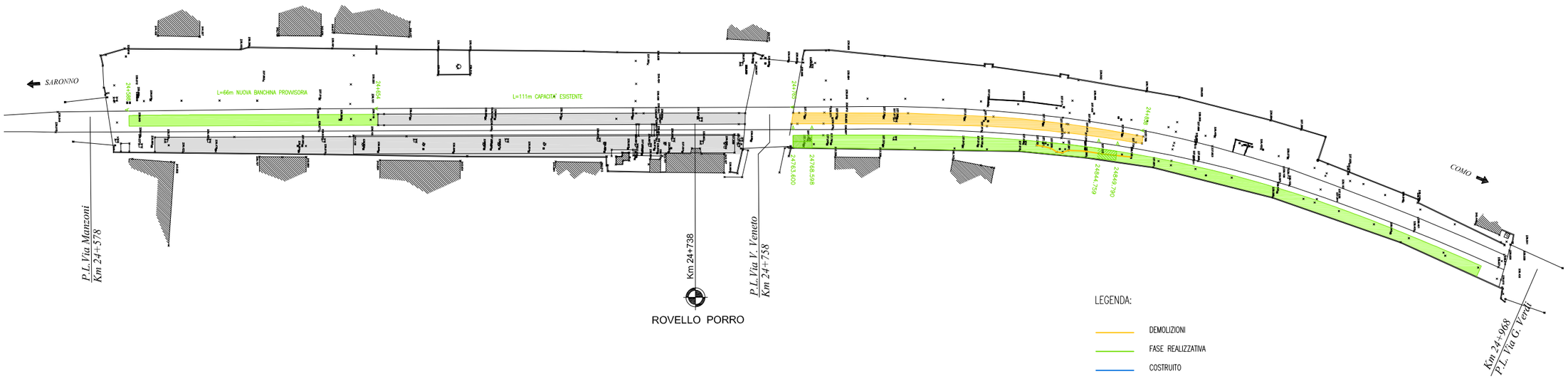
Fasi di realizzazione

La conformazione della vecchia stazione di Rovello Porro rispetto alla nuova configurazione e l'esigenza di mantenere attivo l'esercizio su entrambi i binari, hanno comportato la necessità di realizzare l'intervento per successive fasi che vengono ora esaminate nel dettaglio.

STATO DI FATTO



FASE 1



fase 1

Interventi sul binario Pari:

- Costruzione della banchina lato Como per 177m. Tale banchina era costituita, oltre che da 80 m di nuova banchina in posizione definitiva, da una porzione di 97 m di banchina provvisoria.

La costruzione della banchina definitiva ha comportato:

- la realizzazione di una palancolatura per sostenere la massicciata in modo da garantire il transito in sicurezza dei convogli ferroviari e consentire lo scavo necessario per demolire la vecchia banchina e gettare il magrone di fondazione per la posa dei cordoli prefabbricati;
- il posizionamento dei cordoli stessi;
- il riempimento a tergo dei cordoli;
- la realizzazione dei plinti di fondazione dei pali TE e delle paline per gli impianti di illuminazione e diffusione sonora;
- la realizzazione della polifora costituita da 10 tubi ϕ110;
- la posa dei massetti autobloccanti e delle piastrelle gialle bugnate a completarne la pavimentazione.

Banchina definitiva attivata

Banchina definitiva attivata

La banchina provvisoria esterna è stata realizzata mediante palancolatura al fine di evitare il crollo sul binario del materiale apportato.

Gli interventi di questa fase hanno reso inagibili gli ultimi 58 m della banchina del binario 1, che pertanto ha nel seguito avuto lunghezza utile pari a 177 m.

Banchina provvisoria in costruzione

Interventi sul binario Dispari:

- Costruzione di un tratto di banchina centrale "ad isola" provvisoria lato Saronno lunga 66 m.

La realizzazione di questa banchina ha comportato:

  - la rimozione del pietrisco nell'intervia;
  - la costruzione della struttura in legno;
  - il rivestimento della stessa mediante al fine di garantire una superficie antiscivolo.

- Successiva demolizione dell'intera banchina centrale esistente lato Como per uno sviluppo di 93 m, a partire dal PL di via Veneto procedendo verso Nord.

Con la demolizione prevista in questa fase il segnale di fine banchina del binario 2 è stato arretrato verso Saronno, e il marciapiede ha iniziato ad avere una lunghezza utile pari a 177 m.

Banchina provvisoria in costruzione

Banchina provvisoria attivata

Demolizione banchina centrale ad isola

fase 2

Interventi sul binario Dispari:

- Parziale demolizione dei primi metri della banchina esistente per consentire lo spostamento di binario.
- Costruzione della banchina provvisoria oltre il PL di via Marconi per garantire che il marciapiede mantenesse la medesima lunghezza utile. La parte provvisoria è stata realizzata mediante palancolatura per evitare il crollo su entrambi i binari del materiale apportato.

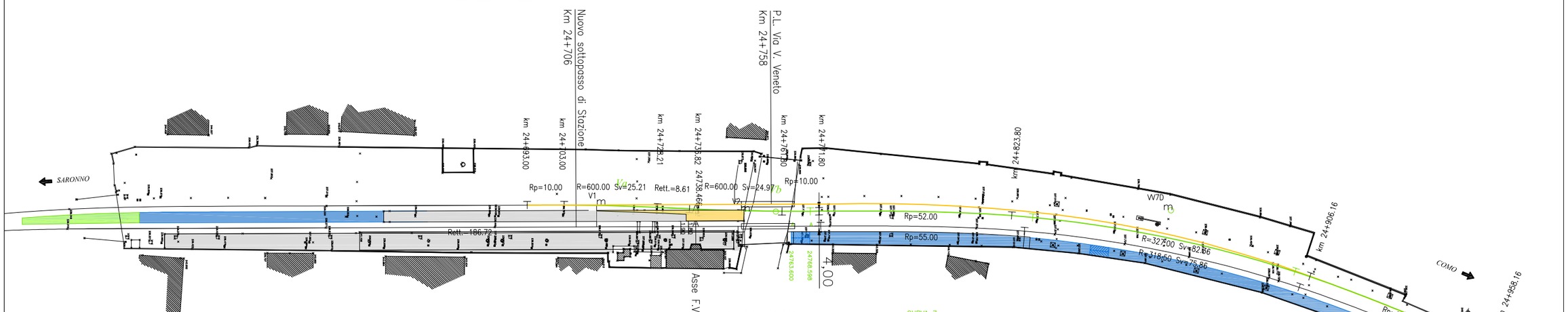
Banchina provvisoria attivata

- Spostamento binario esistente sulla nuova sede per 265 m, dalla progressiva km 24+958 fino alla progressiva km 24+693.

Il binario ha mantenuto la posizione precedente in corrispondenza del PL di via Verdi, mentre ha subito uno spostamento massimo di circa 2 m in prossimità del PL di via Veneto. In questa fase il nuovo tracciato presentava, a partire dal PL di via Verdi, un raccordo parabolico avente sviluppo pari a 52 m, una curva circolare di raggio 327 m e sviluppo pari a circa 82 m, un raccordo parabolico avente sviluppo pari a 52 m, un flesso per collegarsi alla porzione di binario non ancora spostata.

Tale flesso era costituito da raccordi parabolici posti agli estremi e aventi sviluppo pari a 10 m e da due curve opposte aventi raggio pari a 600 m e sviluppo pari a circa 25 m, con interposto un rettifilo di 9 m.

FASE 2



CURVA 1 BINARIO DISPARI PROVVISORIO

R	600.00
Ac	2.6753g
Tan	12.61
Sv	25.21
Fr	0.13
Co	25.21
H	0
V	60
f20m	83

V1	109264.20	
	95415.02	

CURVA 2 BINARIO DISPARI PROVVISORIO

R	600.00
Ac	2.6499g
Tan	12.49
Sv	24.97
Fr	0.13
Co	24.97
H	0
V	60
f20m	83

V2	109303.14	
	95413.21	

CURVA 7 BINARIO DISPARI

R	327.00
Ac	16.0348g
Tan	41.40
Sv	82.36
Fr	2.59
Co	82.15
H	90
V	70
f20m	153

W7D	109417.21	
	95413.64	

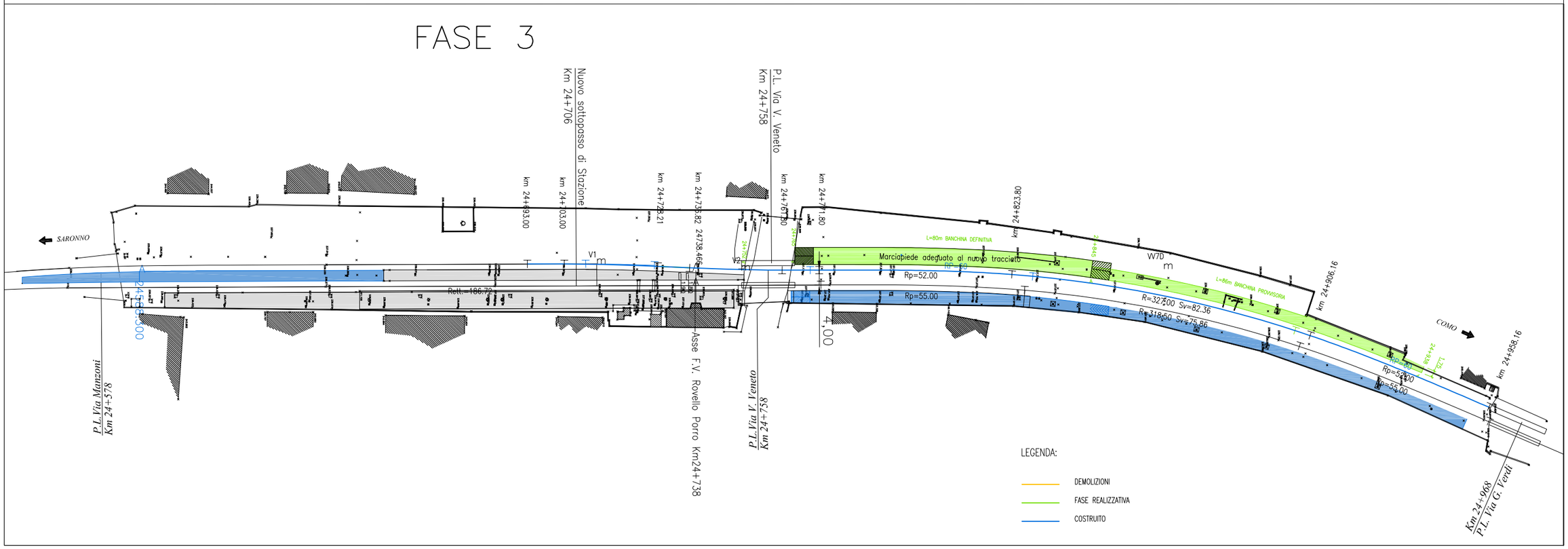
CURVA 7 PARI

Rp	55.000	R	318.500	Rp	55.000
tau	5.4995g	Ang C	15.1637g	tau	5.4996g
m	0.395	Tg	38.112	m	0.395
Tl	36.708	Sv	75.864	Tl	36.708
Tc	18.320	Hmax	110	Tc	18.320
xi	109323.445	Vmax	70	xi	109503.650
yi	95409.289	f20m	157	yi	95372.426
xf	109378.409			xf	109452.559
yf	95407.912			yf	95392.744
R	318.500			R	318.500

LEGENDA:

- DEMOLIZIONI
- FASE REALIZZATIVA
- COSTRUITO

FASE 3



LEGENDA:

- DEMOLIZIONI
- FASE REALIZZATIVA
- COSTRUITO

fase 3

Interventi sul binario Dispari:

- Costruzione della banchina lato Como per 166 m di cui 80m in versione definitiva e 86 in versione provvisoria.

La costruzione della banchina definitiva ha comportato:

- la realizzazione di una palancolatura per sostenere la massicciata in modo da garantire il transito in sicurezza dei convogli ferroviari e consentire lo scavo necessario per gettare il magrone di fondazione per la posa dei cordoli prefabbricati;
- il posizionamento dei cordoli stessi;
- il riempimento a tergo dei cordoli;
- la realizzazione dei plinti di fondazione dei pali TE e delle paline per gli impianti di illuminazione e diffusione sonora;
- la realizzazione della polifora costituita da 6 tubi ϕ110;
- la posa dei massetti autobloccanti e delle piastrelle gialle bugnate a completarne la pavimentazione.

Banchina definitiva in costruzione

Banchina definitiva attivata

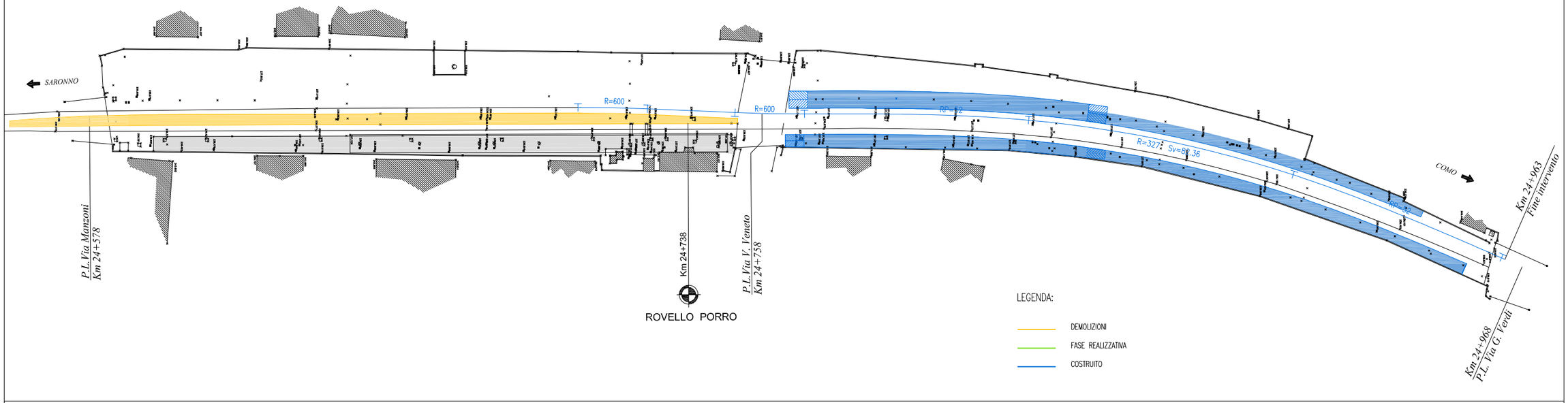
La banchina provvisoria esterna è stata realizzata mediante palancolatura al fine di evitare il crollo sul binario del materiale apportato e ha richiesto la realizzazione di una recinzione provvisoria per impedire agli utenti l'accesso all'area di cantiere attigua.
A partire dal termine della fase 3, il servizio passeggeri è stato effettuato sulle nuove banchine lato Como dopo il PL di Via Veneto.
La lunghezza utile dei due marciapiedi è rimasta pari a 177 m, considerando facente parte del marciapiede del binario 2 anche il tratto interessato dal PL.
La conseguente assenza di viaggiatori sulle vecchie banchine ha così consentito di attaccare la parte sud del cantiere.
Il progetto di gara prevedeva, nello specifico, che le fasi successive si svolgessero nel seguente modo.

fase 4 del progetto di gara

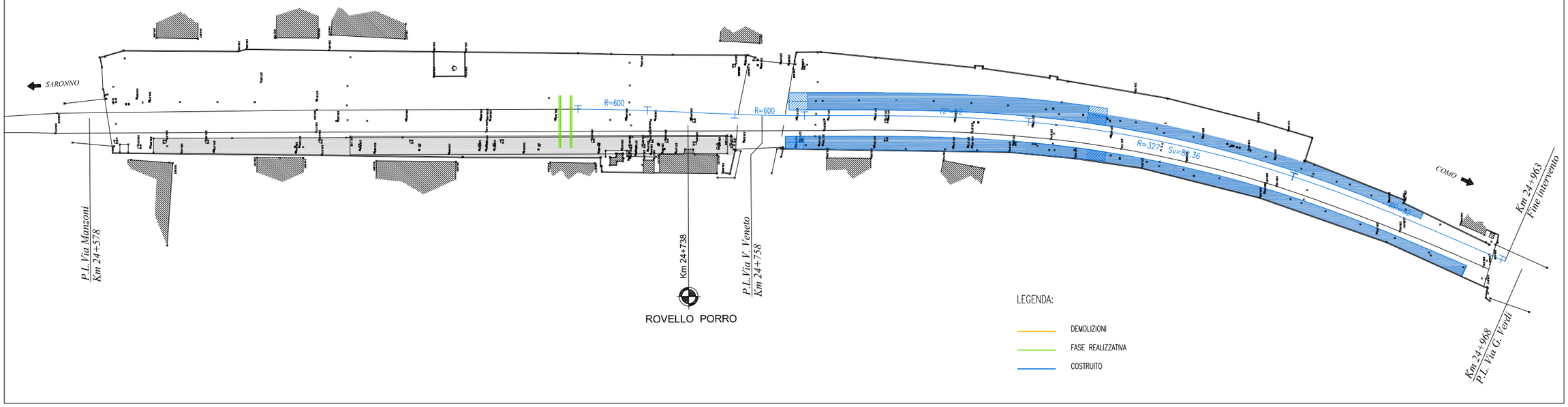
Interventi sul binario Dispari:

- Demolizione della banchina centrale esistente lato Saronno (163m) e della porzione provvisoria di prolungamento della stessa.

FASE 4


SARONNO
R=600
R=600
RP=62
R=327; Sv=66.36
COMO
P.L. Via Manzoni
Km 24+578
Km 24+738
ROVELLO PORRO
P.L. Via V. Veneto
Km 24+758
Km 24+963
Fine intervento
Km 24+968
P.L. Via G. Verdi
LEGENDA:
DEMOLIZIONI
FASE REALIZZATIVA
COSTRUITO

FASE 5


SARONNO
R=600
R=600
RP=62
R=327; Sv=66.36
COMO
P.L. Via Manzoni
Km 24+578
Km 24+738
ROVELLO PORRO
P.L. Via V. Veneto
Km 24+758
Km 24+963
Fine intervento
Km 24+968
P.L. Via G. Verdi
LEGENDA:
DEMOLIZIONI
FASE REALIZZATIVA
COSTRUITO

fase 5 del progetto di gara

- Realizzazione del sottopasso di stazione, con l'utilizzo di elementi prefabbricati di tipo TENSITER o analogo.

fase 6 del progetto di gara

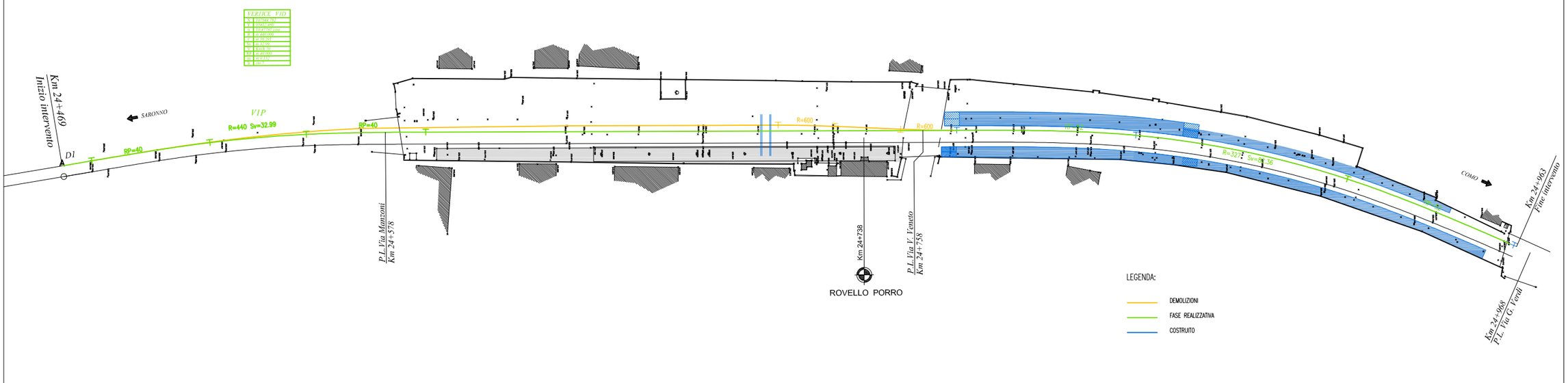
Interventi sul binario Dispari:

- Spostamento binario dispari tra la progressiva km 24+771 e la progressiva km 24+479, in modo da eliminare il flesso provvisoriamente introdotto nella fase 2.

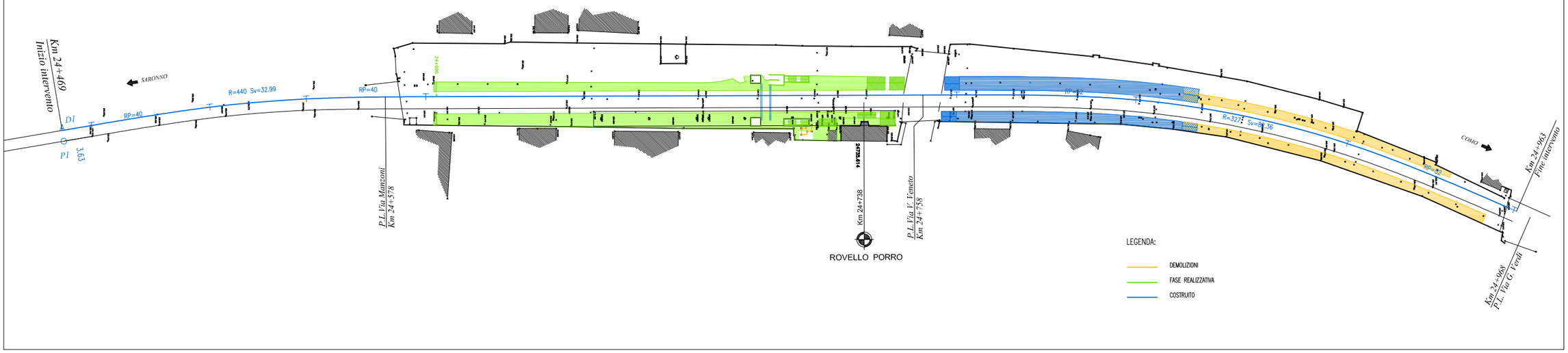
fase 7 del progetto di gara

- Completamento delle banchine dei binari pari e dispari lato Saronno, delle restanti opere civili e dell'impiantistica.
- Demolizione delle banchine provvisorie realizzate nella parte a Nord.

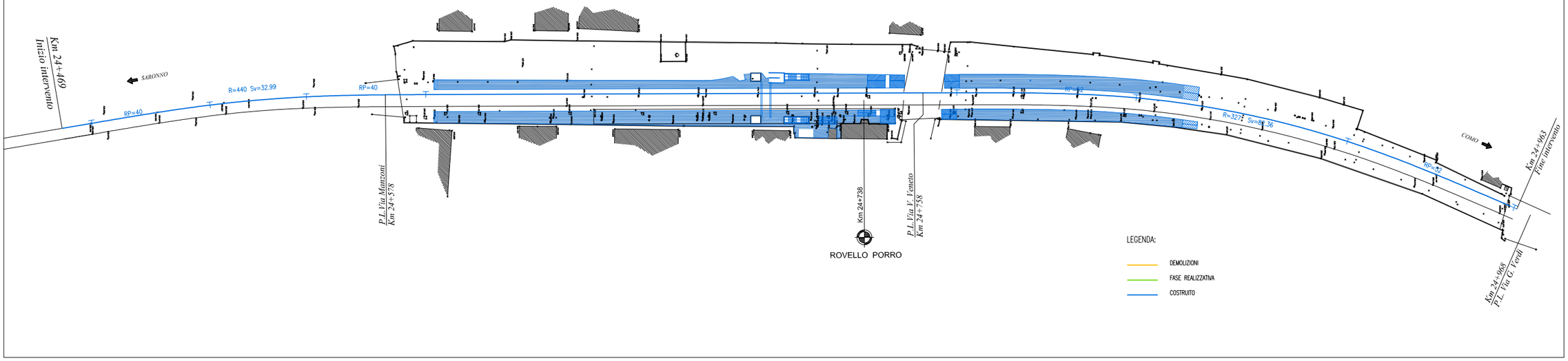
FASE 6


VERTICE VID
Km 24+469
Inizio intervento
D1
SARONNO
VIP
R=440 Sv=32.99
RP=40
RP=40
R=600
R=600
RP=42
R=327 Sv=89.36
P.L. Via Manzoni
Km 24+578
Km 24+738
ROVELLO PORRO
P.L. Via V. Veneto
Km 24+758
COMO
Km 24+963
Fine intervento
Km 24+968
P.L. Via G. Verdi
LEGENDA:
DEMOLIZIONI
FASE REALIZZATIVA
COSTRUITO

FASE 7


Km 24+469
Inizio intervento
D1
P1
3.63
SARONNO
R=440 Sv=32.99
RP=40
RP=40
24+500
RP=42
R=327 Sv=89.36
P.L. Via Manzoni
Km 24+578
Km 24+738
ROVELLO PORRO
P.L. Via V. Veneto
Km 24+758
COMO
Km 24+963
Fine intervento
Km 24+968
P.L. Via G. Verdi
LEGENDA:
DEMOLIZIONI
FASE REALIZZATIVA
COSTRUITO

SITUAZIONE FINALE



Sulla base delle proposte fatte dall'Impresa appaltatrice le fasi di lavoro successive alla 3 si sono articolate in maniera differente, come viene ora evidenziato.

fase 4 del progetto di variante

Interventi sul binario Dispari:

- Inizio realizzazione micropali per la paratia di sostegno agli scavi della fossa di varo del sottopassaggio e delle rampe scale dello stesso.

Micropali fossa di varo e vano ascensore

In questa fase è stato nello specifico possibile trivellare solo i micropali posizionati in area di cantiere, quelli in corrispondenza della banchina centrale che all'epoca era ancora presente e quelli nell'intervia tra i binari.

- Demolizione della parte della banchina centrale "ad isola" rimasta, a partire dal PL di via Veneto verso Saronno.
- Rimozione delle banchine provvisorie lato Saronno installate nelle fasi precedenti.

Interventi sul binario Pari:

- Inizio demolizione della banchina esistente.

fase 5 del progetto di variante

Interventi sul binario Dispari:

- Spostamento del binario per circa 290 m, tra i km 24+771 e km 24+479, in modo da eliminare il flesso provvisoriamente introdotto nella fase 2.

Il tracciato del binario dispari ha così assunto la sua configurazione definitiva che, nell'ambito dell'intervento in oggetto, partendo dalla progressiva km 24+479, fino a giungere alla progressiva 24+961, presenta le seguenti caratteristiche:

un raccordo parabolico dello sviluppo di 40 m, una curva destrorsa avente raggio pari a 440 m e sviluppo pari a 33 m, un raccordo parabolico dello sviluppo di 40 m, un rettifilo di 180 m, un raccordo parabolico dello sviluppo di 52 m, una curva destrorsa avente raggio pari a 327 m e sviluppo pari a 82 m e un raccordo parabolico dello sviluppo di 52 m.

- Completamento della trivellazione dei micropali e realizzazione della trave di coronamento.

Trave di coronamento micropali

Interventi sul binario Pari:

- Demolizione del locale WC.
- Demolizione della banchina.
- Rimozione della campata della pensilina interferente con il futuro ascensore e con la trivella per i micropali.
- Trivellazione dei micropali.

fase 6 del progetto di variante

- Costruzione delle banchine definitive lato Saronno a sud del sottopasso mediante:
  - la realizzazione di una palancolatura per sostenere la massicciata in modo da garantire il transito in sicurezza dei convogli ferroviari e consentire lo scavo necessario per gettare il magrone di fondazione per la posa dei cordoli prefabbricati;
  - il posizionamento dei cordoli stessi;
  - l'armatura e il getto del muretto esterno di recinzione;
  - il riempimento a tergo dei cordoli;
  - la realizzazione dei plinti di fondazione dei pali TE e delle paline per gli impianti di illuminazione e diffusione sonora;
  - la realizzazione della polifora costituita da tubi ϕ110;
  - la posa delle tubazioni per lo smaltimento acque.

Banchine in costruzione

- Posa del sostegno provvisorio dei binari mediante ponti Bologna necessario per la realizzazione del sottopassaggio.
- Scavo della fossa di varo e inizio scavo delle rampe scale.

fase 7 del progetto di variante

- Realizzazione fuori opera del monolito costituente il sottopassaggio e spinta dello stesso con martinetti oleodinamici.
- Scavo, posa armature e getto delle rampe scale e dei vani ascensore.
- Armatura e getto delle colonne pensilina.
- Completamento costruzione delle banchine.

Realizzazione polifora binario 1

Armatura muri scala binario 1

Rampa scala binario 2

Cassero colonna pensilina

Accesso banchina binario 2 dal parcheggio

fase 8 del progetto di variante

- Installazione ascensori.
- Finitura impianti elettrici e speciali.
- Finitura banchine e posa dei massetti autobloccanti e delle piastrelle gialle bugnate a completarne la pavimentazione.

fase 9 del progetto di variante

- Montaggio pensilina.

fase 10 del progetto di variante

- Realizzazione parcheggio.
- Demolizione delle banchine provvisorie realizzate nella parte a Nord.

Terminati i lavori, il servizio passeggeri sarà effettuato sulle nuove banchine, aventi lunghezza utile pari a 250 m, considerando anche il tratto interessato dal PL di via Veneto.

CAPITOLO 4

SOTTOPASSO. CONFRONTO TRA SOLUZIONE DI PROGETTO E SOLUZIONE DI VARIANTE

Per garantire l'accessibilità alle due banchine in progetto e il collegamento con il nuovo parcheggio a servizio dell'impianto è stata prevista la realizzazione di un sottopassaggio pedonale dotato di scale e ascensori. Tale sottopassaggio è ubicato ortogonalmente ai binari alla progressiva 24+706.

Tecniche realizzative

Soluzione di progetto

Per eliminare le occupazioni necessarie all'allestimento della fossa di varo e ridurre i tempi di esecuzione, il progetto originario prevedeva che la struttura del sottopasso fosse realizzata mediante elementi prefabbricati di tipo TENSITER o analogo.

Questo approccio rende necessaria la messa fuori esercizio di uno o entrambi i binari. Prevede infatti che si proceda al taglio delle rotaie con asportazione della campata di binario in corrispondenza del sottopassaggio, per poi effettuare lo scavo necessario alla posa del sottopassaggio stesso. Realizzato il manufatto si deve quindi procedere al suo rinterro e al ripristino della continuità dei binari.

Per queste lavorazioni di armamento vengono generalmente impiegati i seguenti mezzi:

- sega circolare per il taglio delle rotaie;
- due caricatori o un'autogrù per sollevare la campata tagliata, posarla lateralmente allo scavo e riportarla infine in posizione;
- attrezzatura necessaria per la saldatura alluminotermica (o più raramente una saldatrice a scintillio);
- carri tramoggia contenti pietrisco per il ripristino della massicciata ferroviaria;
- una profilatrice;

- una rincalzatrice.

La realizzazione in interventi distinti, interrompendo cioè la circolazione su un solo binario alla volta, richiede due interruzioni di circa 36 h. La realizzazione del manufatto in un unico intervento, interrompendo entrambi i binari di circolazione, richiede invece un'interruzione di durata complessivamente minore. La prima soluzione è però cautelativa in caso di imprevisti e inconvenienti che causino ritardi nel ripristino.

Gli elementi prefabbricati TENSITER presentano quattro articolazioni e sono costituiti da cinque conci in calcestruzzo collegati tra loro unicamente dai tondini di acciaio che costituiscono l'armatura principale delle strutture in opera.

Elementi prefabbricati TENSITER

Particolare: articolazione dei conci

Questi elementi hanno larghezza tale da consentirne il trasporto senza ricorrere a trasporti eccezionali, e arrivano in cantiere distesi e complanari per facilitarne il trasporto stesso.

Trasporto dei conci

Vengono poi assemblati mediante l'ausilio di un'autogrù. Le operazioni di varo dei conci prefabbricati vengono effettuate in regime di interruzione del transito dei convogli e ovviamente con tolta tensione.

Durante il sollevamento, i vari corpi costituenti il singolo concio articolano gli uni rispetto agli altri, piegando i tondini di armatura che li collegano, e assumono automaticamente la loro configurazione definitiva a "U" rovesciata.

Sollevamento e scarico dei conci

Sollevamento e scarico dei conci

Questo sistema garantisce la totale continuità di tutte le armature in tutte le parti tese del manufatto finito, l'esatta collocazione in opera delle armature, ed una semplice e rapida operazione di posa in opera.

Ne risulta una struttura di rapidissima realizzazione, molto affidabile, ben protetta dalla corrosione del terreno, adatta a durare nel tempo e a reggere il peso di rilevati di altezza notevole e i massimi carichi stradali e ferroviari.

Completato il movimento delle articolazioni il prefabbricato viene posato nella sua configurazione definitiva su uno strato di calcestruzzo gettato in precedenza che serve per avere un piano finito di lavoro.

A questo punto si posano le armature della soletta inferiore del telaio chiuso, le quali si collegano a quelle fuoriuscenti dai ritti che servono a realizzare l'incastro nella soletta la quale, completata la posa dei ferri, viene gettata in opera.

Particolare: ferri fuoriuscenti dai ritti per la chiamata dell’armatura della soletta inferiore

Armatura soletta inferiore

Getto soletta inferiore

Nella fase successiva vengono posate nei giunti tra due anelli adiacenti le armature aggiuntive che bloccano definitivamente le articolazioni.

I singoli elementi vengono infine collegati tra loro da correnti longitudinali in senso perpendicolare ai ferri aggiuntivi sopra descritti, posti nei vani che si formano in ogni

articolazione all'atto del montaggio del prefabbricato, i quali assicurano la continuità della struttura anche nel senso dell'asse dell'opera.

Messi in opera i ferri aggiuntivi si completa la posa del manufatto gettando nei vani rimasti tra gli anelli adiacenti e nelle articolazioni un getto di sigillatura costituito da un’opportuna malta a ritiro compensato che abbia buona aderenza al calcestruzzo dei prefabbricati ma soprattutto non dia luogo a fessure da cui potrebbero innescarsi processi di corrosione delle armature.

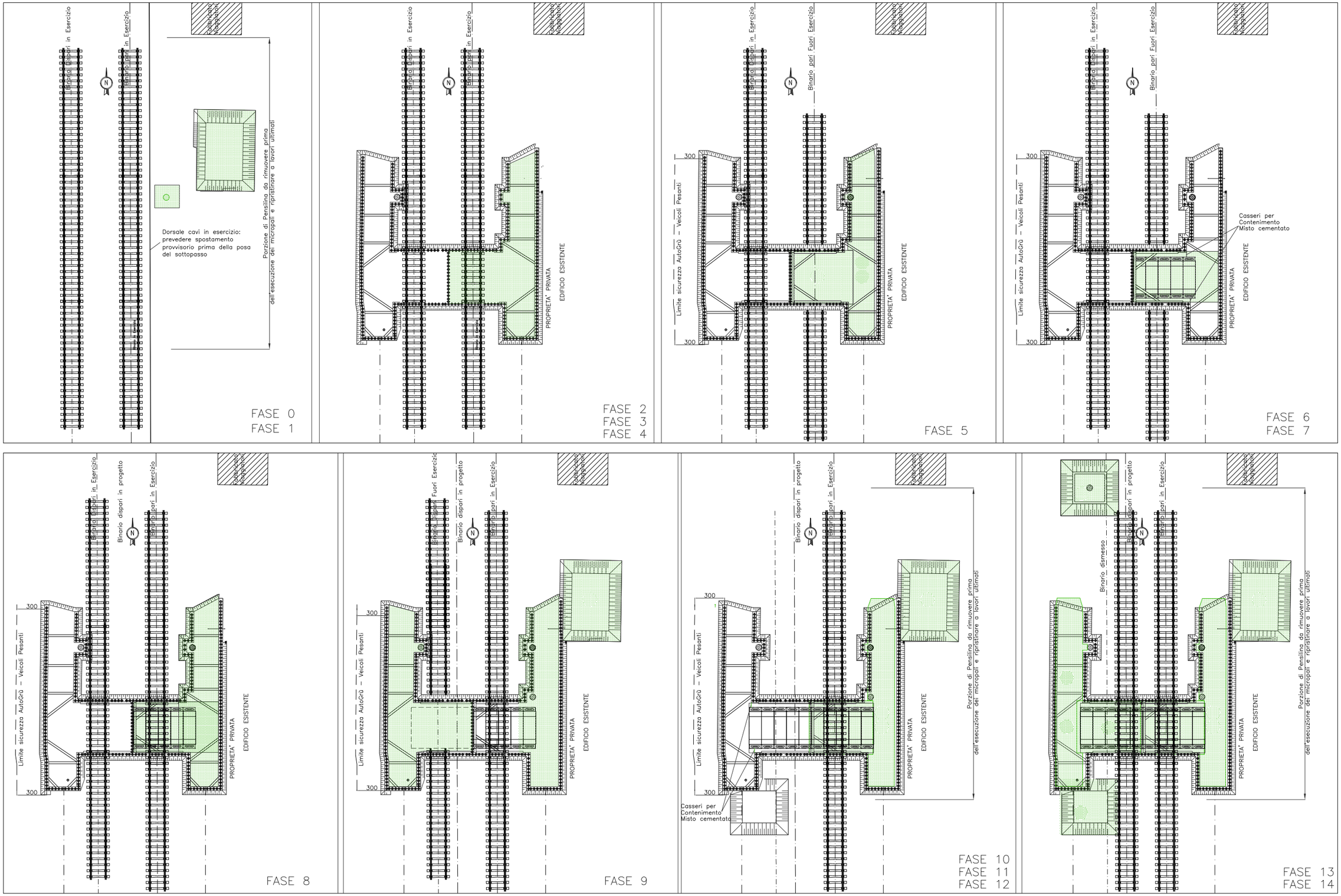
Terminata la realizzazione del manufatto si procede alla sua impermeabilizzazione mediante la stesa di manti e al successivo rinterro con ripristino della continuità dei binari.

Particolare: armature aggiuntive

Getto di sigillatura

Stesa membrane impermeabili

SCHEMA FASI REALIZZATIVE
SOTTOPASSO DI PROGETTO



Le fasi realizzative rappresentate nella tavola precedente possono così essere descritte:

FASE 0: deviazione delle dorsali esistenti.

FASE 1: smontaggio della porzione di pensilina interferente.

FASE 2: demolizione parziale della banchina e scavo di sbancamento propedeutico all'esecuzione dei micropali.

FASE 3: esecuzione dei micropali.

FASE 4: scavo sino alla profondità di -2 m dal piano campagna, inserimento e tesatura dei tiranti, consolidamento della parete con spritz beton.

FASE 5: taglio delle rotaie del binario pari e scavo per fasi, con inserimento dei puntoni per messa in sicurezza, sino alla quota di imposta della fondazione del sottopasso prefabbricato.

FASE 6: getto della fondazione del sottopasso e varo dei conci prefabbricati.

FASE 7: sigillatura delle articolazioni, impermeabilizzazione, riempimento dello scavo con misto cementato e ripristino del binario.

FASE 8: esecuzione dello spritz beton sulla berlinese, riprofilatura dello scavo per realizzazione di scala ed ascensore lato binario pari, lavorazioni per le strutture in c.a. del corpo scale.

FASE 9: taglio delle rotaie del binario dispari e scavo per fasi, con inserimento dei puntoni per messa in sicurezza, sino alla quota di imposta della fondazione del sottopasso prefabbricato.

FASE 10: demolizione della berlinese interbinario.

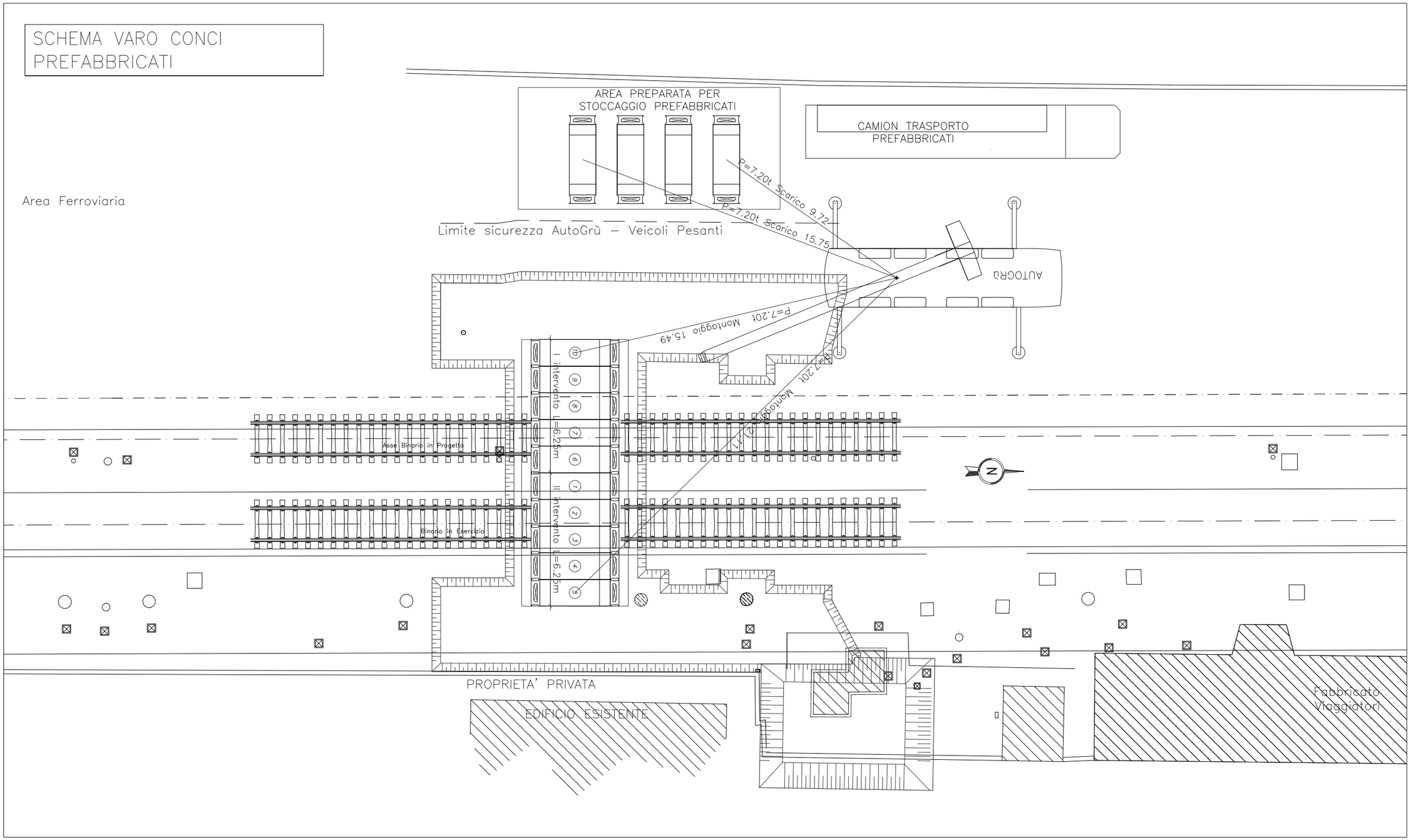
FASE 11: getto della fondazione del sottopasso e varo dei conci prefabbricati.

FASE 12: sigillatura delle articolazioni, impermeabilizzazione e riempimento dello scavo con misto cementato.

FASE 13: ripristino del binario dispari nella nuova posizione da progetto.

FASE 14: esecuzione dello spritz beton sulla berlinese, riprofilatura dello scavo per realizzazione di scala ed ascensore lato binario dispari, lavorazioni per le strutture in c.a. del corpo scale.

SCHEMA VARO CONCI PREFABBRICATI



Soluzione di variante

L'Impresa esecutrice dei lavori ha proposto una soluzione di variante per la realizzazione del sottopasso. Questa soluzione ha previsto l'utilizzo della tecnica dello "spingi tubo", la quale consiste nella realizzazione del sottopassaggio mediante la prefabbricazione, in apposito cantiere a lato, di un monolito e la successiva infissione del manufatto, con sistema oleodinamico, all'interno del terrapieno ferroviario.

La prima fase di intervento consiste nella realizzazione delle opere provvisorie necessarie per il sostegno dello scavo della fossa di varo, che è lo scavo entro cui viene realizzato il manufatto scatolare. Nel caso specifico tali opere provvisionali sono consistite in una berlinese di micropali.

Particolare cura deve essere posta nei tracciamenti plano-altimetrici in quanto il manufatto da realizzare all'interno dello scavo deve essere impostato alle quote esatte di progetto e secondo gli assi determinati.

Prima di procedere alla prefabbricazione del manufatto ed alle successive operazioni di spinta bisogna realizzare la platea di varo ed il muro reggispinta.

La platea di varo consiste in una soletta continua in calcestruzzo armato sulla quale il manufatto viene costruito e fatto scorrere sotto la spinta di martinetti idraulici. Talvolta essa viene anche dotata di due guide laterali.

Sulla platea viene pertanto posato un foglio di polietilene al fine di favorire il distacco e lo scorrimento del monolito che vi verrà sopra costruito.

All'estremità della platea, dalla parte opposta a quella del binario da sottopassare, viene ancorato un muro reggispinta di idoneo spessore, il quale è chiamato a contrastare la spinta dei martinetti uniformemente distribuita, nella fase di infissione, mediante una trave rigida in acciaio.

Platea di varo e muro reggispinta

Platea con doppio foglio di polietilene e muro reggispinta

Terminata la platea, si procede alla costruzione del manufatto.

Questo viene realizzato fuori opera, allestito in posizione tale per cui il suo asse longitudinale coincida in direzione e quota con quello di progetto dell'opera finita.

Viene realizzata dapprima la soletta inferiore in c.a. sulla platea di scorrimento.

Armatura soletta inferiore monolito

Getto soletta inferiore monolito

Soletta inferiore monolito

Nel caso in esame la particolare mancanza di spazio ha imposto la realizzazione di una soletta inferiore dotata di una “tasca” per l’alloggiamento dei martinetti.
Questa parte di soletta è stata poi gettata in opera una volta terminata la fase di spinta.
Si costruiscono quindi le pareti laterali.
Come verrà successivamente meglio precisato, si è scelto in questo caso di utilizzare lastre doppie prefabbricate.

Lastre doppie prefabbricate

Posa lastre doppie

Si costruisce infine la soletta superiore.

Nel caso specifico, come verrà nuovamente meglio precisato nel seguito, si è scelto di utilizzare predalles prefabbricate.

Armatura soletta superiore monolito

Getto soletta superiore monolito

Soletta superiore monolito

La costruzione del monolito viene poi ultimata con l'impermeabilizzazione della soletta superiore.

Si è in particolare proceduto all'applicazione di un primer bituminoso seguita dalla stesa di un doppio strato di membrana bitume-polimero elastomerica con spessore pari a 4 mm applicata a fiamma.

Sopra quest'ultima, al fine di proteggerla, è stato infine gettato un massetto in calcestruzzo dello spessore di 5 cm.

Terminata la costruzione del manufatto si può procedere al posizionamento dei martinetti oleodinamici ed avviare la fase di spinta.

Ad ogni fine corsa del pistone i martinetti vengono fatti rientrare e lo spazio d'avanzamento si colma con profilati in acciaio.

In contemporanea con la spinta e l'infissione del monolito, si procede allo scavo. Il materiale viene gradualmente asportato dall'interno del manufatto, in modo che, al termine della spinta, il manufatto sia pronto per essere completato.

Nel caso specifico lo smarino è stato effettuato mediante l'uso di un mini escavatore e di una mini pala cingolati calati all'interno del manufatto, e da un escavatore posizionato esternamente alla fossa di varo.

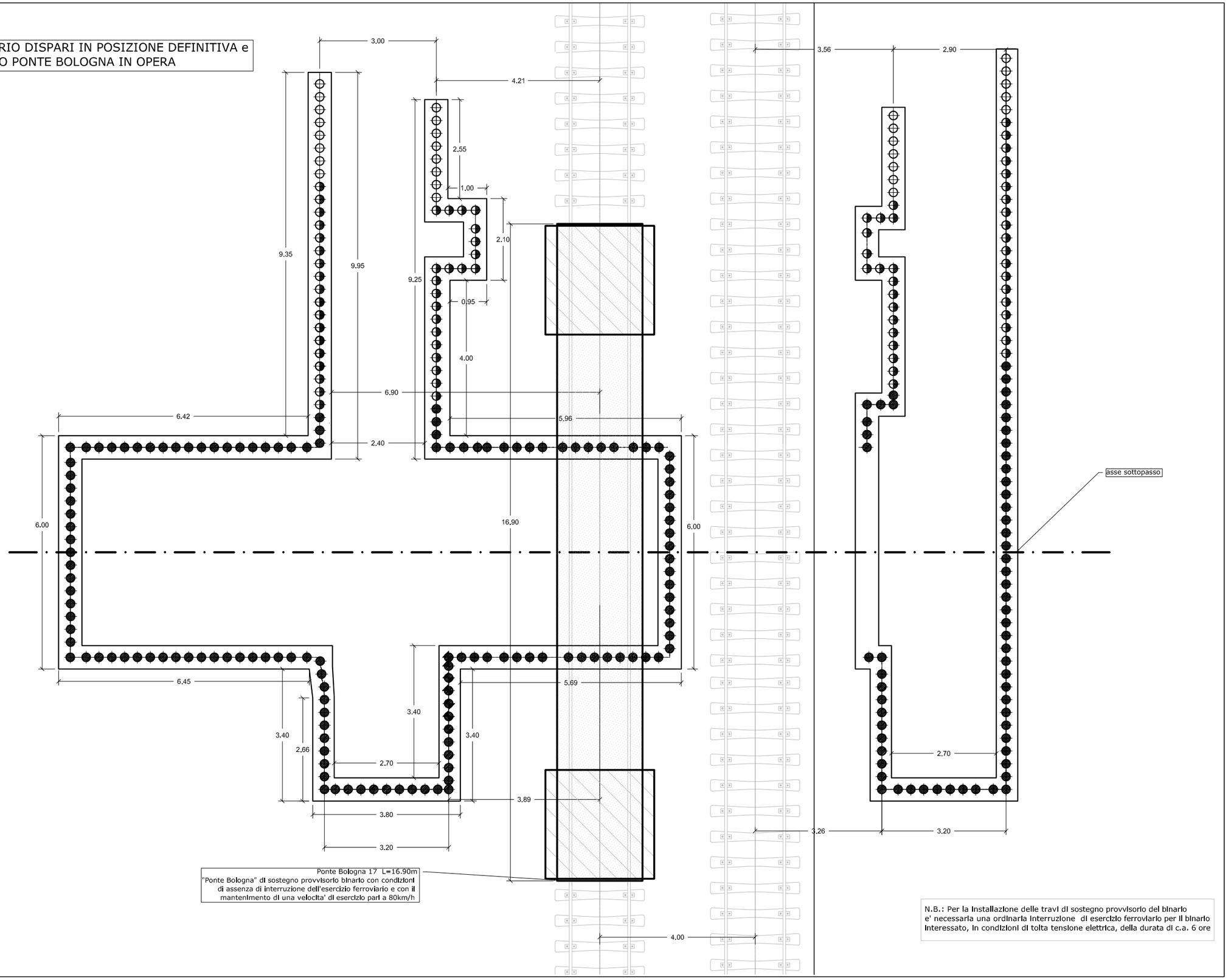
Durante l'infissione del manufatto sotto la sede ferroviaria devono essere garantiti il mantenimento della direzione assegnata, sia in senso planimetrico che altimetrico, in modo che al termine delle operazioni di varo non si abbia una deviazione, sia in orizzontale che in verticale, dell'asse longitudinale rispetto alla posizione di progetto.

Mini escavatore al lavoro per le operazioni di smarino

Mini pala al lavoro per le operazioni di smarino

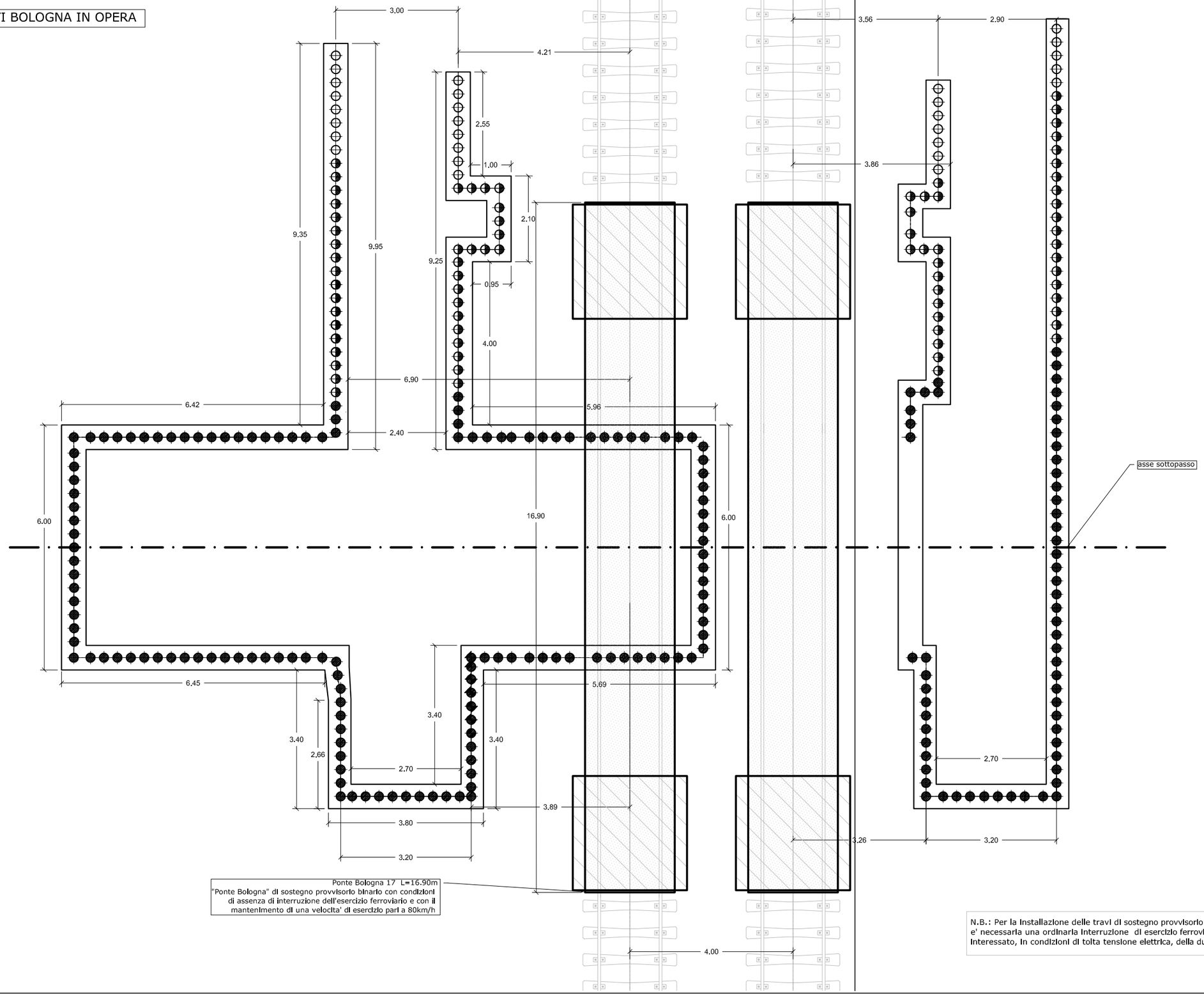
Particolare: trave di ripartizione, profilati in acciaio, martinetti idraulici

BINARIO DISPARI IN POSIZIONE DEFINITIVA e
PRIMO PONTE BOLOGNA IN OPERA



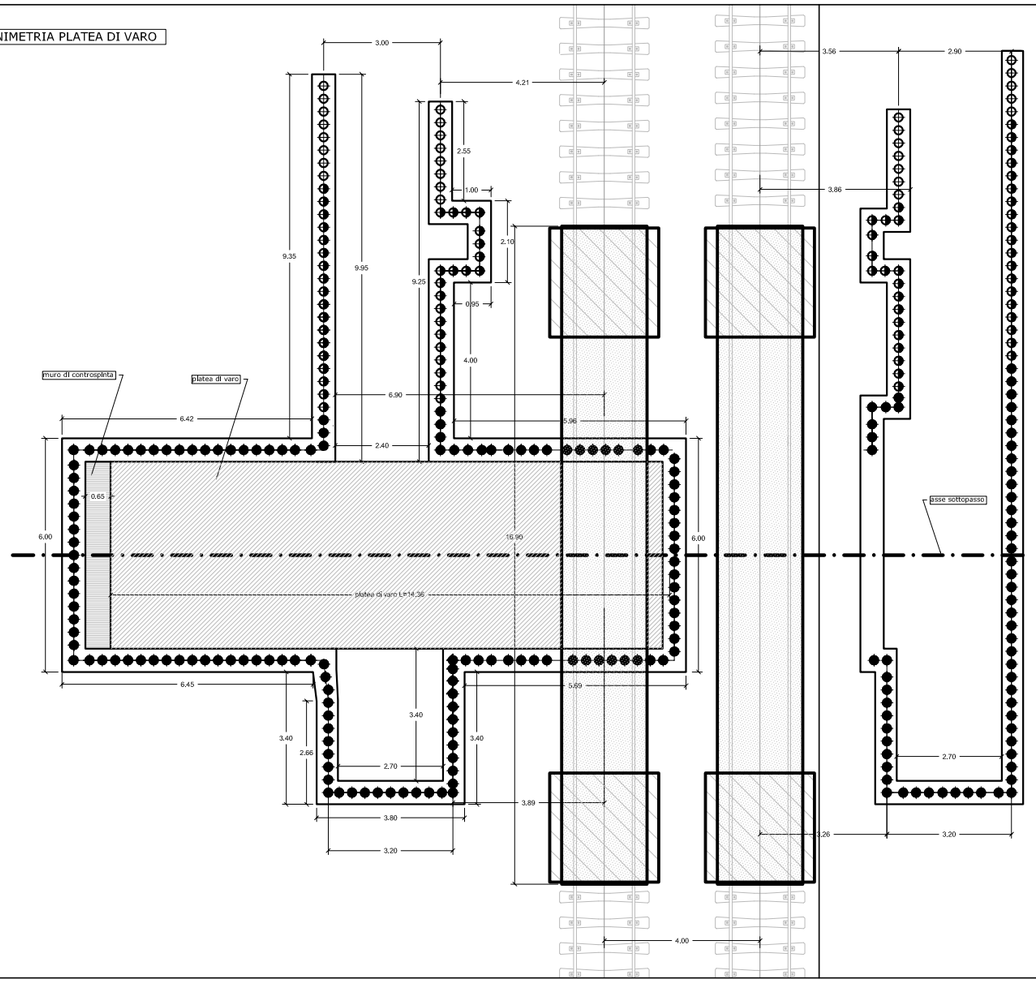
N.B.: Per la installazione delle travi di sostegno provvisorio del binario e' necessaria una ordinaria interruzione di esercizio ferroviario per il binario interessato, in condizioni di tolta tensione elettrica, della durata di c.a. 6 ore

PONTI BOLOGNA IN OPERA

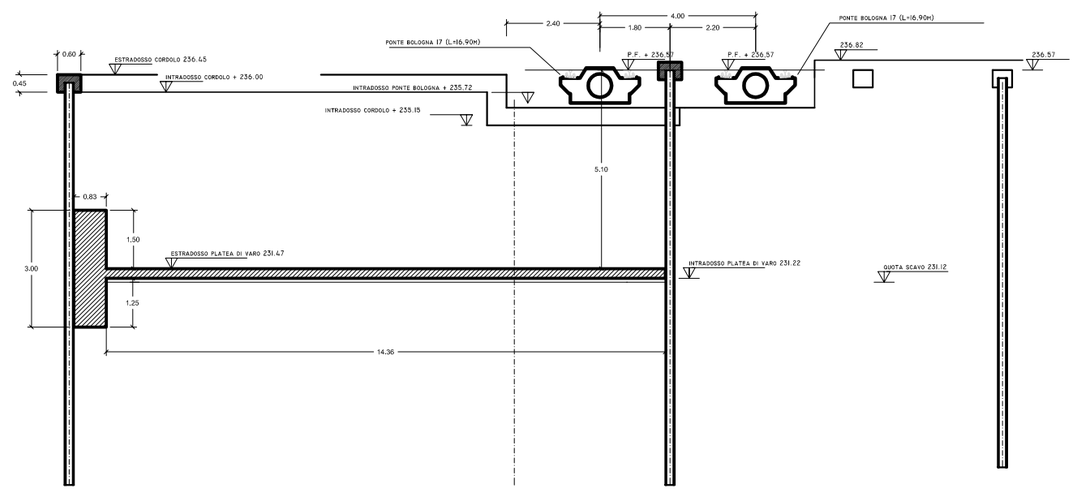


N.B.: Per la installazione delle travi di sostegno provvisorio del binario e' necessaria una ordinaria interruzione di esercizio ferroviario per il binario interessato, in condizioni di tolta tensione elettrica, della durata di c.a. 6 ore

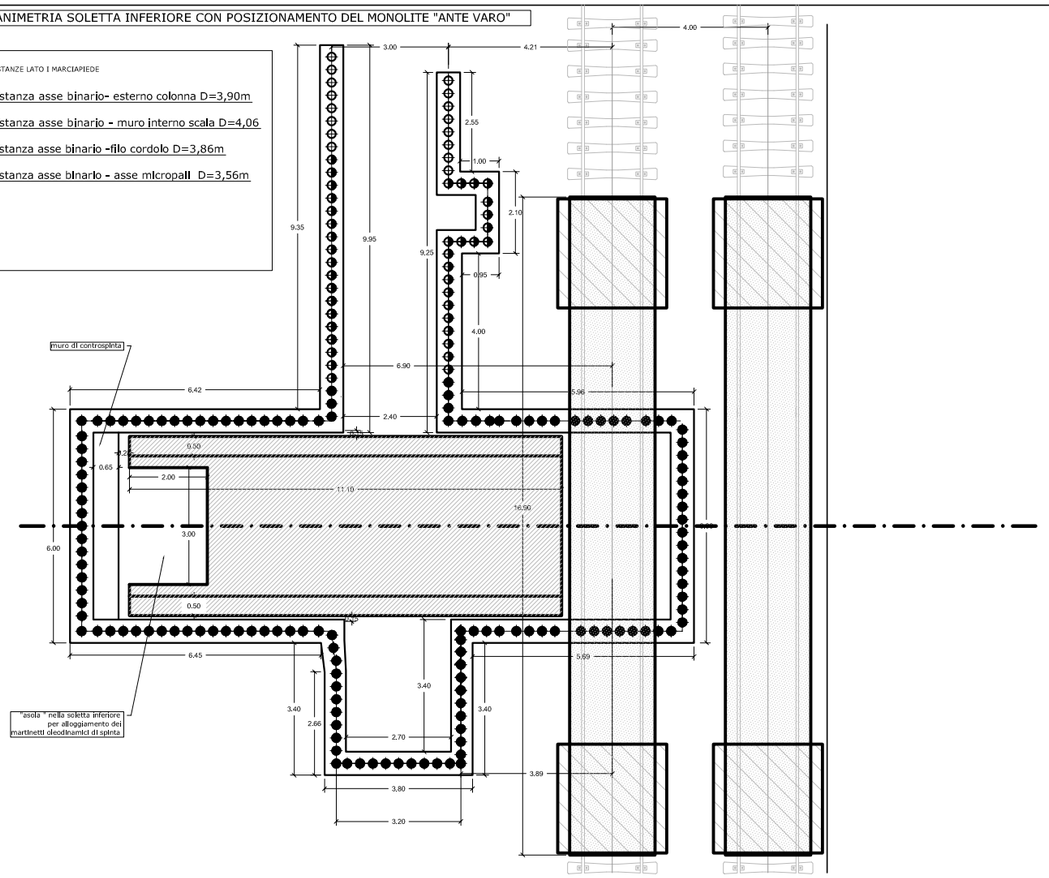
PLANIMETRIA PLATEA DI VARO



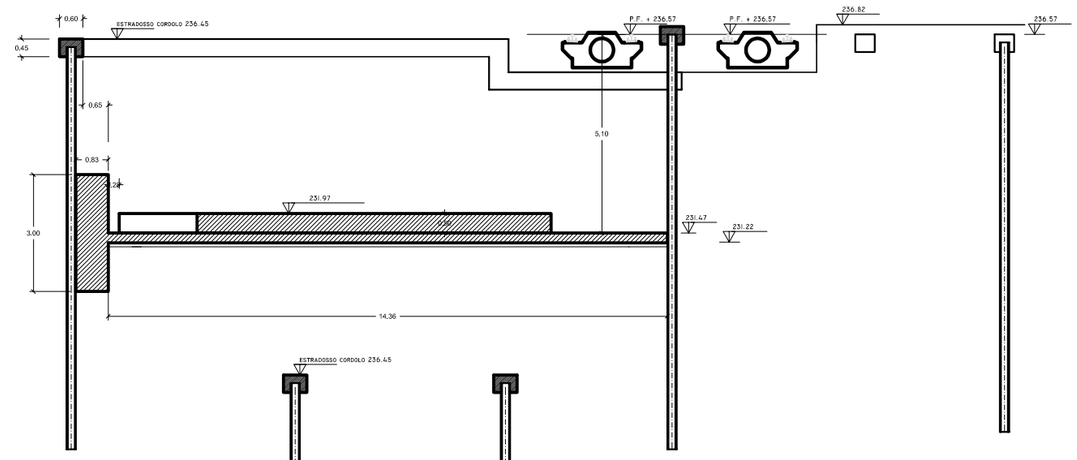
SEZIONE LONGITUDINALE



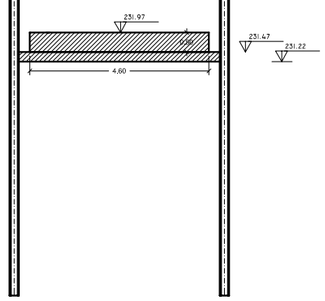
PLANIMETRIA SOLETTA INFERIORE CON POSIZIONAMENTO DEL MONOLITE "ANTE VARO"



SEZIONE LONGITUDINALE ANTE VARO



SEZIONE TRASVERSALE



PLANIMETRIA SOLETTA SUPERIORE CON POSIZIONAMENTO DEL MONOLITE "ANTE VARO"

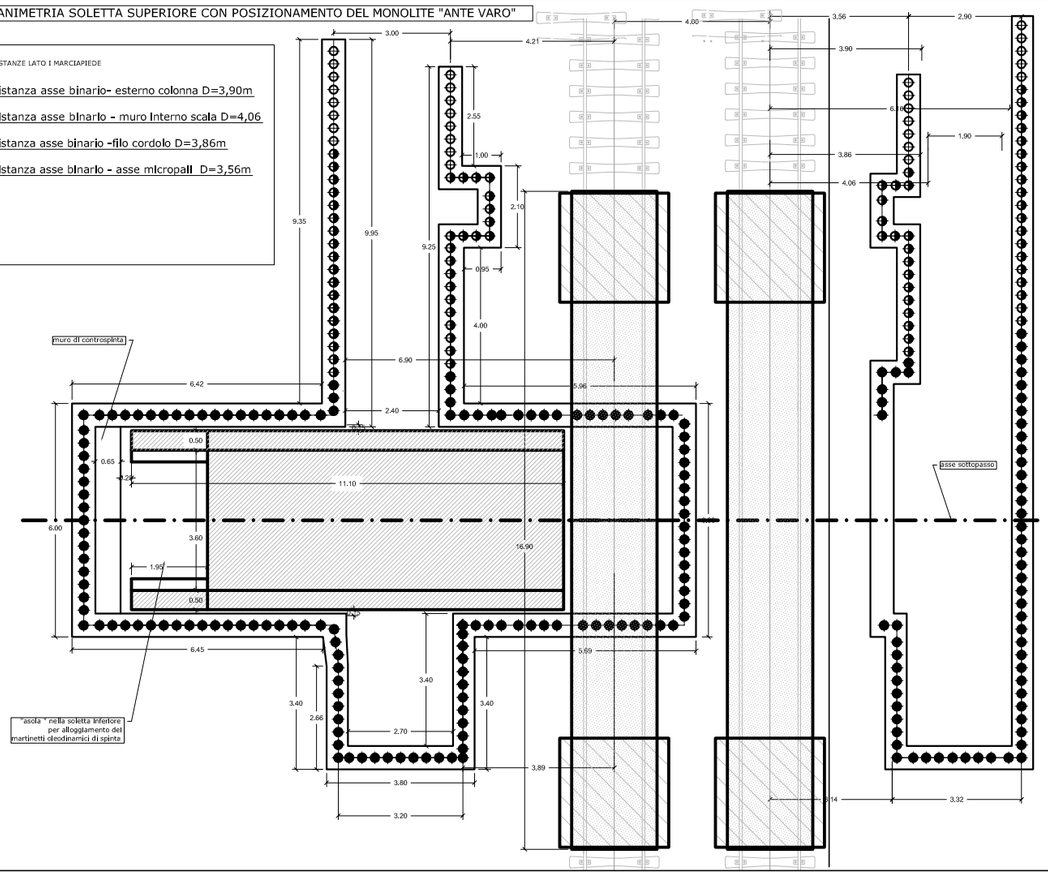
DISTANZE LATO I MARCIAPIEDE

Distanza asse binario- esterno colonna D=3,90m

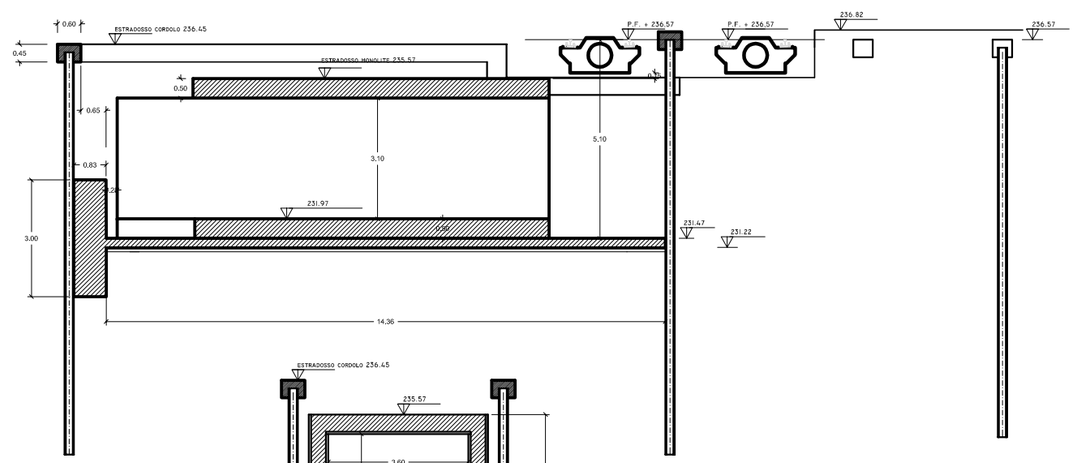
Distanza asse binario - muro interno scala D=4,06

Distanza asse binario -filo cordolo D=3,86m

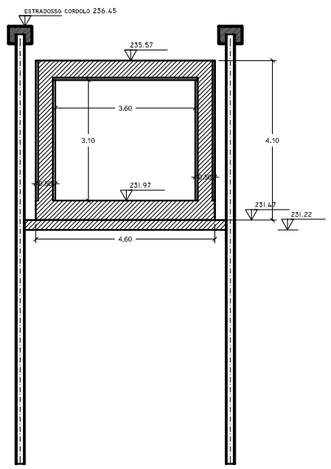
Distanza asse binario - asse micropali D=3,56m



SEZIONE LONGITUDINALE ANTE VARO



SEZIONE TRASVERSALE



PLANIMETRIA CON MONOLITE IN POSIZIONE FINALE DOPO I FASE DI SPINTA

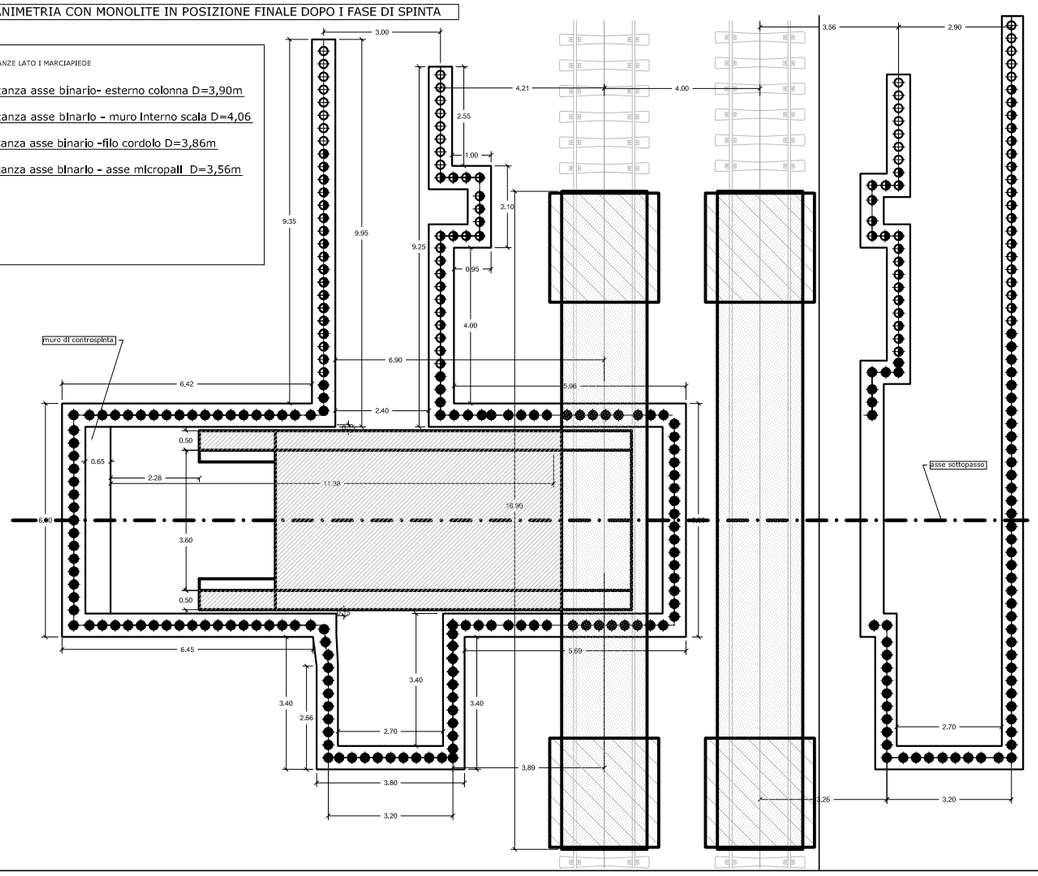
DISTANZE LATO I MARCIAPIEDE

Distanza asse binario- esterno colonna D=3,90m

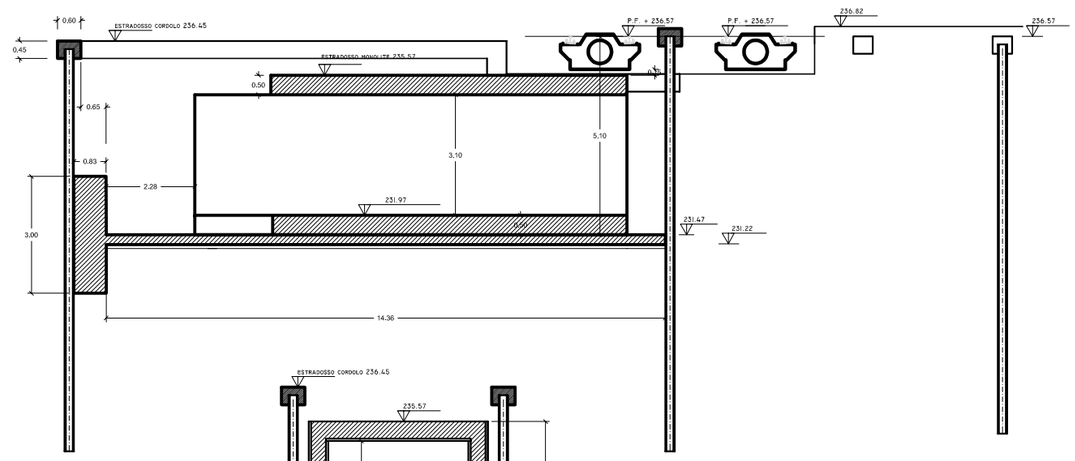
Distanza asse binario - muro interno scala D=4,06

Distanza asse binario -filo cordolo D=3,86m

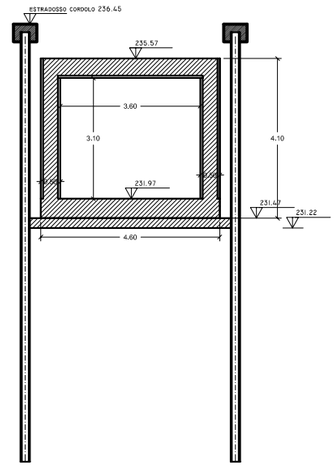
Distanza asse binario - asse micropali D=3,56m



SEZIONE LONGITUDINALE POST I FASE DI SPINTA



SEZIONE TRASVERSALE



PLANIMETRIA I FASE DI SPINTA CON COMPLETAMENTO SOLETTA SUPERIORE

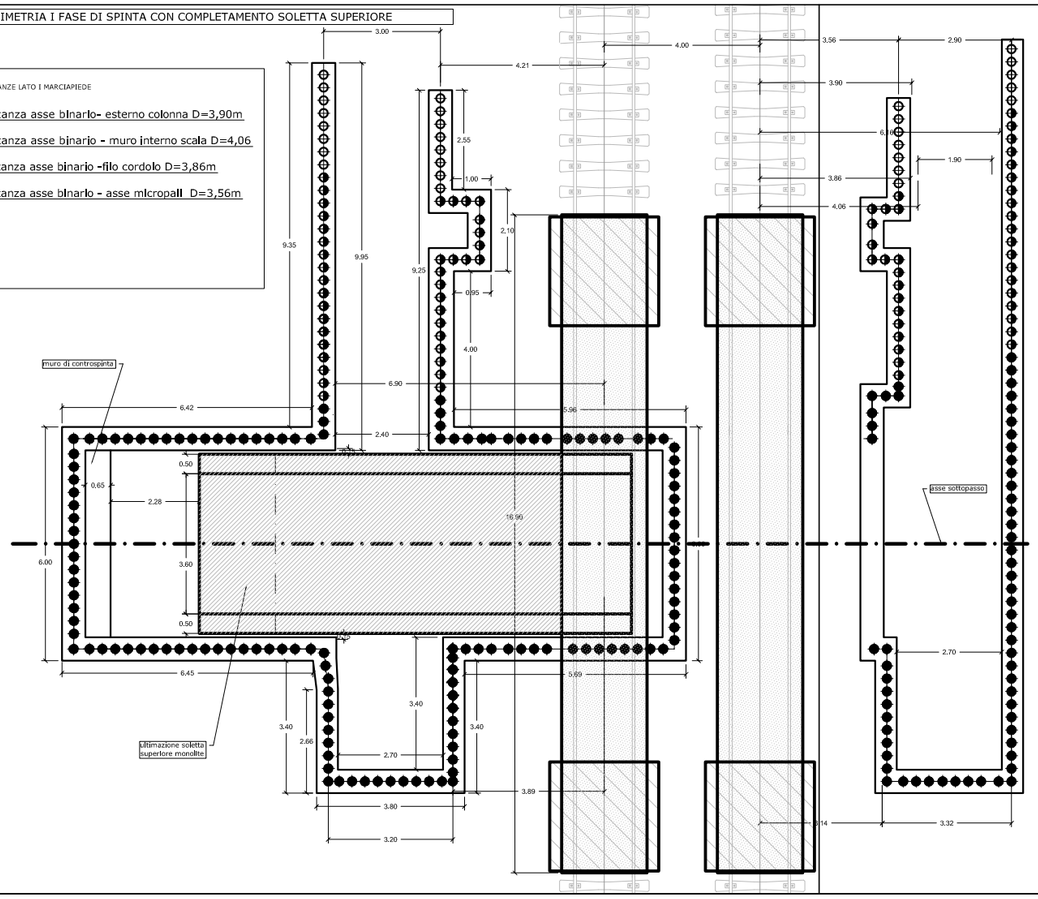
DISTANZE LATO I MARCIAPIEDE

Distanza asse binario- esterno colonna D=3,90m

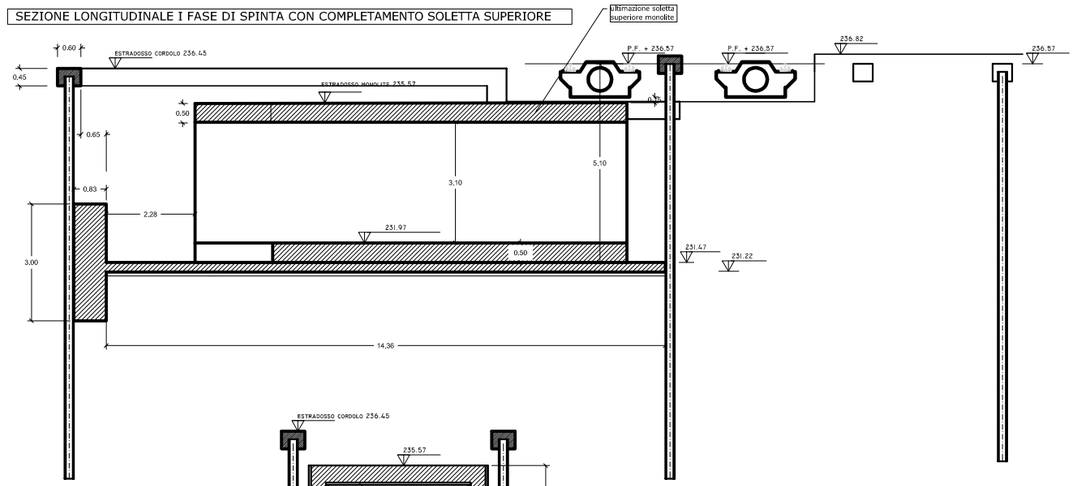
Distanza asse binario - muro interno scala D=4,06

Distanza asse binario -filo cordolo D=3,86m

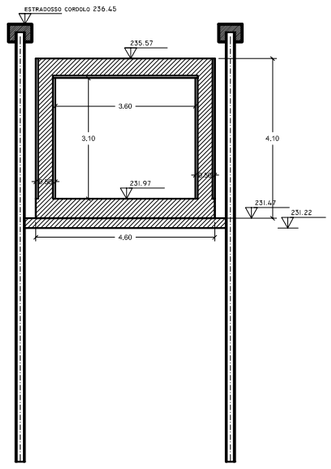
Distanza asse binario - asse micropali D=3,56m



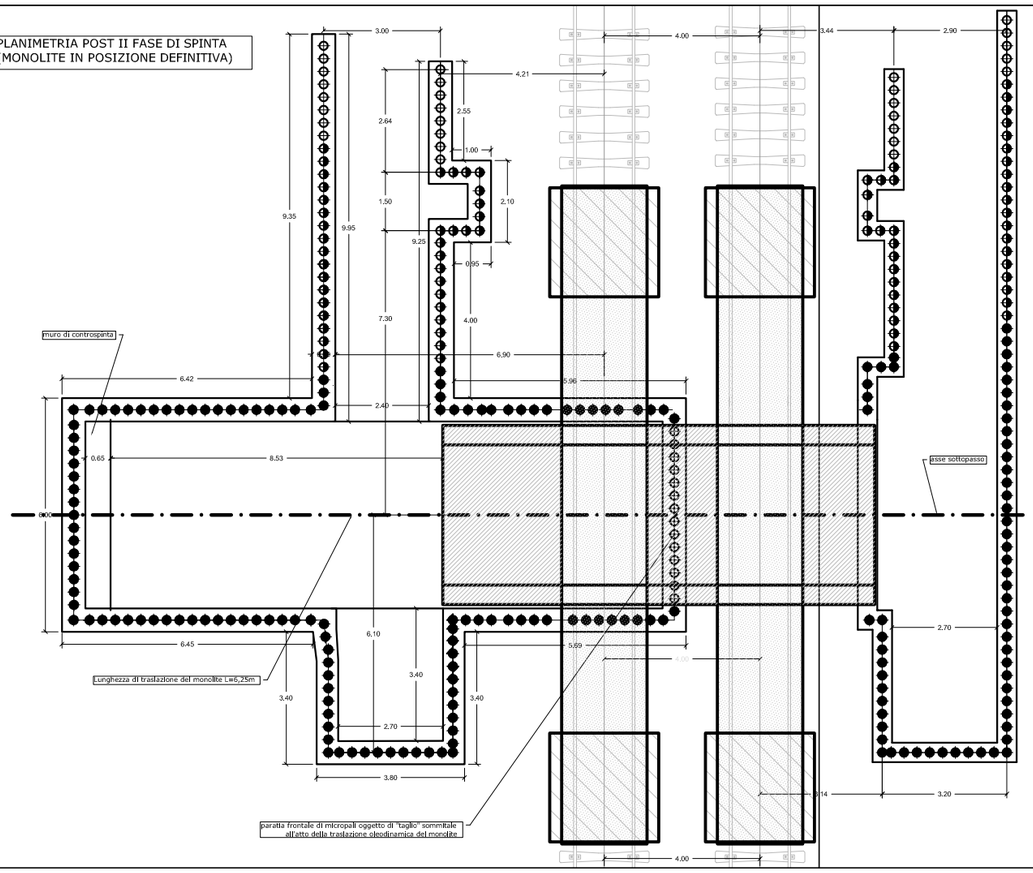
SEZIONE LONGITUDINALE I FASE DI SPINTA CON COMPLETAMENTO SOLETTA SUPERIORE



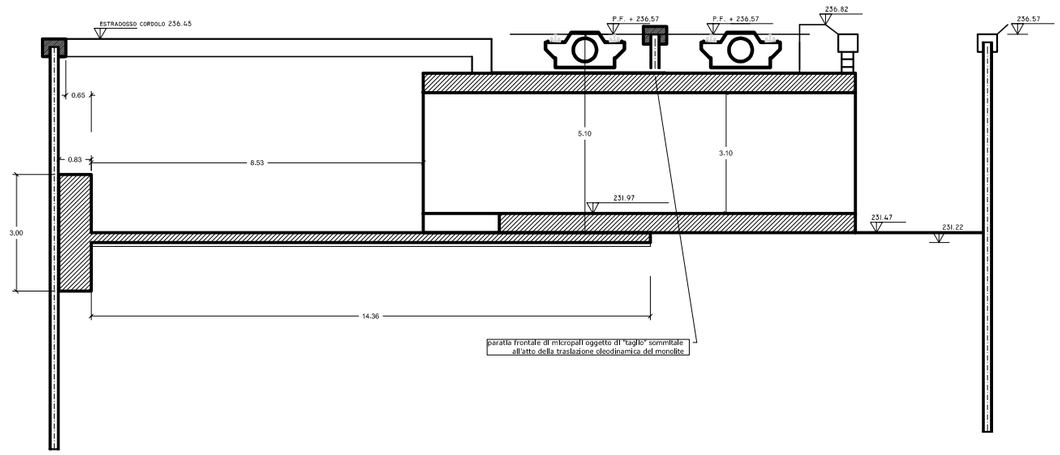
SEZIONE TRASVERSALE



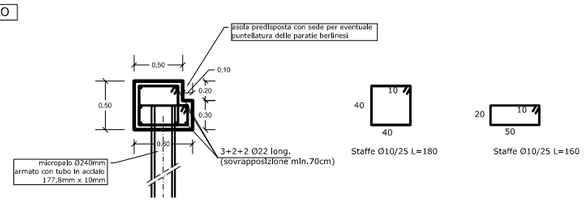
PLANIMETRIA POST II FASE DI SPINTA
(MONOLITE IN POSIZIONE DEFINITIVA)



SEZIONE LONGITUDINALE POST II FASE DI SPINTA



PARTICOLARE CORDOLO



Caratteristiche geometriche

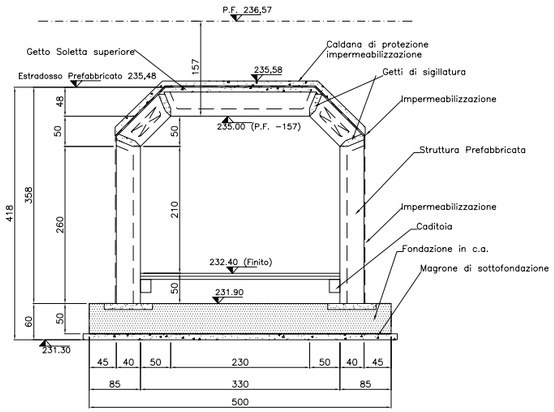
Soluzione di progetto

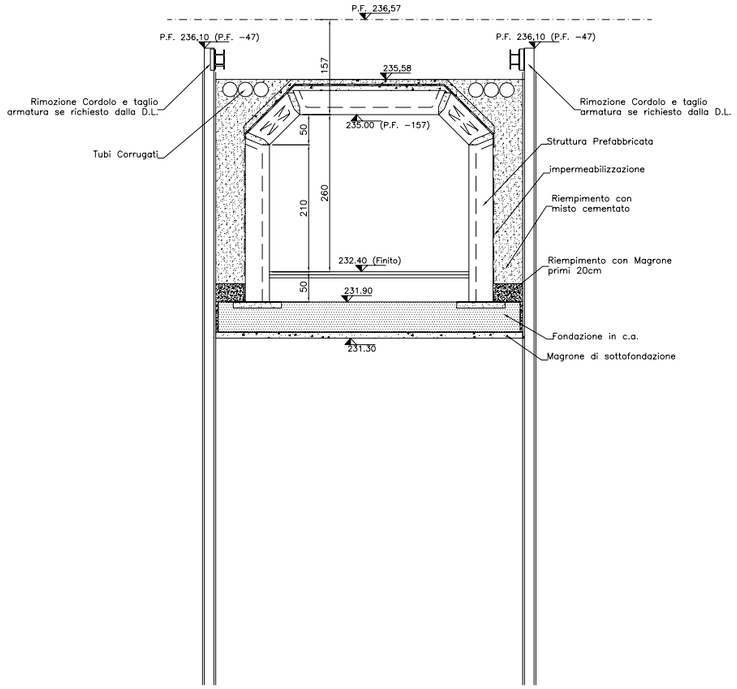
Nello specifico il sottopasso di Rovello era stato pensato composto da 10 elementi prefabbricati da 1,25 m, per una lunghezza totale di 12,50 m.

Trasversalmente doveva presentare una larghezza di 3,30 m alla base e di 2,30 m in sommità, e un'altezza pari a 3,10 m nella parte centrale e pari a 2,60 m in corrispondenza delle pareti laterali.

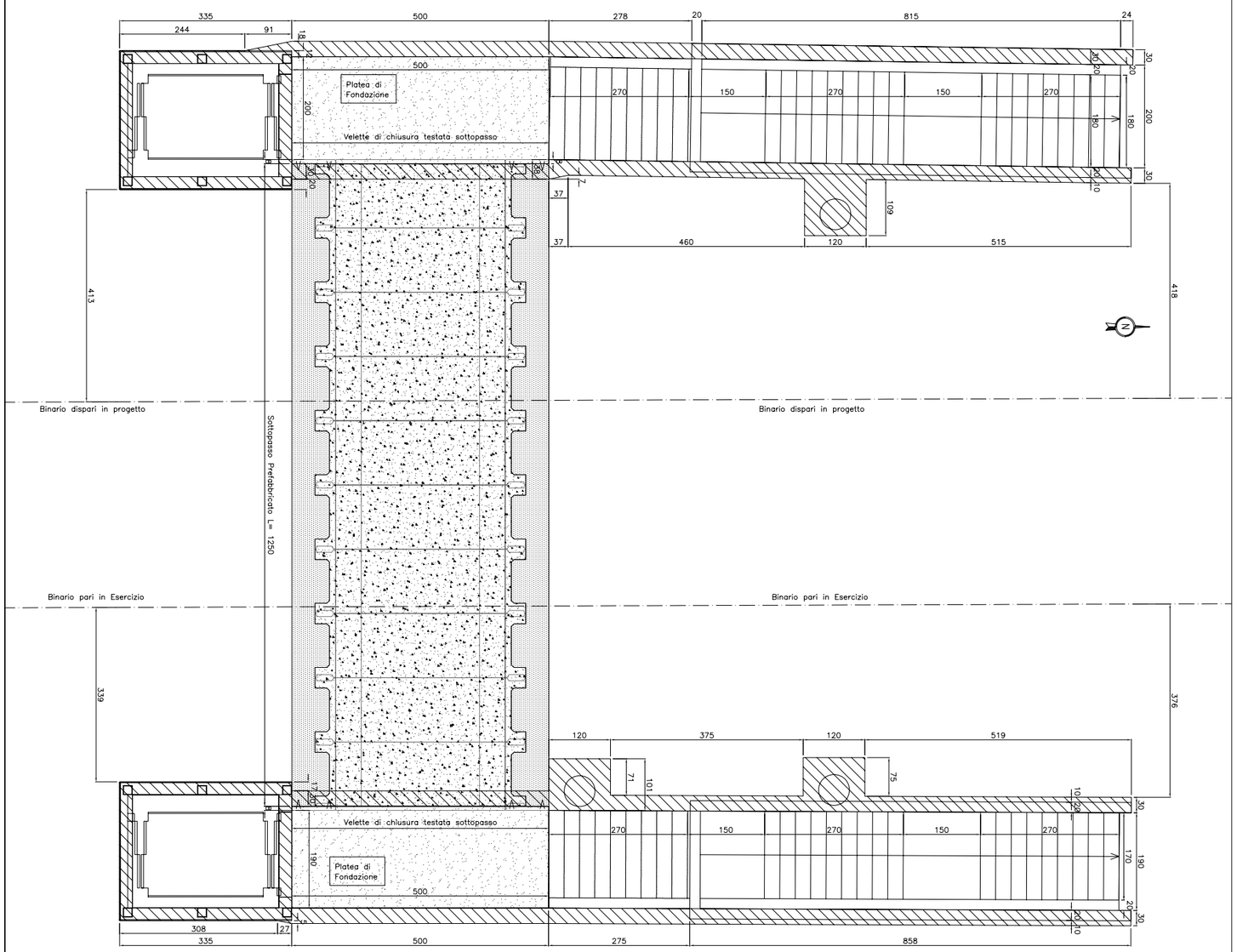
Tolti i 50 cm di riempimento necessari per la posa di condotti e tubazioni per gli impianti, la luce effettiva nella parte centrale del manufatto, calcolata dal piano finito, doveva essere quindi pari a 2,60 m.

SEZIONE TRASVERSALE
TIPICA





PIANTA CARPENTERIA



Soluzione di variante

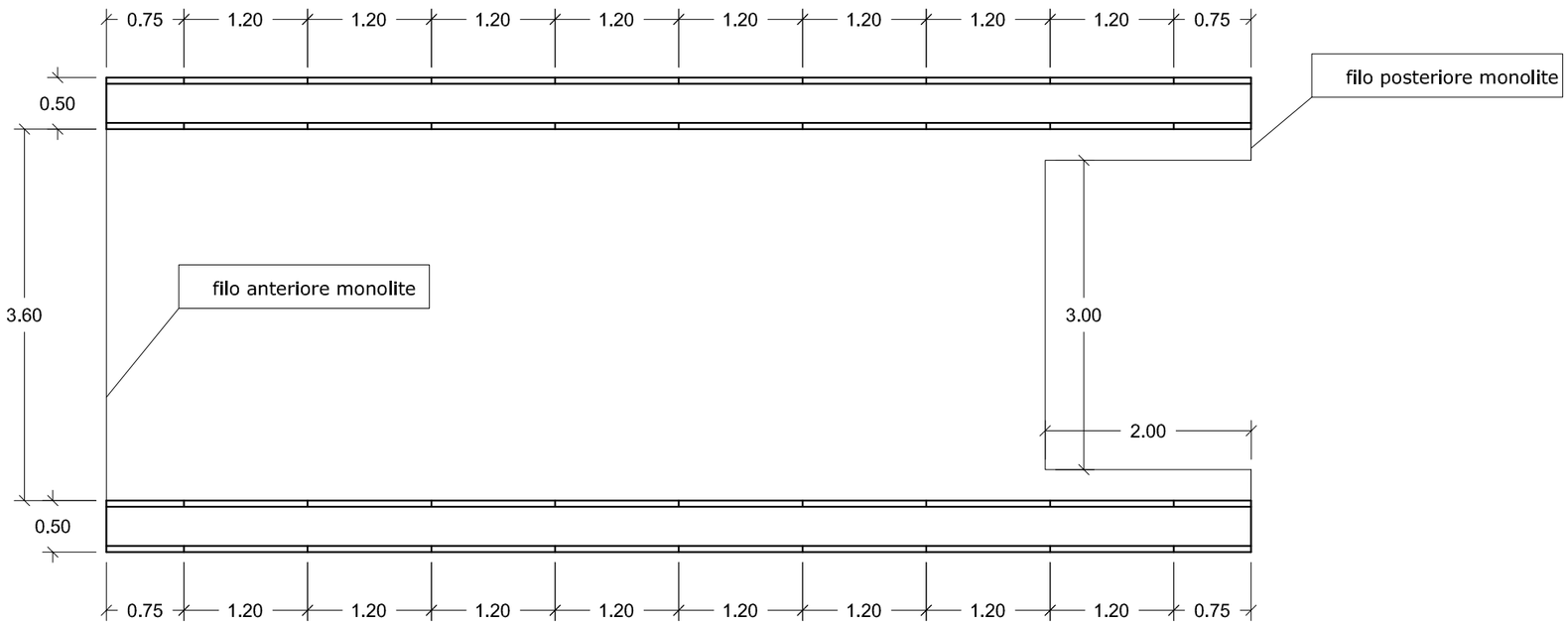
Il manufatto proposto dall'Impresa e di fatto realizzato presenta le seguenti caratteristiche.

I piedritti sono stati ottenuti mediante muri tipo "doppia lastra" di spessore 6 cm, per una larghezza complessiva pari a 50 cm. Per ognuno dei due muri laterali sono state impiegate 8 lastre doppie di modulo 1,20 m e 2 lastre doppie di modulo 0,75 m, per una lunghezza totale del manufatto pari a 11,10 m.

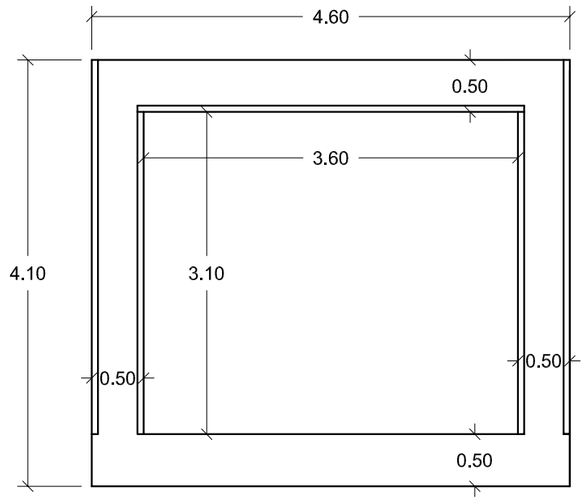
Per la costruzione della soletta superiore in calcestruzzo armato sono state invece utilizzate lastre predalles dello spessore di 7 cm, anch'esse con modulo pari a 1,20 m e 0,75 m, ed un'armatura addizionale di ripartizione e irrigidimento in un getto integrativo di calcestruzzo, ad avere uno spessore totale di 50 cm.

La sezione trasversale risulta quindi rettangolare, con larghezza netta pari 3,60 m e altezza pari a 3,10 m. La quota del piano finito è poi 50 cm più alta dell'estradosso della soletta inferiore, in modo da consentire l'alloggiamento di tubazioni e condotti per gli impianti.

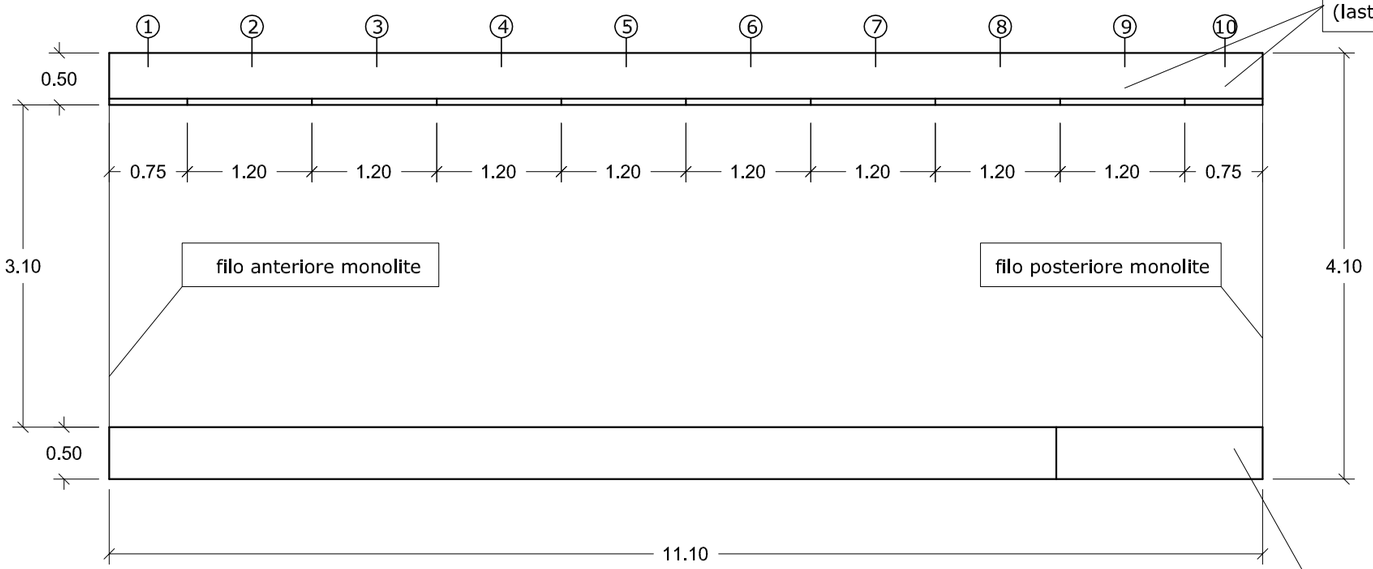
SEZIONE ORIZZONTALE



SEZIONE TRASVERSALE



SEZIONE LONGITUDINALE



n.2 lastre predalles da porre in opera dopo la I fase di spinta (lastra n.9 e lastra n.10)

altezza interna lastre doppie
H1=310.00cm

altezza esterna lastre doppie
H2=360.00cm

lunghezza lastre predalles
L=368.00cm

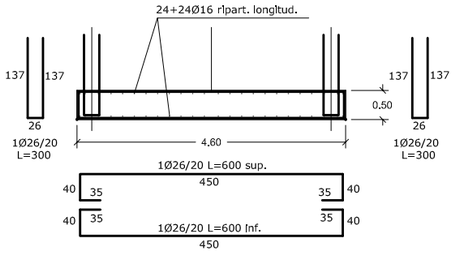
n. 16 lastre doppie modulo B1=120.00cm
n. 8 lastre predalles modulo B1=120.00cm
n. 4 lastre doppie modulo B2=75.00cm
n. 2 lastre predalles modulo B2=75.00cm

asola per alloggiamento materiali per il varo oleodinamico

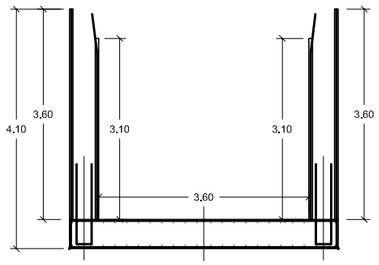
VALIDO PER LE LASTRE 1-2-3-4-5-6-7-8 (riferimento Tav.208)

MATERIALI
calcestruzzo strutture (esclusa soletta superiore) classe C28/35 (ex R'ck=350,00 kg/cmq)
calcestruzzo struttura della soletta superiore del monolite classe C32/40 (ex R'ck=400,00 kg/cm)
acciaio tipo B 450 C (ex FeB44K contr. in stabil.)

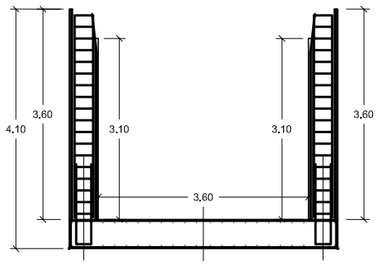
I FASE - Realizzazione soletta inferiore del monolite

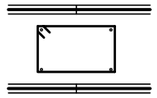


II FASE - Installazione Lastre Doppie per Pareti Monolite

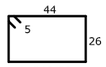


III FASE - Installazione Armature Addizionali per Giunto Verticale

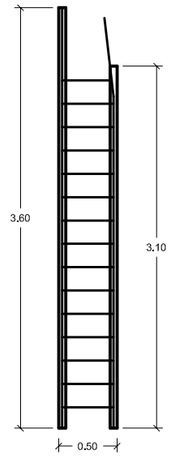




n.b.: armatura in corrispondenza dei giunti costituita da 4Ø26 e staffe Ø10/20

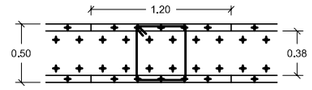


Particolari Costruttivi Elementi Prefabbricati in Officina



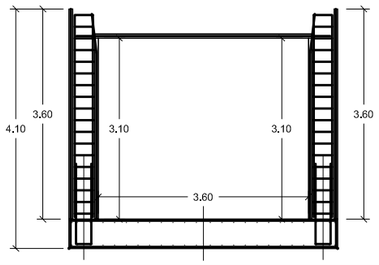
st. Ø10/20
L=190

N.B.: Armatura elementi "doppia lastra" costituita da 5+5Ø24 verticali , da staffe Ø10/20 e da una rete elettrosaldata Ø5/15x15 all' interno di ogni lastra

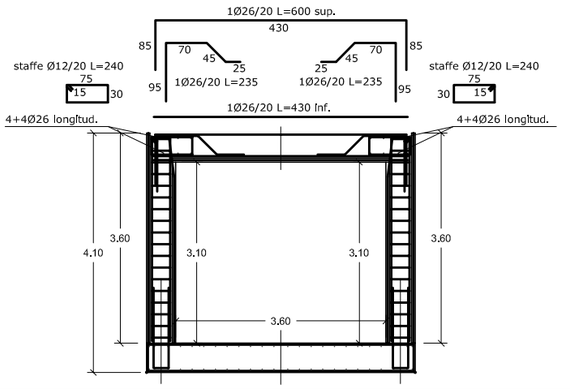


armatura lastre predalles costituita da 6Ø24 longitudinali
e rete elettro-saldata Ø5/10x10 (Ø8/20x20) nello spessore di ogni modulo

IV FASE - Installazione Predalles per Soletta Superiore

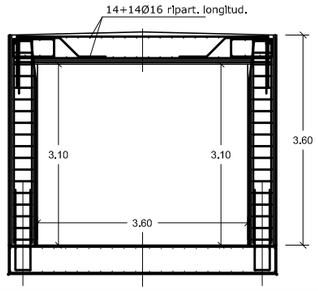


V FASE - Fornitura in Opera Armatura Addizionale Principale per Soletta Superiore



VI FASE - Fornitura in Opera Armatura Addizionale di Ripartizione per Soletta Superiore

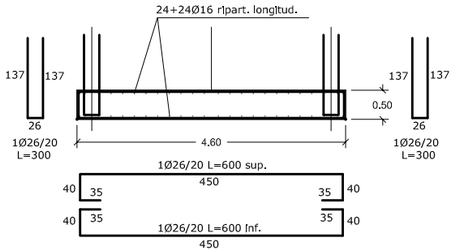
VII FASE - Getto di Calcestruzzo per Pareti e Soletta Superiore del Monolite



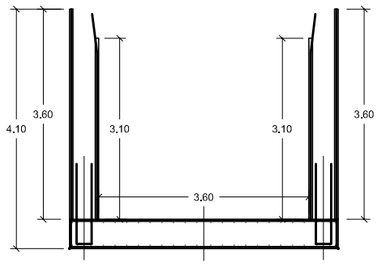
VALIDO PER LE LASTRE 9-10 (riferimento Tav.208)

MATERIALI
calcestruzzo strutture (esclusa soletta superiore) classe C28/35 (ex R'ck=350,00 kg/cmq)
calcestruzzo struttura della soletta superiore del monolite classe C32/40 (ex R'ck=400,00 kg/cm)
acciaio tipo B 450 C (ex FeB44K contr. in stabil.)

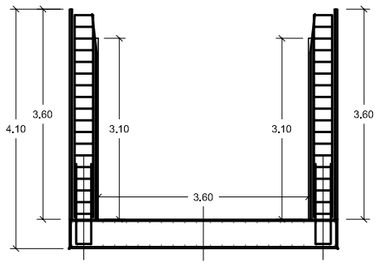
I FASE - Realizzazione soletta inferiore del monolite

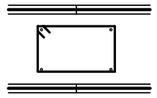


II FASE - Installazione Lastre Doppie per Pareti Monolite

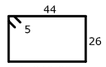


III FASE - Installazione Armature Addizionali per Giunto Verticale
e successivo getto di calcestruzzo nei piedritti

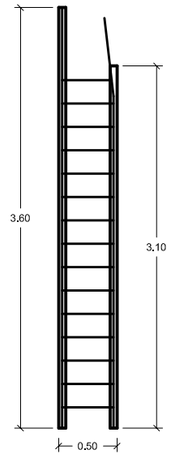




n.b.: armatura in corrispondenza dei giunti costituita da 4Ø26 e staffe Ø10/20

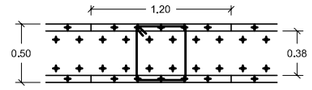


Particolari Costruttivi Elementi Prefabbricati in Officina



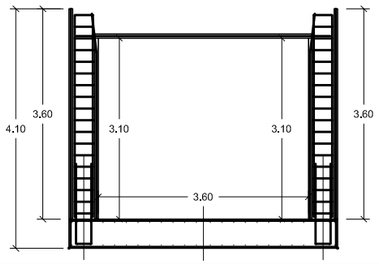
st. Ø10/20
L=190

N.B.: Armatura elementi "doppia lastra" costituita da 5+5Ø24 verticali , da staffe Ø10/20 e da una rete elettrosaldata Ø5/15x15 all' interno di ogni lastra

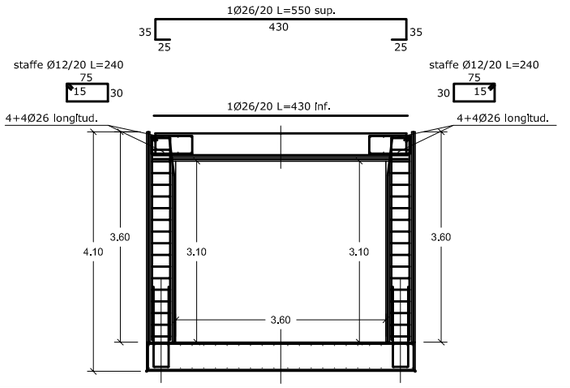


armatura lastre predalles costituita da 6Ø24 longitudinali
e rete elettro-saldata Ø5/10x10 (Ø8/20x20) nello spessore di ogni modulo

IV FASE - Installazione Predalles per Soletta Superiore

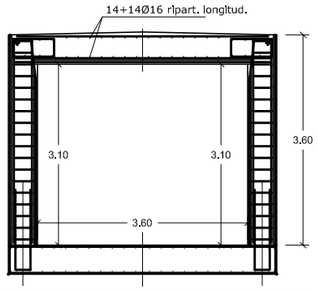


V FASE - Fornitura in Opera Armatura Addizionale Principale per Soletta Superiore



VI FASE - Fornitura in Opera Armatura Addizionale di Ripartizione per Soletta Superiore

VII FASE - Getto di Calcestruzzo per Pareti e Soletta Superiore del Monolite



Confronto economico

Vengono ora riportati i computi metrici estimativi relativi alla realizzazione del sottopasso nelle soluzioni di progetto e di variante.

Tali computi comprendono: le opere civili, i movimenti terra, la preventiva demolizione dei binari (solo per la soluzione di progetto), il sostegno dei binari (solo per la soluzione di variante), l'infissione del monolito (solo per la soluzione di variante), i lavori di armamento per il ripristino dei binari.

Restano escluse tutte le opere relative alla raccolta acque e all'impiantistica.

La stima è stata redatta con riferimento alle tariffe di seguito riportate:

- Tariffe Regione Lombardia - OOPP anno 2009
- Tariffe Ferrovie Nord Milano - anno 2009
- Tariffe RFI - anno 2010

Il computo della soluzione di variante è stato eseguito utilizzando, per quanto possibile, voci di prezzo presenti nella soluzione di progetto. Quando queste non erano sufficienti si è fatto riferimento a voci presenti nelle tariffe sopra elencate.

Soluzione di progetto

SOTTOPASSO PREFABBRICATO							
N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
1	AM.RO.I.201.A	**Taglio con sega, fornita dall'Appaltatore, eseguito su rotaie in opera**					
		2tagli x 4rotaie = 8tagli	n	8.00			
		totale	n		8.00		
		Sommano	n		**8.00**	€ 12.76	**€ 102.08**
2	AM.BN.C.501.A	**Demolizione di binario corrente con rotaie modello pesante**					
		2binari x 12m = 24m	m	24.00			
		totale	m		24.00		
		Sommano	m		**24.00**	€ 6.39	**€ 153.36**
3	E15002	**Scavo a sezione obbligata, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggotto di eventuali acque, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 m: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili)**					
		Sottopasso 5m x 5,3m x (2+12,5+2)m = 437,25mc	mc	437.25			
		totale	mc		437.25		
		Sommano	mc		**437.25**	€ 5.11	**€ 2'234.35**
4	E15003	**Sovrapprezzo allo scavo a sezione obbligata per ogni metro o frazione di metro di maggiore profondità oltre 2m**					
		Profondità scavo=5,30 m	mc	272.25			
		totale	mc		272.25		
		Sommano	mc		**272.25**	€ 0.51	**€ 138.85**
5	A15009.a	**Trasporto a rifiuto o ad idoneo impianto di recupero di materiale proveniente da lavori di movimento terra effettuata con autocarri, con portata superiore a 50 q, compreso lo spandimento e livellamento del materiale ed esclusi gli eventuali oneri di discarica autorizzata. Valutato a m³ di volume effettivo di scavo per ogni km percorso sulla distanza tra cantiere e discarica. Per trasporti fino a 10 km**					
		Volume di scavo totale x 10km	mc/km	4'372.50			
		totale	mc/km		4'372.50		
		Sommano	mc/km		**4'372.50**	€ 0.71	**€ 3'104.48**
6	D15116.a	**Oneri di discarica, al netto del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi, istituito con legge 28/12/1995 n° 549, art. 3, commi 24 e 28. Detto tributo, del quale vedi gli estremi alla successiva lettera b), andrà aggiunto agli oneri di discarica di cui al punto a). Si precisa che il tributo di cui alla lettera b) non si applica qualora i materiali di risulta o i rifiuti vengano conferiti in impianti di trattamento con recupero degli stessi**					
		Volume di scavo totale	mc	437.25			
		totale	mc		437.25		
		Sommano	mc		**437.25**	€ 6.63	**€ 2'898.97**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
7	D15116.b	**Oneri di discarica, al netto del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi, istituito con legge 28/12/1995 n° 549, art. 3, commi 24 e 28. Detto tributo, del quale vedi gli estremi alla successiva lettera b), andrà aggiunto agli oneri di discarica di cui al punto a). Si precisa che il tributo di cui alla lettera b) non si applica qualora i materiali di risulta o i rifiuti vengano conferiti in impianti di trattamento con recupero degli stessi: a inerti (calcolati in base al volume effettivo di scavo e demolizione) Tributo speciale (Legge Regione Lombardia del 14/07/'03, n. 10 d'applicazione della Legge 549/1995)**					
		Volume di scavo totale. 1,9t/mc	t	830.78			
		totale	t		830.78		
		Sommano	t		**830.78**	€ 1.03	**€ 855.70**
8	A35011.c	**Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste,compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di fondazione: classe di resistenza a compressione C 32/40 (Rck 40 N/mmq)**					
		Fondazione 5m x 13m x 0,5m = 32,5 mc	mc	32.50			
		totale	mc		32.50		
		Sommano	mc		**32.50**	€ 158.61	**€ 5'154.83**
9	A35013	**Sovrapprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XC1 con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi complementari alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse**					
		passaggio da XC1 a XF2 aerante con A/C <0,50 Fondazione 5m x 13m x 0,5m = 32,5 mc	mc	32.50			
		totale	mc		32.50		
		Sommano	mc		**32.50**	€ 9.97	**€ 324.03**
10	A35023.e	**Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavorato e pretagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc.; nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge; del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP: diametro 14 ÷ 30 mm**					
		Armatura fondazione. 130kg/mc x 32,5mc = 4225 kg	kg	4'225.00			
		totale	kg		4'225.00		
		Sommano	kg		**4'225.00**	€ 1.16	**€ 4'901.00**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
11	E15010b	**Rinterro compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto: con materiale arido tipo A1, A2-4, A2-5, A3 proveniente da cave o da idoneo impianto di recupero rifiuti-inerti**					
		Riempimento struttura prefabbricata. Ai lati: 2 x 0,5m x 3,6m x 13m. Sopra: 0,5m x 5m x 13m. Totale = 79,3mc	mc	79.30			
		totale	mc		79.30		
		Sommano	mc		**79.30**	€ 21.83	**€ 1'731.12**
12	BA.MT.A.3 27.A	**Strati alternati di misto cementato e di misto naturale, formati nel corpo del rilevato, alla quota indicata dalle Ferrovie, a tergo delle spalle di ponti e viadotti, con le modalità previste nell'avvertenza di cui alla presente voce, costituiti rispettivamente da misto calcareo di frantoio cementato e da terre granulari fortemente compattate. Strati alternati di misto cementato e naturale, a tergo di spalle e viadotti; da pagarsi per ogni coppia di strati al metro quadrato**					
		Strati alternati di misto cementato e misto naturale. 12m x 13m = 156mq	mq	156.00			
		totale	mq		156.00		
		Sommano	mq		**156.00**	€ 7.13	**€ 1'112.28**
13	NP.E04.a.001	**Fornitura e Posa Ponticelli e sottopassi prefabbricati, struttura a due cerniere monopezzo HxL 3.10x3.30. I prezzi comprendono e compensano: • l'impiego della struttura per una vita nominale dell'opera di 100 anni in condizioni di esposizione ambientale della facciata e delle parti a contatto con il terreno (XF2 per la facciata e classe di esposizione XC2 per le parti a contatto con il terreno) o vita nominale di 50 anni in condizioni di esposizione aggressiva della facciata (classi di esposizione XF2, XS1, XD1) • la fornitura e posa in opera degli elementi prefabbricati; • la fornitura e posa in opera di tutte le armature da inserire nei giunti e nelle articolazioni; • la sigillatura dei giunti tra gli elementi prefabbricati e delle articolazioni tra le varie parti di ciascun elemento; • l'eventuale costruzione della soletta di completamento**					
		Sottopasso prefabbricato Lunghezza 12,5m	m	12.50			
		totale	m		12.50		
		Sommano	m		**12.50**	€ 8'229.77	**€ 102'872.11**
14	NP.E04.a.002	**Fornitura e Posa in opera veletta per frontespizio Ponticelli e sottopassi prefabbricati**					
		Veletta sottopasso prefabbricato. 2 x 10mq = 20mq	mq	20.00			
		totale	mq		20.00		
		Sommano	mq		**20.00**	€ 295.69	**€ 5'913.80**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
15	A95002	**Piano di posa di manti impermeabili preparato con una mano di primer bituminoso a solvente**					
		Copertura monolito 5m x 13m = 65mq	mq	65.00			
		totale	mq		65.00		
		Sommano	mq		**65.00**	€ 1.30	**€ 84.50**
16	A95004.b	**Manto impermeabile prefabbricato costituito da membrana bitume-polimero elastomerica, flessibilità a freddo -25 °C, applicata a fiamma su massetto di sottofondo, escluso, di superfici orizzontali o inclinate, escluso previo trattamento con idoneo primer bituminoso, con sovrapposizione dei sormonti di 8 ÷ 10 cm in senso longitudinale e di almeno 15 cm alle testate dei teli armata in filo continuo di poliestere non tessuto spessore 4 mm**					
		Copertura monolito 5m x 13m = 65mq	mq	65.00			
		totale	mq		65.00		
		Sommano	mq		**65.00**	€ 14.96	**€ 972.40**
17	A35012.a	**Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura**					
		Cappa in cls di protezione soletta 10cm x 65mq = 6,5mc	mc	6.50			
		totale	mc		6.50		
		Sommano	mc		**6.50**	€ 143.88	**€ 935.22**
18	A35024.c	**Rete elettrosaldata in acciaio qualità B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP, a maglia quadra di qualsiasi dimensione per armature di conglomerato cementizio prelavorata e pretagliata a misura, posta in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc.: diametro 8 mm**					
		Rete della cappa di protezione soletta 5kg/mq x 65mq = 325kg	kg	325.00			
		totale	kg		325.00		
		Sommano	kg		**325.00**	€ 1.16	**€ 377.00**
19	AM.BN.A.202.B	**Costruzione di binario con massicciata tipo B traverse in CAP interasse 66,6 cm da costituire in lunga barra saldata**					
		2binari x 12m = 24m	m	24.00			
		totale	m		24.00		
		Sommano	m		**24.00**	€ 26.69	**€ 640.56**
20	FN.AR.PT.002	**Pietrisco di 1° categoria (tenace mm 30/60)**					
		13m x 5m x 1,2m + 12mc = 90mc	mc	90.00			
		totale	mc		90.00		
			mc		**90.00**	€ 27.46	**€ 2'471.40**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
21	AM.ML.L.201.B	**Carico su carri di cui l'Appaltatore abbia piena disponibilità , di pietrisco, pietrischetto, detrito da cava o sabbia, depositato a cura e spese delle Ferrovie su aree site nell'ambito delle stazioni limitrofe alle singole tratte di lavoro**					
		Volume totale pietrisco	mc	90.00			
		totale	mc		90.00		
		Sommano	mc		**90.00**	€ 2.66	**€ 239.40**
22	AM.TM.A.201.A	**Compenso per impiego di mezzi di trazione dell'appaltatore per trasporti effettuati sia dalle stazioni limitrofe al cantiere di lavoro, sia dal cantiere di lavoro alle stazioni limitrofe e sia nell'ambito delle stazioni comprendenti il cantiere di lavoro**					
		Volume totale pietrisco	mc	90.00			
		totale	mc		90.00		
		Sommano	mc		**90.00**	€ 1.60	**€ 144.00**
23	AM.TM.D.201.A	**Trasporto di pietrisco con mezzi stradali per distanze fino a 20 Km**					
		Volume totale pietrisco	mc	90.00			
		totale	mc		90.00		
		Sommano	mc		**90.00**	€ 1.92	**€ 172.80**
24	AM.SL.A.2101.B	**Saldatura di rotaie con procedimento alluminotermico con sistema PRA completamente finita**					
		2saldature x 4rotaie = 8tagli	n	8.00			
		totale	n		8.00		
		Sommano	n		**8.00**	€ 143.62	**€ 1'148.96**
25	AM.LL.B.2101.A	**Livellamento sistematico del binario**					
		2binari x 12m = 24m	m	24.00			
		totale	m		24.00		
		Sommano	m		**24.00**	€ 1.64	**€ 39.36**
TOTALE NETTO SOTTOPASSO PREFABBRICATO						**€**	**138'722.53**

Soluzione di variante

SOTTOPASSO A SPINTA							
N° PROG.	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
1	A35012.c	**Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere in elevazione: classe di resistenza a compressione C 32/40 (Rck 40 N/mmq)**					
		Soletta inferiore. 11,1m x 4,6m x 0,5m = 25,53mc	mc	25.53			
		Soletta superiore. 11,m x 4,6m x 0,43m = 21,96mc	mc	21.96			
		Muri laterali. 2 x 11,1m x 3,1m x 0,38m = 26,15mc	mc	26.15			
		totale	mc		73.64		
		Sommano	mc		**73.64**	€ 156.64	**€ 11'534.97**
2	A35015.b	**Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione. Pannelli di legno**					
		Soletta inferiore. 2 x (11,1m x 0,5m) + 2 x (4,6m x 0,5m) = 15,7mq	mq	15.70			
		Soletta superiore. 2 x (4,6m x 0,5m) = 4,6mq	mq	4.60			
			mq		20.30		
		Sommano	mq		**20.30**	€ 26.65	**€ 541.00**
3	A35023.e	**Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavorato e pretagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc.; nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge; del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP: diametro 14 ÷ 30 mm**					
		Soletta inferiore	Kg	6'422.00			
		Soletta superiore	Kg	4'998.00			
		Muri laterali	Kg	4'255.00			
		totale	Kg		15'675.00		
		Sommano	Kg		**15'675.00**	€ 1.16	**€ 18'183.00**

N° PROG.	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
4	FN.OC.MP.006	**Elementi in c.a. prefabbricato per strutture verticali composto da due lastre in cls vibrato (spessore 5 cm) collegate tra loro mediante tralicci elettrosaldati incorporati nel getto e ripartiti diam. 5-8/20 ancorati ai tralicci**					
		16 lastre doppie lunghezza 1,20m, altezza 3,60m	mq	69.12			
		4 lastre doppie lunghezza 0,75m, altezza 3,60m	mq	10.80			
		totale	mq		79.92		
		Sommano	mq		**79.92**	€ 30.99	**€ 2'476.72**
5	FN.OC.MP.015	**Predalles autoportanti posate su appoggi con luci fino a 4,00 m spessore 6-8 cm Fornitura e posa di predalles (lastre prefabbricate in c.a.) autoportanti a formazione di intradosso delle solette in c.a. per impalcati comunque realizzati, con luce massima tra gli appoggi di m. 4,00. Compreso armatura metallica e tralicci di irrigidimento sufficienti a garantire l'autoportanza in fase di getto della soletta superiore (questa non compresa), il trasporto, il sollevamento, la posa, l'eventuale sigillatura, lo sfrido ed ogni altro onere necessario, compreso inoltre le asole di ancoraggio alla struttura sottostante**					
		8 predalles lunghezza 1,20m, larghezza 3,70m	mq	35.52			
		2 predalles lunghezza 0,75m, larghezza 3,70m	mq	5.55			
		totale	mq		41.07		
		Sommano	mq		**41.07**	€ 33.14	**€ 1'361.06**
6	A95004.b	**Manto impermeabile prefabbricato costituito da membrana bitume-polimero elastomerica, flessibilità a freddo -25 °C, applicata a fiamma su massetto di sottofondo, escluso, di superfici orizzontali o inclinate, escluso previo trattamento con idoneo primer bituminoso, con sovrapposizione dei sormonti di 8 ÷ 10 cm in senso longitudinale e di almeno 15 cm alle testate dei teli. Armata in filo continuo di poliestere non tessuto spessore 4 mm**					
		Copertura sottopasso con doppio strato. 2 x (5m x 11,1m) = 111mq	mq	111.00			
		totale	mq		111.00		
		Sommano	mq		**111.00**	€ 14.96	**€ 1'660.56**
7	BA.OP.A.317.A	**Strato protettivo in conglomerato cementizio della classe di resistenza caratteristica 250**					
		Protezione impermeabilizzazione di copertura. 4,6m x 11,1m = 51mq	mq	51.00			
		totale	mq		51.00		
		Sommano	mq		**51.00**	€ 5.45	**€ 305.75**
8	PM.OV.B.2100.A	**Posa in opera, con Gru dell'appaltatore, di travata provvisoria Ponte Bologna da 17 metri**					
			n	1.00			
		totale	n		1.00		
		Sommano	n		**1.00**	€ 20'900.00	**€ 20'900.00**

N° PROG.	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
9	PM.OV.B.2100.B	**Posa in opera, con Gru dell'appaltatore, di travate provvisorie Ponte Bologna da 17 metri successive alla prima nell'ambito dello stesso cantiere**					
			n	1.00			
			n		1.00		
		Sommano	n		**1.00**	€ 16'700.00	**€ 16'700.00**
10	PM.OV.B.5100.A	**Rimozione d'opera, con Gru dell'appaltatore, di travata provvisoria Ponte Bologna da 17 metri**					
			n	2.00			
		totale	n		2.00		
		Sommano	n		**2.00**	€ 21'100.00	**€ 42'200.00**
11	BA.OP.A.201.A	**Infissione e traslazione sotto la sede ferroviaria di manufatti, il cui volume di scavo teorico, da eseguire in presenza di spinta, non superi i 60 metri cubi. Il compenso è fisso ed invariabile. (la voce comprende e compensa anche: lo scavo del pozzo di lavoro, la realizzazione e successiva demolizione di platea di varo e muro reggispinta)**					
			n	1.00			
		totale	n		1.00		
		Sommano	n		**1.00**	€ 17'053.40	**€ 18'758.74**
12	BA.OP.A.201.B	**Sovrapprezzo per manufatti il cui volume di scavo teorico in presenza di spinta superi i 60 metri cubi; per ogni metro cubo in più di scavo teorico oltre i 60 metri cubi**					
		Volume totale manufatto = 209mc. Volume superiore ai 60mc = 209mc - 60mc = 149mc	mc	149.00			
		totale	mc		149.00		
		Sommano	mc		**149.00**	€ 85.27	**€ 13'975.75**
13	A15009.a	**Trasporto a rifiuto o ad idoneo impianto di recupero di materiale proveniente da lavori di movimento terra effettuata con autocarri, con portata superiore a 50 q, compreso lo spandimento e livellamento del materiale ed esclusi gli eventuali oneri di discarica autorizzata. Valutato a m³ di volume effettivo di scavo per ogni km percorso sulla distanza tra cantiere e discarica. Per trasporti fino a 10 km**					
		Volume di scavo per infissione monolito x 10km	mc/km	2'090.00			
		Volume macerie muro reggispinta x 10km	mc/km	122.00			
		totale	mc/km		2'212.00		
		Sommano	mc/km		**2'212.00**	€ 0.71	**€ 1'727.57**

N° PROG.	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
14	D15116.a	**Oneri di discarica, al netto del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi, istituito con legge 28/12/1995 n° 549, art. 3, commi 24 e 28. Detto tributo, del quale vedi gli estremi alla successiva lettera b), andrà aggiunto agli oneri di discarica di cui al punto a). Si precisa che il tributo di cui alla lettera b) non si applica qualora i materiali di risulta o i rifiuti vengano conferiti in impianti di trattamento con recupero degli stessi**					
		Volume di scavo per infissione monolito	mc	209.00			
		Volume macerie muro reggispinta. 4,9m x 0,83m x 3m = 12,2mc	mc	12.20			
		totale	mc		221.20		
		Sommano	mc		**221.20**	€ 6.63	**€ 1'613.21**
15	D15116.b	**Oneri di discarica, al netto del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi, istituito con legge 28/12/1995 n° 549, art. 3, commi 24 e 28. Detto tributo, del quale vedi gli estremi alla successiva lettera b), andrà aggiunto agli oneri di discarica di cui al punto a). Si precisa che il tributo di cui alla lettera b) non si applica qualora i materiali di risulta o i rifiuti vengano conferiti in impianti di trattamento con recupero degli stessi: a inerti (calcolati in base al volume effettivo di scavo e demolizione) Tributo speciale (Legge Regione Lombardia del 14/07/'03, n. 10 d'applicazione della Legge 549/1995)**					
		Volume di scavo per infissione monolito. 1,9 t/mc	t	397.10			
		Volume macerie muro reggispinta. 4,9m x 0,83m x 3m = 12,2mc. 2,1 t/mc	t	25.62			
		totale	t		422.72		
		Sommano	t		**422.72**	€ 1.03	**€ 478.94**
		TOTALE NETTO SOTTOPASSO A SPINTA				**€**	**152'417.27**

CAPITOLO 5

PARATIE DI MICROPALI. CONFRONTO TRA SOLUZIONE DI PROGETTO E SOLUZIONE DI VARIANTE

Al fine di minimizzare i movimenti di terra e garantire la sicurezza degli edifici esistenti, della sede ferroviaria e dei lavoratori, gli scavi per la realizzazione del sottopasso, delle scale di accesso e dell'ascensore sono stati presidiati con berlinesi di micropali.

La differente modalità di esecuzione del sottopassaggio tra la soluzione di progetto e quella di variante ha influito anche sulla configurazione di queste opere provvisionali.

L'Impresa esecutrice dei lavori ha pertanto studiato e presentato una idonea soluzione di variante anche per le berlinesi.

Configurazione e caratteristiche

Soluzione di progetto

Le paratie previste nel progetto originario prevedevano la realizzazione di micropali ϕ220 mm, armati con tubi in acciaio ϕ168,3 mm da 10 mm di spessore e disposti con passo pari a 33 cm. Erano in particolare previsti 28 pali lunghi 3 m, 76 pali lunghi 6 m, 74 pali lunghi 9 m e 116 pali lunghi 10 m, per un totale di 2366 m di micropali.

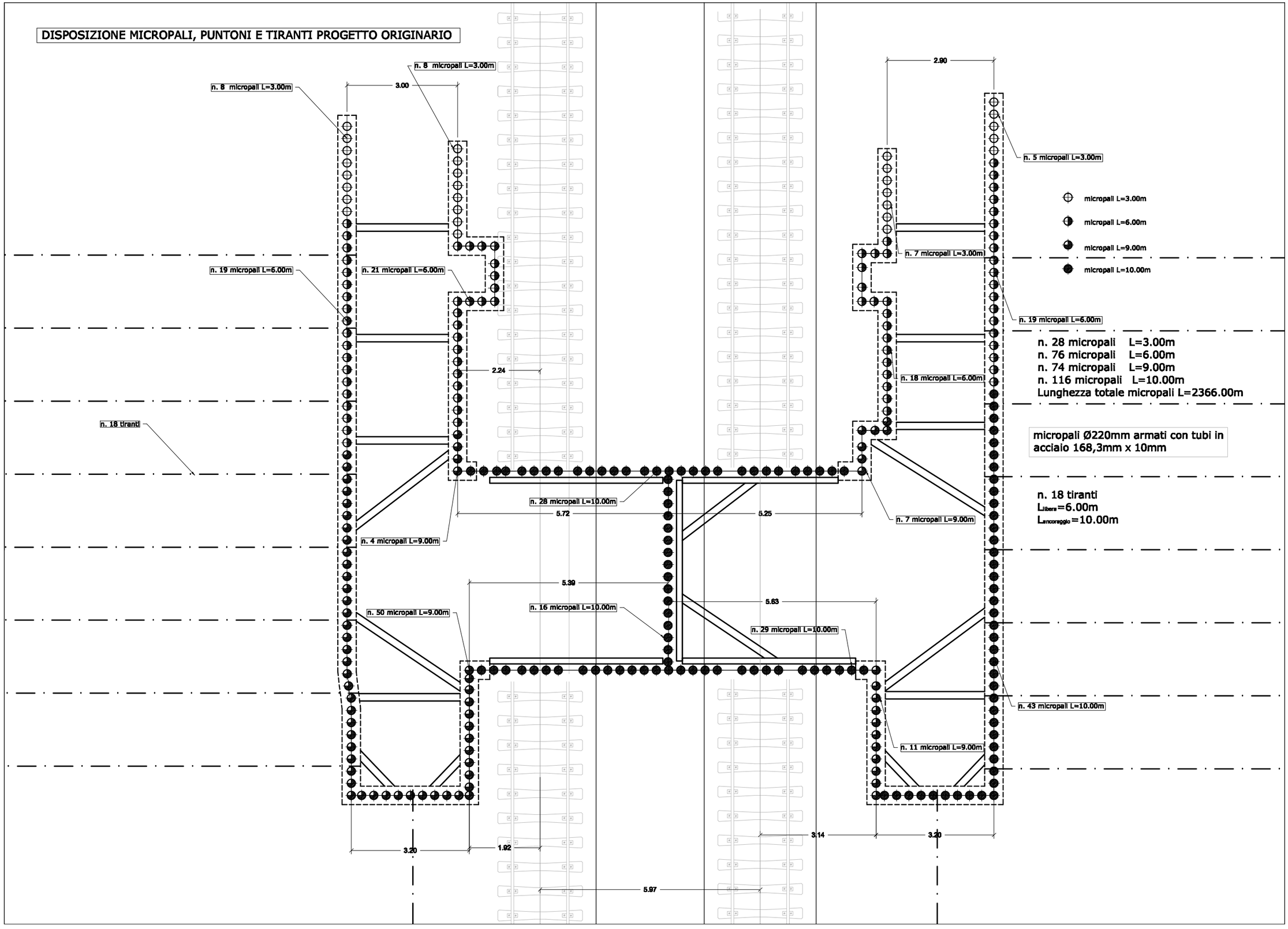
Questi dovevano essere collegati in testa da un cordolo armato delle dimensioni pari a 40 cm x 40 cm, sostituito da un cordolo formato da due profili HEB 160 nella parte di berlinese sotto la sede ferroviaria.

Per il sostegno della paratia era poi previsto l'inserimento di un primo ordine di tiranti e puntoni e di un secondo ordine di puntoni. I tiranti erano previsti solo all'esterno della sede ferroviaria. Tali tiranti dovevano essere costituiti da 3 trefoli, avere una lunghezza libera di 6,00 m e un bulbo di ancoraggio lungo 10,00 m. Inoltre dovevano essere posti in opera con un interasse orizzontale di 2,00 m.

Per ogni tirante erano previste piastre di ancoraggio contrastate dal cordolo, costituito da due profili HEB 160 saldati ai micropali.

Similmente il cordolo dei puntoni doveva essere realizzato con una coppia di profili HEB 160 saldati ai micropali, con interposti due mezzi profilati UNP 160 per garantire un'adeguata saldatura.

DISPOSIZIONE MICROPALI, PUNTONI E TIRANTI PROGETTO ORIGINARIO



Progetto di variante

La disposizione dei micropali del progetto di variante ha pressoché ricalcato quella del progetto originario, con l'ovvia aggiunta dei micropali a presidio della fossa di varo che prima era assente.

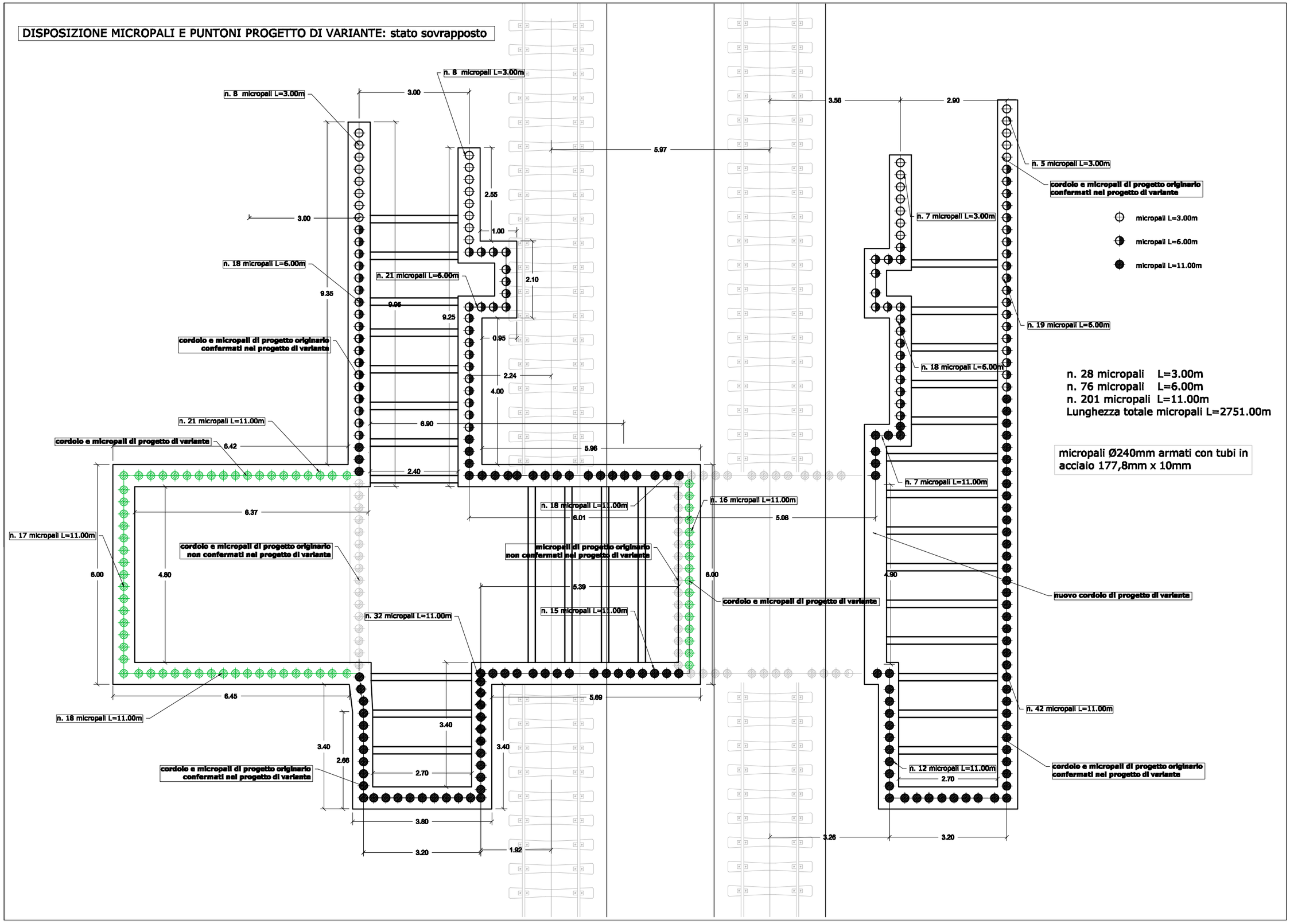
Il progettista dell'Impresa esecutrice ha però optato per alcune modifiche rispetto al precedente progetto.

Ha prescritto nello specifico differenti lunghezze dei pali e l'adozione di pali aventi diametro maggiore. Ha inoltre valutato la necessità di un solo ordine di puntoni, disposti in testa alla paratia con un passo non superiore a 1,00 m, rinunciando quindi alla realizzazione dei tiranti, e ha ritenuto non necessaria la realizzazione dello strato di spritz beton armato con rete elettrosaldata.

Sono stati in particolare realizzati 28 pali da 3,00 m, 76 pali da 6,00 m e 201 pali da 11,00 m, per un totale di 2751 metri lineari di micropali messi in opera.

Sono stati usati micropali ϕ240 armati con tubi in acciaio ϕ177,8 mm da 10 mm di spessore, e posti con un interasse pari a 33 cm.

DISPOSIZIONE MICROPALI E PUNTONI PROGETTO DI VARIANTE: stato sovrapposto



Confronto economico

Vengono ora riportati i computi metrici estimativi relativi alla realizzazione delle berlinesi di micropali nelle soluzioni di progetto e di variante.

Il computo della soluzione di variante è stato eseguito utilizzando esclusivamente voci di prezzo presenti in quella di progetto.

La stima è stata in particolare redatta con riferimento alle tariffe di seguito riportate:

- Tariffe Regione Lombardia - OOPP anno 2009
- Tariffe Ferrovie Nord Milano - anno 2009
- Tariffe RFI - anno 2010

Soluzione di progetto

PARATIE DI MICROPALI DI PROGETTO							
N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
1	FN.OC.CZ.001	**Calcestruzzo in opera per magrone R'ck 15 N/mmq. Calcestruzzo in opera per magrone, riempimento o livellamento. Conglomerato cementizio, fornito in opera, per getti non armati; idoneo ad essere utilizzato come magrone per sottofondazioni, spianamenti e riempimenti in genere; confezionato a dosaggio con inerti esenti da materiali eterogenei e cemento Portland tipo I 32,5 R, in conformità alle caratteristiche delle vigenti norme di legge e prescrizioni di capitolato; compreso l'onere per il getto, dato in opera spianato e compattato. Escluso le prove sui materiali**					
		Magrone cordolo berlinesi. h=15cm, base=50cm, sviluppo=74,5m. 0,15m x 0,5m x 74,5m = 5,59mc	mc	5.59			
		totale	mc		5.59		
		Sommano	mc		**5.59**	€ 69.91	**€ 390.80**
2	FN.OC.CZ.007	**Calcestruzzo in opera per strutture di fondazione, CLASSE 2A SLUMP S3 - R'ck 30 N/mmq. Conglomerato cementizio fornito in opera per strutture di fondazione in c.a. normale, di qualunque sezione, tipo e forma, della classe di esposizione (UNI 9858) 2a e con slump S3; confezionato a resistenza con cemento portland tipo I 32,5 R, inerti esenti da materiali eterogenei, acqua e additivi fluidificanti ed aeranti in conformità alle caratteristiche delle vigenti norme di legge e prescrizioni di capitolato; compreso l'onere per la presenza di armatura metallica, per la vibrazione e per il getto. Esclusa la fornitura e posa in opera dell'acciaio di armatura e delle casseformi, escluse inoltre le prove sui materiali**					
		Cordolo berlinesi. Base=h=40cm, sviluppo=74,5m. 0,4m x 0,4m x 74,5m = 11,92mc	mc	11.92			
		totale	mc		11.92		
		Sommano	mc		**11.92**	€ 76.27	**€ 909.14**
3	FN.OC.CZ.028	**Casseforme per getti in opera di strutture in cls di fondazione di piccole dimensioni: cordoli, cunette, pozzetti dimensioni fino a 0,80*0,80 cm, fondazioni di altezza fino a 0,40 m per muretti e altro**					
		Cordolo berlinesi. Base=h=40cm, sviluppo=74,5m. 2 x 0,4m x 74,5m = 59,6mq	mq	59.60			
		totale	mq		59.60		
		Sommano	mq		**59.60**	€ 17.94	**€ 1'069.22**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
4	FN.OC.CZ.055	**Fornitura e posa in opera di acciaio in barre per c.a.del tipo Fe B 44k per armature di strutture di piccole dimensioni, pozzetti fino a 0,80*0,80 cm, fondazioni per h fino a 40 cm, muretti ed altro. Fornitura, lavorazione e posa ed eventuale premontaggio e posa in opera di gabbie di acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro del tipo Fe B 44k; per strutture di fondazione, elevazione e per armature di pali e diaframmi, dato in opera pulito e privo di ruggine. Compreso sovrapposizioni, sfrido, ferro di legatura, distanziatori, eventuali apparecchi di giunzione, sostegni dell'armatura, il trasporto e sollevamento delle gabbie e quanto altro occorra per dare le armature metalliche pronte al getto**					
		Armatura cordolo berlinesi. 90kg/mc x 11,92mc = 1073kg	q	10.73			
		totale	q		10.73		
		Sommano	q		**10.73**	€ 66.00	**€ 708.05**
5	FN.OC.PD.043	**Micropali con forma non valvolati - Diametro da 201 a 225 mm. Palo trivellato di piccolo diametro (micropalo), comunque inclinato, anche a sostegno di opere esistenti, eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), eseguito con iniezione ad alta pressione di malta dosata a kg 900 di cemento per metro cubo di impasto, con tubo forma di adeguamento diametro esterno. Dato in opera compreso: la perforazione, il carico e trasporto a rifiuto dei materiali di risulta, gli eventuali oneri per il rivestimento provvisorio, la riperforazione e l'intasamento di strati molto aperti e fessure beanti, la preparazione e l'esecuzione delle iniezioni di malta o pasta fino a completo rifiuto dl foro, ogni altra prestazione, fornitura ed onere. Solo escluso la fornitura e posa dell'armatura metallica in profilati di acciaio**					
		28 pali da 3m	m	84.00			
		76 pali da 6m	m	456.00			
		74 pali da 9m	m	666.00			
		116 pali da 10m	m	1'160.00			
		totale	m		2'366.00		
		Sommano	m		**2'366.00**	€ 39.72	**€ 93'977.52**
6	FN.OC.PD.056	**Armatura di micropali con profilati o tubi in acciaio - Tipo Fe 510. Fornitura e posa in opera di armatura per micropali costituita da profilati acciaio, laminati o tubi senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettanti o saldati, compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità, ogni altra fornitura, prestazione ed onere**					
		Peso armatura metallica pali ϕ168,3 sp10 mm. 39,04 kg/m x 2366m = 92368,64kg	Kg	92'368.64			
		totale	Kg		92'368.64		
		Sommano	Kg		**92'368.64**	€ 0.80	**€ 73'894.91**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
7	FN.OC.CZ.068	**Calcestruzzo proiettato (Spritz-beton) per spessori fino a 10 cm. Rivestimento di superfici in cls di qualsiasi altezza e forma, con malta cementizia lanciata a pressione (Spritz-beton) dosata a ql. 5,0 di cemento R 425 ed additivata con fluidificante-accelerante dosato a 6 Kg/mc, senza obbligo di piano, steso a strati di sp. inferiore a cm 3. Compreso l'eventuale pulizia delle superfici da rivestire con idrosabbiatura e l'eventuale fratazzatura finale del rivestimento e la formazione dei piani di lavoro. Escluso la fornitura e posa dell'armatura metallica e relativi sostegni di ancoraggio, o delle fibre d'acciaio inglobate nell'impasto**					
		Spritz beton berlinesi sp medio 10 cm. 241mq x 0,10m = 24,1mc	mc	24.10			
		+15% a protezione ciglio scavo fondazioni	mc	3.62			
		totale	mc		27.72		
		Sommano	mc		**27.72**	€ 108.46	**€ 3'005.97**
8	FN.OC.CZ.069	**Calcestruzzo proiettato (Spritz-beton) per spessori oltre i 10 cm. Rivestimento di superfici in cls di qualsiasi altezza e forma, con malta cementizia lanciata a pressione (Spritz-beton) dosata a ql. 5,0 di cemento R 425 ed additivata con fluidificante-accelerante dosato a 6 Kg/mc, senza obbligo di piano, steso a strati di sp. inferiore a cm 3. Compreso l'eventuale pulizia delle superfici da rivestire con idrosabbiatura e l'eventuale fratazzatura finale del rivestimento e la formazione dei piani di lavoro. Escluso la fornitura e posa dell'armatura metallica e relativi sostegni di ancoraggio, o delle fibre d'acciaio inglobate nell'impasto**					
		Spritz beton berlinesi sp fino a 15 cm. 241mq x (0,15-0,10)m = 12,05mc	mc	12.05			
		totale	mc		12.05		
		Sommano	mc		**12.05**	€ 103.29	**€ 1'244.64**
9	FN.OC.CZ.058	**Fornitura e posa in opera di rete elettrosaldata per c.a.del tipo Fe B 44K ad aderenza migliorata in opera su pareti verticali o oblique. Fornitura, lavorazione e posa in opera di rete elettrosaldata in barre di acciaio ad aderenza migliorata del tipo Fe B 44k, di qualsiasi diametro e dimensione di maglia; per armature di strutture orizzontali e verticali data in opera pulita e priva di ruggine. Comprese le sovrapposizioni, legature, sfridi, eventuali sostegni dell'armatura, distanziatori, il trasporto e sollevamento e quanto altro occorra**					
		Armatura spritz beton. Rete elettrosaldata. (24,10 + 3,62 + 12,05)mc x 45 kg/mc = 1789kg	q	17.89			
		totale	q		17.89		
		Sommano	q		**17.89**	€ 68.89	**€ 1'232.73**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
10	FN.OC.OM.013	**F/O di profilati metallici tipo IPE, HE, HEA, C, etc. zincati ex Fe 510. Fornitura e posa in opera di putrelle e manufatti vari in profili tipo IPE, HE, C, retti o sagomati, compresi e compensati ogni sfrido di lavorazione, il trasporto fino al luogo di impiego, lo scarico, il collocamento in opera a qualsiasi altezza e le saldature da effettuarsi in opera, l'assistenza muraria per l'ancoraggio alle strutture portanti, ogni altra fornitura, prestazione ed onere occorrenti per dare il lavoro finito a regola d'arte**					
		Cordoli tiranti e puntoni. 42,6kg/m x 2 = 85,2kg/m. Ltot= 111,5m. 85,2kg/m x 111,5m = 9499,80kg	kg	9'499.80			
		Piastre per calastrelli. n° 140 x 20kg/cad = 2800kg	kg	2'800.00			
		Puntoni. 51,57kg/m. Ltot=90m. 51,57kg/m x 90m = 4641,30kg	kg	4'641.30			
		Piastre Puntoni 10%	kg	464.13			
		totale	kg		17'405.23		
		Sommano	Kg		**17'405.23**	€ 1.41	**€ 24'541.37**
11	FN.OC.OP.059	**Tiranti in trefoli o barre di tipo diwidag, compreso perforazione ed iniezione di riempimento per tensioni di esercizio da 30 a 50 ton. Formazione di tiranti formati da trefoli di acciaio armonico o barre di tipo diwidag atti a sopportare le tensioni di esercizio richieste. Compreso la predisposizione della perforazione di idoneo diametro e lunghezza, la fornitura di trefoli o barre, rivestiti all'origine con guaine in pvc, la posa del tirante completo di tutti gli opportuni distanziatori ed accessori, la fornitura e posa dei dispositivi di bloccaggio con relative piastre di testata, l'iniezione di miscela cementizia per il riempimento dei fori dei tiranti, la tesatura dei tiranti a mezzo di idonea attrezzatura e la sigillatura finale della testata del tirante**					
		18 tiranti a 3 trefoli. L = 16m. 18 x 16m = 288m	m	288.00			
		totale	m		288.00		
		Sommano	m		**288.00**	€ 45.45	**€ 13'089.60**
		TOTALE NETTO PARATIE DI MICROPALI DI PROGETTO				**€**	**214'063.96**

Soluzione di variante

PARATIE DI MICROPALI DI VARIANTE							
N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
1	FN.OC.CZ.007	**Calcestruzzo in opera per strutture di fondazione, CLASSE 2A SLUMP S3 - R'ck 30 N/mmq. Conglomerato cementizio fornito in opera per strutture di fondazione in c.a. normale, di qualunque sezione, tipo e forma, della classe di esposizione (UNI 9858) 2a e con slump S3; confezionato a resistenza con cemento portland tipo I 32,5 R, inerti esenti da materiali eterogenei, acqua e additivi fluidificanti ed aeranti in conformità alle caratteristiche delle vigenti norme di legge e prescrizioni di capitolato; compreso l'onere per la presenza di armatura metallica, per la vibrazione e per il getto. Esclusa la fornitura e posa in opera dell'acciaio di armatura e delle casseformi, escluse inoltre le prove sui materiali**					
		Cordolo berlinesi. Base=60cm, h=45cm, sviluppo=105m. 0,6m x 0,45m x 105m = 28,35mc	mc	28.35			
		totale	mc		28.35		
		Sommano	mc		**28.35**	€ 76.27	**€ 2'162.25**
2	FN.OC.CZ.028	**Casseforme per getti in opera di strutture in cls di fondazione di piccole dimensioni: cordoli, cunette, pozzetti dimensioni fino a 0,80*0,80 cm, fondazioni di altezza fino a 0,40 m per muretti e altro**					
		Cordolo berlinesi. Base=60cm, h=45cm, sviluppo=105m. 2 x 0,45m x 105m = 94,5mq	mq	94.50			
		totale	mq		94.50		
		Sommano	mq		**94.50**	€ 17.94	**€ 1'695.33**
3	FN.OC.CZ.055	**Fornitura e posa in opera di acciaio in barre per c.a.del tipo Fe B 44k per armature di strutture di piccole dimensioni, pozzetti fino a 0,80*0,80 cm, fondazioni per h fino a 40 cm, muretti ed altro. Fornitura, lavorazione e posa ed eventuale premontaggio e posa in opera di gabbie di acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro del tipo Fe B 44k; per strutture di fondazione, elevazione e per armature di pali e diaframmi, dato in opera pulito e privo di ruggine. Compreso sovrapposizioni, sfrido, ferro di legatura, distanziatori, eventuali apparecchi di giunzione, sostegni dell'armatura, il trasporto e sollevamento delle gabbie e quanto altro occorra per dare le armature metalliche pronte al getto**					
		Armatura cordolo berlinesi. 90kg/mc x 28,35mc = 2551,5kg	kg	2'551.50			
		totale	kg		2'551.50		
		Sommano	kg		**2'551.50**	€ 66.00	**€ 1'683.99**

N° PROG	CODICE TARIFFA	DESCRIZIONE/COMPUTO	U.M.	Q.TA'	TOT. Q.TA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
4	FN.OC.PD.043	**Micropali con forma non valvolati - Diametro da 201 a 225 mm. Palo trivellato di piccolo diametro (micropalo), comunque inclinato, anche a sostegno di opere esistenti, eseguito mediante perforazione a rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), eseguito con iniezione ad alta pressione di malta dosata a kg 900 di cemento per metro cubo di impasto, con tubo forma di adeguamento diametro esterno. Dato in opera compreso: la perforazione, il carico e trasporto a rifiuto dei materiali di risulta, gli eventuali oneri per il rivestimento provvisorio, la riperforazione e l'intasamento di strati molto aperti e fessure beanti, la preparazione e l'esecuzione delle iniezioni di malta o pasta fino a completo rifiuto dl foro, ogni altra prestazione, fornitura ed onere. Solo escluso la fornitura e posa dell'armatura metallica in profilati di acciaio**					
		28 pali da 3m	m	84.00			
		76 pali da 6m	m	456.00			
		201 pali da 11m	m	2'211.00			
		totale	m		2'751.00		
		Sommano	m		**2'751.00**	€ 39.72	**€ 109'269.72**
5	FN.OC.PD.056	**Armatura di micropali con profilati o tubi in acciaio - Tipo Fe 510. Fornitura e posa in opera di armatura per micropali costituita da profilati acciaio, laminati o tubi senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, con giunzioni tra i diversi spezzoni a mezzo di manicotti filettanti o saldati, compreso i distanziatori, le armature di connessione saldate in sommità, ogni altra fornitura, prestazione ed onere**					
		Peso armatura metallica pali ϕ177,8. sp10 mm. 41,4 kg/m x 2751m = 113891,4kg	Kg	113'891.40			
		totale	Kg		113'891.40		
		Sommano	Kg		**113'891.40**	€ 0.80	**€ 91'113.12**
6	FN.OC.OM.013	**F/O di profilati metallici tipo IPE, HE, HEA, C, etc. zincati ex Fe 510. Fornitura e posa in opera di putrelle e manufatti vari in profili tipo IPE, HE, C, retti o sagomati, compresi e compensati ogni sfrido di lavorazione, il trasporto fino al luogo di impiego, lo scarico, il collocamento in opera a qualsiasi altezza e le saldature da effettuarsi in opera, l'assistenza muraria per l'ancoraggio alle strutture portanti, ogni altra fornitura, prestazione ed onere occorrenti per dare il lavoro finito a regola d'arte**					
		Puntoni 42,6kg/m. Ltot=85m. 42,6kg/m x 85m = 3621kg	kg	3'621.00			
		totale	kg		3'621.00		
		Sommano	Kg		**3'621.00**	€ 1.41	**€ 5'105.61**
		TOTALE NETTO PARATIE DI MICROPALI DI VARIANTE				**€**	**211'030.02**

CAPITOLO 6

IL SOSTEGNO PROVVISORIO DEI BINARI

La realizzazione di sottopassaggi ferroviari mediante la tecnica della costruzione fuori opera del manufatto e la sua successiva infissione richiede che venga posta in opera una struttura finalizzata al sostegno dei binari durante le fasi di spinta e scavo.

Questo intervento permette la conservazione dell'assetto plano-altimetrico dei binari ed evita quindi l'interruzione dell'esercizio.

Per fare ciò e garantire la continuità del transito dei treni esistono diverse possibili soluzioni, tra le quali:

- i fasci di rotaie;
- le travi gemelle;
- le soluzioni con tecnologia ESSEN:
  il Sistema ESSEN;
  il Ponte "ESSEN Standard";
  il Ponte "ESSEN Gemellato";
- il metodo "Istrice";
- il Ponte Bologna.

Tra le soluzione sopra elencate, alcune vengono attuate da decenni, altre sono state concepite ed adottate solo negli ultimi anni.

Le travi gemelle, il Ponte "ESSEN Standard", il Ponte "ESSEN Gemellato" e il Ponte Bologna differiscono dai fasci di rotaie e dal Sistema ESSEN in quanto rinunciano ad un collegamento diretto di sostegno tra monolito e rotaie.

Il sistema di sostegno risulta pertanto indipendente rispetto alla struttura spinta in opera sotto il binario.

Il metodo "Istrice" si presenta invece sensibilmente diverso da tutti gli altri in quanto è basato su un principio che esclude la stessa necessità di sostenere il binario.

I fasci di rotaie

Questa è, ad oggi, la soluzione generalmente utilizzata da FERROVIENORD.

Prevede la messa in opera di fasci di rotaie al fine di irrigidire il binario in direzione longitudinale. Ogni fascio è costituito da un numero variabile di rotaie affiancate, con i funghi disposti in maniera alternata. Queste rotaie vengono poi collegate insieme e con le traverse mediante staffe.

Nel caso di sottopassi pedonali, e quindi di luci analoghe a quella propria di Rovello Porro, i fasci di rotaie vengono posati direttamente sulle traverse.

Per sottopassaggi aventi luci fino a 8-10 m si utilizzano generalmente fasci di rotaie lunghi 36 m, accoppiati ad un sistema di travi di manovra disposte perpendicolarmente al binario con un interasse di circa 2 m. Tali travi di manovra poggiano direttamente sul monolito e durante la sua traslazione scivolano sull'estradosso mediante rulliere o barre metalliche.

Questo dispositivo consente una velocità massima di transito di 30 km/h.

Per mettere in opera il fascio di rotaie si stima generalmente la necessità di 4 o 5 interruzioni per ogni binario.

Fascio di rotaie (Palazzolo Milanese 2005)

Particolare: staffe (Palazzolo Milanese 2005)

Particolare: travi di manovra (Vanzaghello 2006)

Particolare: trave di contrasto alle travi di manovra (Palazzolo Milanese 2005)

Le fotografie sui fasci di rotaie precedentemente riportate sono relative a due interventi per la realizzazione di sottopassaggi veicolari effettuati da FERROVIENORD a Palazzolo Milanese in comune di Paderno Dugnano nel 2005 e in comune di Vanzaghello nel 2006.

Le travi gemelle

Si tratta di un vero e proprio ponte provvisorio. La struttura è costituita da quattro travi a doppio T accoppiate mediante calastrelli. Ogni coppia di travi sostiene una longherina sulla quale è appoggiata la rotaia.

Per la messa in opera si rende necessaria la rimozione di una campata di binario di circa 18-20 m, l'asportazione del ballast sottostante per una profondità di 1-1,2 m per l'intera lunghezza della trave, e la posa su due basamenti delle coppie di travi gemelle, poi opportunamente collegate da diaframmi bullonati.

La posa in opera deve pertanto avvenire all'interno di interruzioni programmate dell'esercizio ferroviario, di durata compresa tra le 4 e le 5 ore.

Analogamente deve essere fatto per la rimozione d'opera del sistema di sostegno.

Questo tipo di soluzione consente il transito dei convogli fino ad una velocità di 50 km/h.

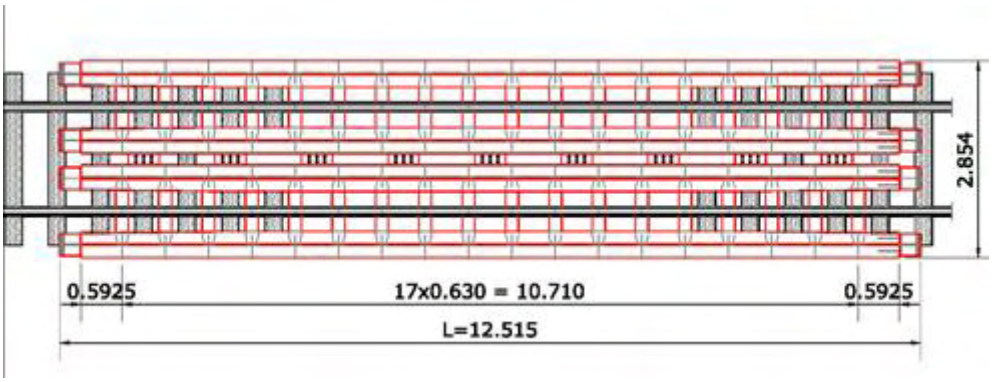
L'indipendenza tra il sistema di sostegno e il manufatto comporta una maggiore sicurezza e una riduzione dei tempi di spinta.

Alcune problematiche possono essere rappresentate dall'impossibilità di montare le travi gemelle in curva o in presenza di deviatoi, nonché dal franco tra piano del ferro ed estradosso della soletta superiore del manufatto da infiggere in opera che influisce sui tempi di scavo per la posa delle travi e su tutte le opere di completamento dell'opera.

Le soluzioni con tecnologia ESSEN

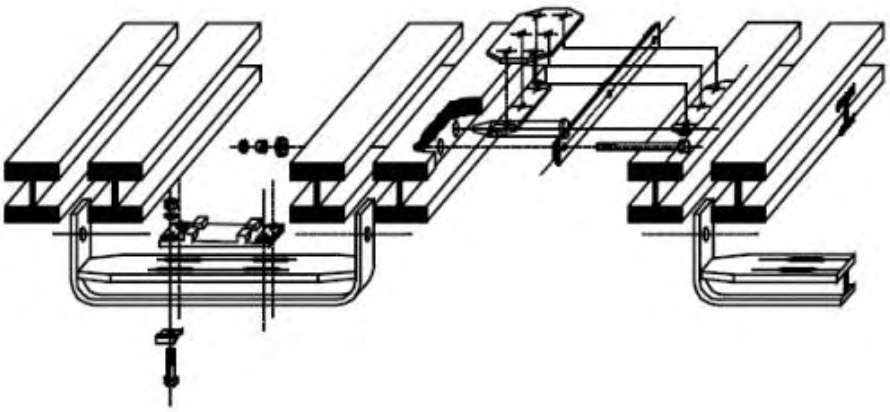
Diverse soluzioni per il sostegno provvisorio dei binari sono state presentate e brevettate dalla ESSEN Italia S.p.A.

Tutte queste soluzioni sfruttano l'elemento base chiamato Ponte ESSEN.



Esso consiste in due strutture di sostegno simmetriche, ciascuna formata da quattro travi portanti in acciaio, aventi sezione a doppio T che, riunite a coppie, sostengono la singola rotaia per mezzo di un complesso di dispositivi, denominati selle, posti trasversalmente alla rotaia stessa tra una traversa e l'altra.

Il collegamento delle selle alle coppie di travi avviene attraverso spinotti calibrati, inseriti nei corrispondenti fori passanti previsti nelle alette delle selle e nell'anima delle travi longitudinali, e mantenuti in posizione da ganasce fissate per mezzo di bulloni di serraggio.



Particolare: selle Ponte ESSEN (Castellanza 2006)

L'unione tra rotaia e sella è invece assicurata con l'impiego di tradizionali dispositivi di fissaggio, utilizzando appositi fori a forma di asola presenti sul piano di appoggio della sella che consentono l'inserimento del ponte ESSEN anche in presenza di tratti di binario in curva.

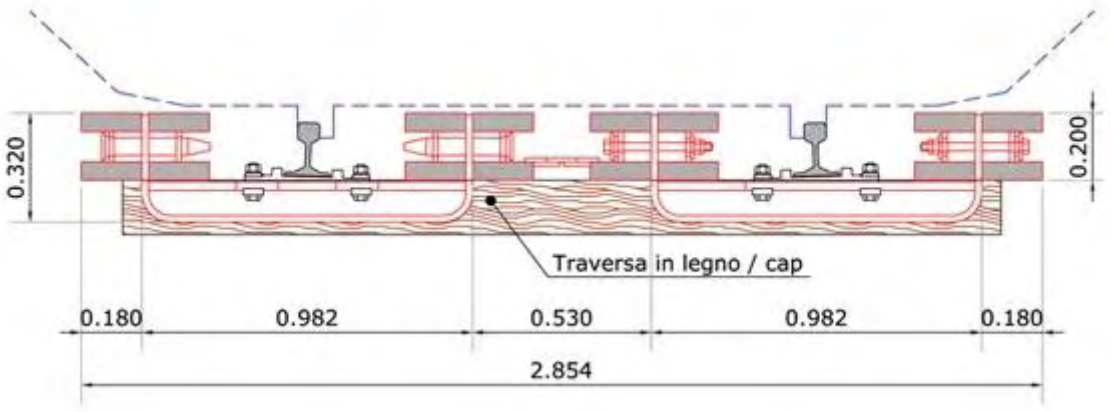
L'isolamento elettrico del circuito di binario è ottenuto mediante l'interposizione di apposita tavoletta isolante in bachelite tra rotaia e piastra.

Trasversalmente le due strutture simmetriche di sostegno sono collegate da appositi piastroni bullonati presenti sulle coppie di travi interne.

Il fascio di travi ha quindi la funzione di incrementare la rigidezza delle rotaie nella direzione d'esercizio e conservare la loro direzione iniziale, evitando così deragliamenti.

L'ingombro verticale di tutta la struttura ESSEN è contenuto in soli 32 cm, tra l'estradosso delle travi portanti e l'intradosso delle selle.

La struttura è tale da rispettare i limiti di sagoma bassa dei convogli in qualsiasi geometria di binario.



Per il montaggio del Ponte ESSEN si rende necessaria un'interruzione della circolazione di circa 4 ore per ciascun binario.

Analoghe tempistiche sono richieste poi per lo smontaggio.

L'elemento base qui descritto viene utilizzato in diverse configurazioni:

il Sistema ESSEN;

il Ponte "ESSEN Standard";

il Ponte "ESSEN Gemellato".

Il sistema ESSEN

Sistema ESSEN (Castellanza 2006)

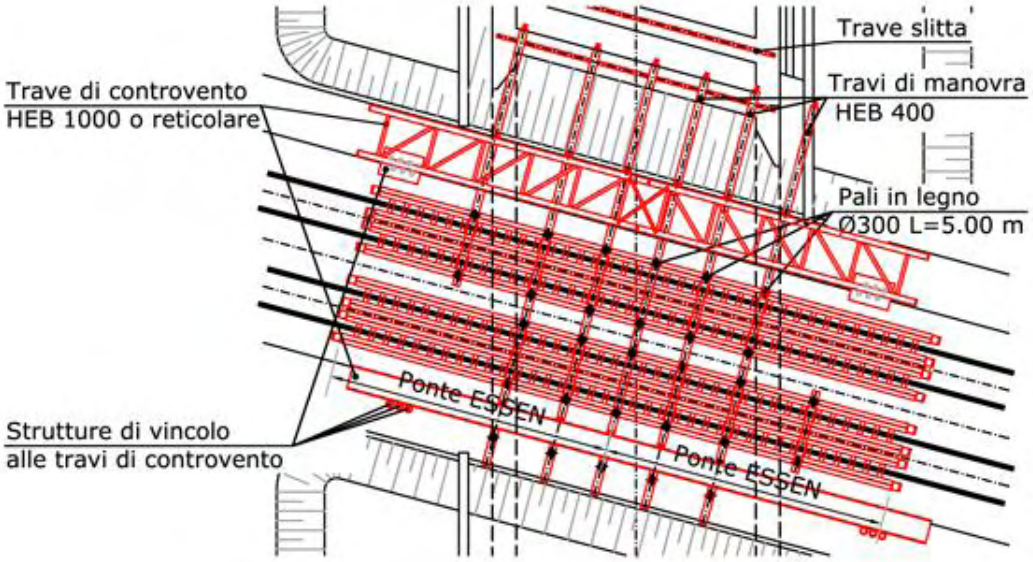
Sistema ESSEN (Castellanza 2006)

In questa configurazione di impiego i Ponti ESSEN trovano appoggio, nella zona interessata dallo scavo in avanzamento, su travi di ripartizione trasversali (travi di manovra del tipo HEB 400) aventi lunghezza variabile in funzione della piattaforma

ferroviaria, disposte sempre ortogonali ai binari ad un interasse in genere non superiore a 2,50 m.

Durante le fasi di avanzamento del monolito, dette travi scorrono su travi slitta fissate sopra la soletta dello stesso.

Esternamente al monolito in avanzamento i Ponti ESSEN appoggiano sul rilevato ferroviario attraverso l'armamento esistente.



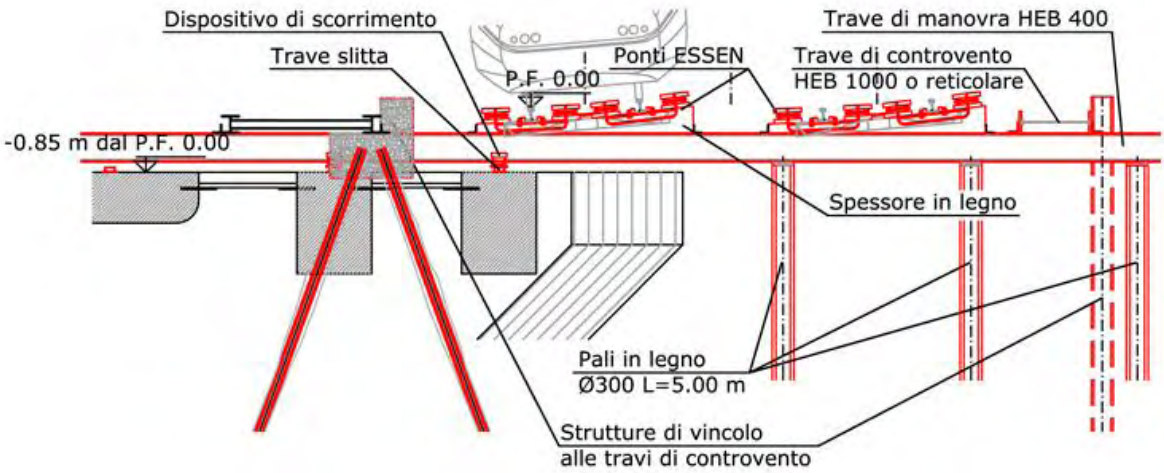
Caratteristica peculiare del Sistema ESSEN è la presenza dei pali in legno che vengono infissi nel corpo del rilevato ferroviario prima di qualunque altra lavorazione allo scopo di vincolare verticalmente le travi di manovra.

Detti pali, generalmente di lunghezza 5,00 m e di diametro ϕ300, vengono battuti in punti singolari sotto ciascuna trave di manovra generalmente a distanza di circa 1,30 m dall'asse di ogni binario e a distanza di circa 3,60 m dall’asse del binario lato uscita monolito. I pali sono infissi per tutta la lunghezza prefissata o sino a rifiuto.

Per l’infissione dei pali, nei casi di sottopassi di piccola luce come quello di Rovello Porro, si rendono necessarie almeno due interruzioni.

Talvolta l’infissione dei pali in legno si presenta di difficile o impossibile esecuzione; in tal caso, in sostituzione dei pali in legno, saranno realizzate idonee strutture di appoggio per le travi di manovra.

Particolare: infissione pali in legno (Castellanza 2006)



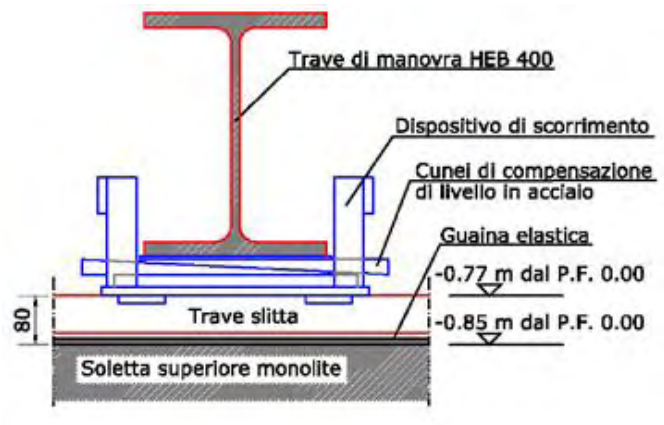
Il Sistema ESSEN, infine, è vincolato nel piano orizzontale attraverso delle travi di controvento (HEB 1000 o reticolari), disposte alle due estremità delle travi di manovra ed ortogonali alle stesse; dette travi di controvento, caratterizzate da elevata rigidezza flessionale nel piano orizzontale, vengono vincolate all'esterno della zona di varo mediante opportune strutture in grado di assorbire la forza orizzontale che agisce sul Sistema ESSEN conseguentemente allo scorrimento delle travi di manovra sulla soletta del monolito in avanzamento.

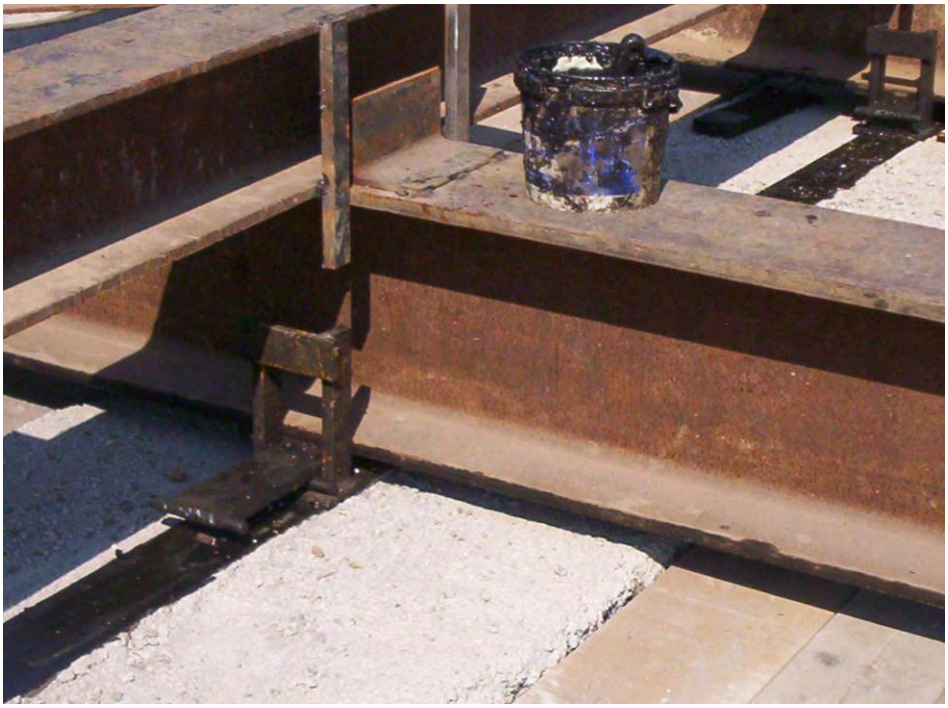
Per le operazioni di scavo, posa in opera delle travi di manovra e dei vari dispositivi e montaggio delle travi di controvento, nei casi di sottopassi di piccola luce come quello di Rovello Porro, si rendono necessarie almeno tre interruzioni.
I tempi richiesti poi per lo smontaggio, il ripristino del ballast e il livellamento dei binari sono di poco inferiori a quelli necessari nella fase di messa in opera.

Particolare: travi di manovra e trave reticolare di controvento (Castellanza 2006)

Il Sistema ESSEN consente di contenere la distanza tra il piano del ferro e l'estradosso della soletta superiore del monolito fino a 85÷80 cm, con conseguenti vantaggi alle opere connesse al sotto-attraversamento.
Durante la spinta il Sistema ESSEN prevede il trasferimento dei carichi ferroviari sul monolito attraverso le travi slitta disposte sulla soletta superiore del manufatto, in direzione longitudinale rispetto ai binari.
A seguito dello scavo in avanzamento i pali in legno precedentemente infissi vengono via via tolti d'opera, pertanto, le travi di manovra da una parte trovano appoggio e scorrono sulle travi slitta, dall'altra poggiano sui pali in legno ancora presenti nel corpo del rilevato ferroviario non interessato dallo scavo.
Speciali dispositivi di scorrimento interposti tra le travi di manovra e le travi slitta consentono, attraverso l'inserimento di cunei e piatti in acciaio, di compensare gli

inevitabili spostamenti verticali del monolito durante la sua traslazione. Detti dispositivi di scorrimento sono liberi di scorrere sulle travi slitta qualora la direzione di spinta non risultasse ortogonale all'asse dei binari.





Particolare: dispositivo di scorrimento (Castellanza 2006)

Le fasi operative relative all'impiego del Sistema ESSEN possono quindi essere riassunte come di seguito:

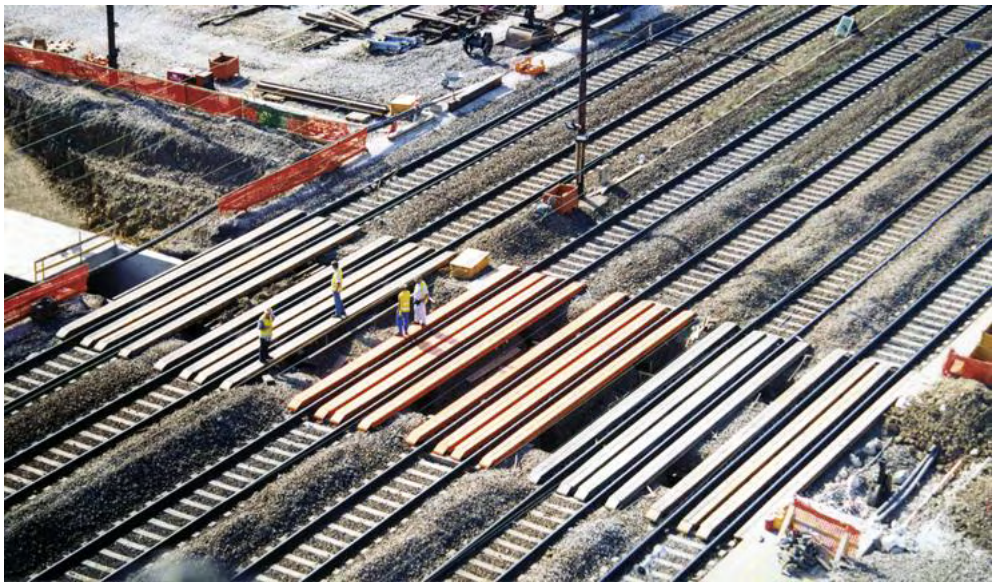
- infissione dei pali in legno;
- montaggio dei Ponti ESSEN;
- montaggio delle travi di manovra;
- montaggio delle travi di controvento;
- spinta del monolito;
- smontaggio del Sistema ESSEN.

L’utilizzo dei questo Sistema consente velocità di transito dei convogli ferroviari fino a 80 Km/h.

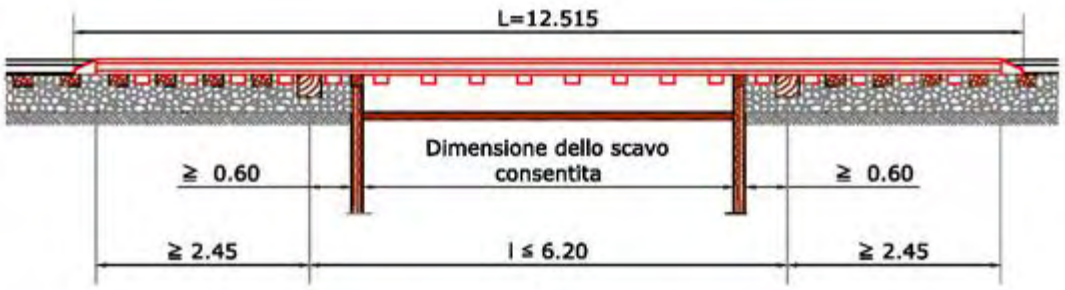
Le fotografie del Sistema ESSEN precedentemente riportate sono relative all’intervento per la realizzazione di un sottopassaggio veicolare in comune di Castellanza effettuato da FERROVIENORD nel 2006.

Il Ponte "ESSEN Standard"

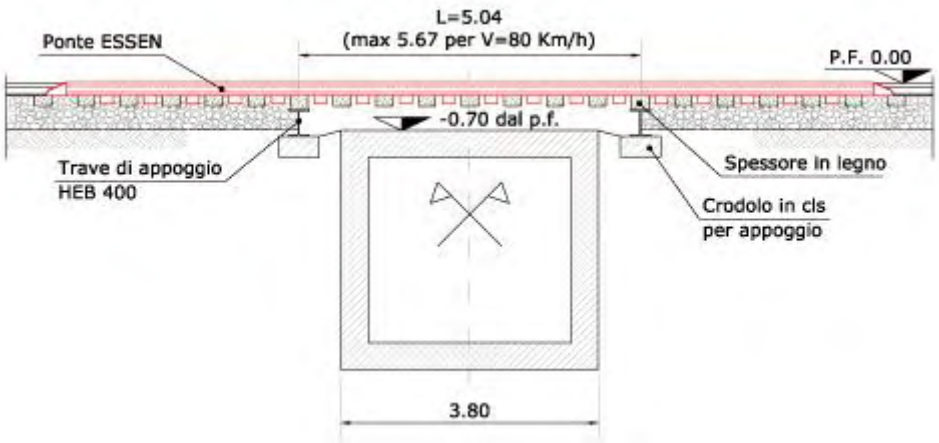
Il Ponte "ESSEN Standard" è una soluzione che prevede l'utilizzo del Ponte ESSEN nella configurazione di struttura isostatica semplicemente appoggiata.



Trova impiego in tutti quegli interventi che richiedono piccole luci di lavoro (inferiori a 6,20 m) quali l'esecuzione di sottopassi pedonali e ciclabili e tombini idraulici da realizzarsi in opera (previa esecuzione di idonee paratie per il contenimento del rilevato ferroviario), o costituiti da strutture scatolari prefabbricate fuori opera e successivamente infisse nel rilevato mediante spinta oleodinamica.



Nella specifica applicazione per spinta di monoliti il Ponte “ESSEN Standard" viene appoggiato, a tergo delle spalle del manufatto, su due travi in acciaio del tipo HEB 300÷400 fondate su appositi baggioli in cls.

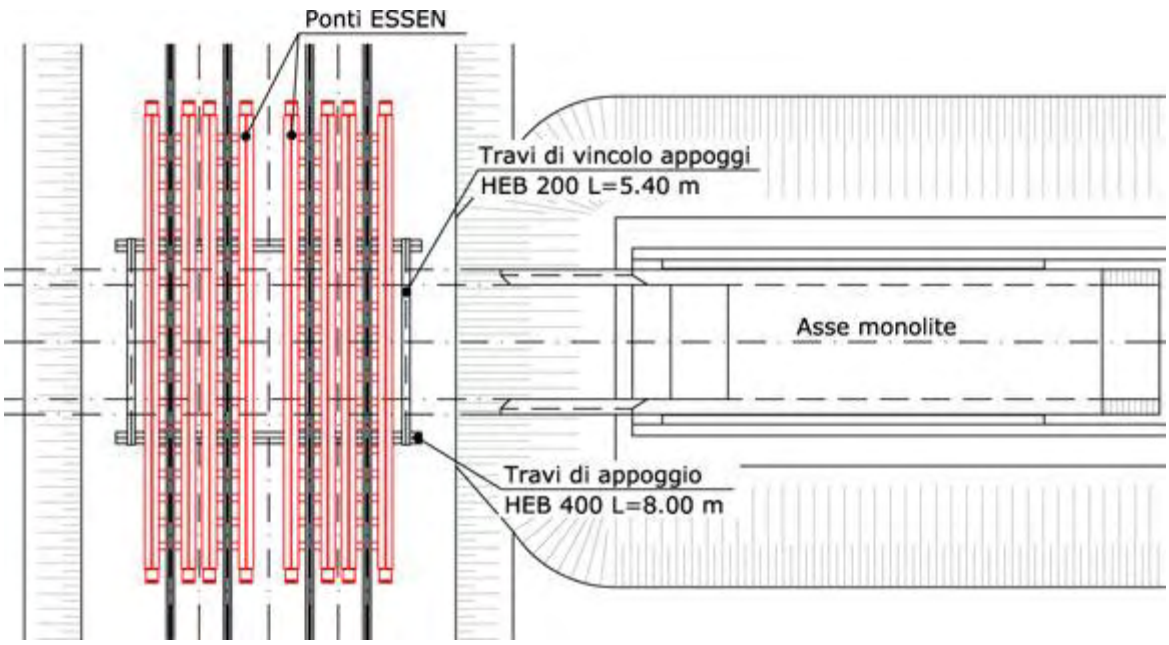


Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno lo richiedano, le travi di appoggio del ponte vengono fondate su pali in legno ϕ300 della lunghezza di 5,00 m, preliminarmente infissi nel corpo del rilevato ferroviario.

Vengono successivamente installate delle travi HEB 200 della lunghezza di circa 6 m che andranno a costituire un vincolo orizzontale delle travi di appoggio.

La struttura del Ponte “ESSEN Standard" non richiede, a differenza dell'applicazione Sistema ESSEN, la presenza delle travi di manovra con conseguente annullamento degli effetti d'interazione tra il ponte, e quindi il binario, e la struttura del monolito durante le fasi di avanzamento dello stesso.

I tempi per la messa in opera del sistema su una linea a doppio binario possono essere stimanti in un giorno di interruzione, le prime 4 o 5 ore, necessarie al montaggio del Ponte ESSEN, il resto necessario per lo scavo, l’armatura e il getto del cordolo di appoggio e il posizionamento delle travi di appoggio e di vincolo.



L'assenza di travi di manovra determina la possibilità di innalzare la quota della soletta superiore del manufatto, in teoria fin sotto il piano delle traverse, e comunque in funzione delle esigenze progettuali.

L'utilizzo del Ponte "ESSEN Standard" consente velocità di transito dei convogli ferroviari fino a 80 Km/h.

Tale struttura può essere inoltre inserita in qualsiasi geometria del binario: rettifilo, curva o raccordo parabolico.

Il Ponte "ESSEN Gemellato"

Questa soluzione è un'evoluzione del Ponte "ESSEN Standard", studiata allo scopo di aumentare le luci di lavoro utili nelle applicazioni a travi semplicemente appoggiate.

Il Ponte “ESSEN Gemellato" è un impalcato metallico sostenuto da due travi maestre in acciaio - travi gemelle - aventi sezioni di altezza variabile e disposte parallelamente ai binari ad un distanza tra le linee medie di 3,35 m.

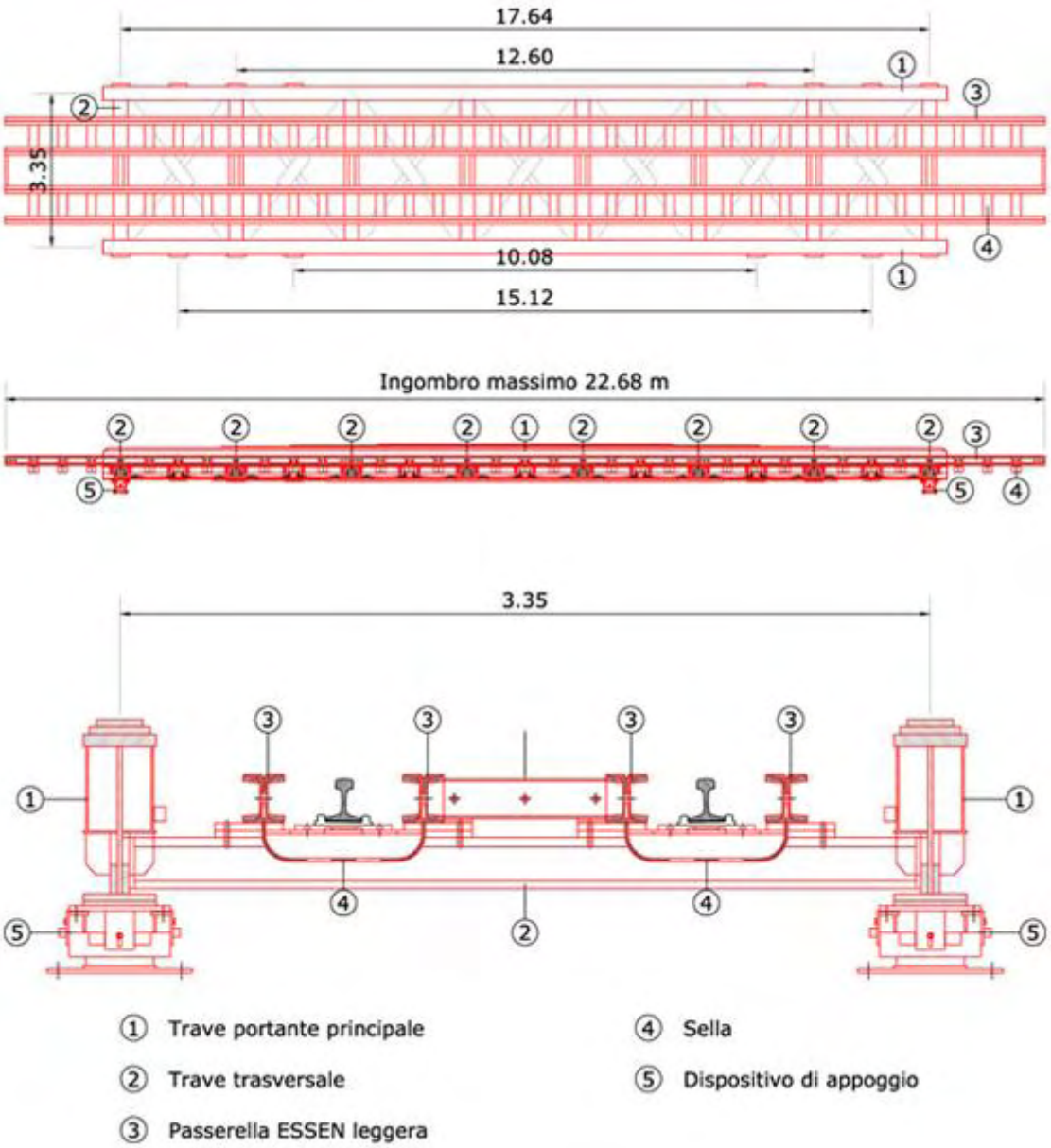
Le due travi portanti, estradossate rispetto al piano del ferro, scaricano su appoggi fissi.

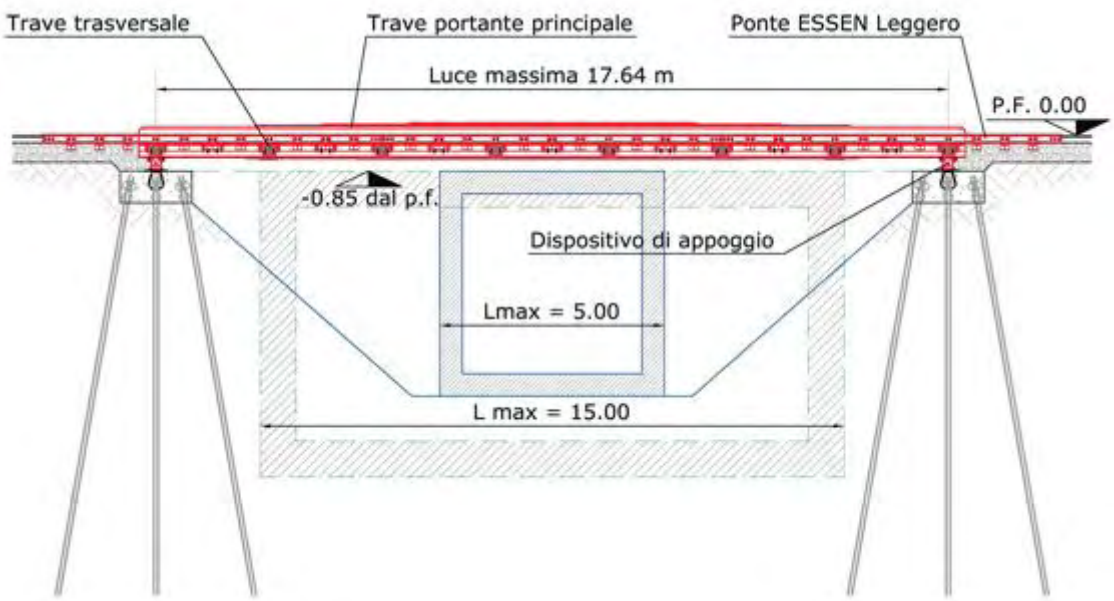
Come nel caso del Ponte "ESSEN Standard", le rotaie sono sorrette a loro volta da selle metalliche interposte tra le traversine e vincolate alle longherine della passerella.

La passerella si appoggia, infine, su traverse in acciaio disposte ad interasse longitudinale di 2,52 m che a loro volta sono sostenute dalle travi portanti.

I quattro appoggi fissi del ponte sono sostenuti da idonee strutture di fondazione, generalmente costituite da plinti in c.a. fondati su pali o micropali precedentemente realizzati.

Le due travi portanti hanno una luce massima di lavoro di 17,64 m ma possono essere impiegate anche su luci inferiori, in genere multiple dell'interasse tra le traverse di sostegno delle longherine della passerella ESSEN leggera. Le luci d'impiego del ponte, nelle diverse configurazioni, sono: 10,08 m, 12,60 m, 15,12 m e 17,64 m.


17.64
12.60
3.35
10.08
15.12
Ingombro massimo 22.68 m
3.35
① Trave portante principale
② Trave trasversale
③ Passerella ESSEN leggera
④ Sella
⑤ Dispositivo di appoggio



Il Ponte "ESSEN Gemellato" consente velocità di transito dei treni fino a 80 Km/h, in funzione delle luci di lavoro, in linee di categoria D4.

Può essere inserito in qualsiasi geometria del binario e, avendo travi principali estradossate, determina un ridotto ingombro sotto il piano traverse.

Il metodo "Istrice"

Questo non è un vero e proprio ponte provvisorio per il sostegno dei binari, quanto piuttosto un attrezzaggio del monolito in fase di spinta al fine di rendere non necessario il sostegno stesso, evitando così la demolizione della sovrastruttura ferroviaria e imponendo limitazioni di velocità nella sola fase di infissione.

Il metodo "Istrice" prevede, nello specifico, che il manufatto venga attrezzato con un particolare rostro metallico dotato di taglienti e con una serie di nastri di scorrimento metallici stesi all'interno del monolito lungo l'intradosso della soletta superiore e che, in fase di spinta, traslano fino a ricoprire l'estradosso della stessa soletta.

Il rostro ha, in particolare, la funzione di facilitare l'infissione del monolito nel terreno provocando la disgregazione del terreno stesso. I nastri di scorrimento metallici hanno invece il fine di abbattere l'attrito tra il terreno e il monolito durante la movimentazione di quest'ultimo, e quindi ridurre l'effetto di trascinamento che comporterebbe lo spostamento dello spessore di ricoprimento.

Questa soluzione richiede un perfetto sincronismo tra gli operatori addetti alla spinta e quelli che si occupano dello scavo, al fine di evitare l'insorgere di sovrappressioni con conseguente formazione di rigonfiamenti in superficie e, di contro, per evitare che si verifichino sfornellamenti al fronte che, data l'assenza di sostegno del binario, renderebbero impossibile il transito dei treni.

Lo scavo con metodo "Istrice" è inoltre fortemente influenzato dalle caratteristiche del terreno attraversato e dall'eventuale presenza di pietre o trovanti.

FERROVIENORD si è limitata ad adottare questo sistema per la realizzazione di sottopassi stradali. Come detto infatti, l'insorgere di difficoltà durante le fasi di spinta potrebbe rendere necessario il fermo del traffico ferroviario e imporre l'intervento di una macchina rincalzatrice per livellare il binario e ripristinare un adeguato assetto plano-altimetrico dello stesso.

Queste eventualità fanno sì che il sistema possa difficilmente trovare applicazione in piena linea, quanto piuttosto in ambito di stazione, dove vi sono possibili itinerari alternativi per la circolazione dei convogli e si ha generalmente la possibilità di piazzare carri tramoggia, macchine profilatrici e macchine rincalzatrici in posizione tale da garantirne un immediato intervento.

Le fotografie seguenti sono relative all'intervento per la realizzazione di un sottopassaggio ciclabile in comune di Saronno effettuato da FERROVIENORD nel 2007.

Particolare: rostro metallico (Saronno 2007)

Particolare: struttura atta a garantire lo scorrimento dei nastri metallici (Saronno 2007)

Particolare: struttura atta a garantire lo scorrimento dei nastri metallici (Saronno 2007)

Particolare: nastri di scorrimento metallici (Saronno 2007)

Particolare: nastri di scorrimento metallici (Saronno 2007)

Particolare: nastri di scorrimento metallici (Saronno 2007)

Rottura del diaframma

Il Ponte Bologna

Il Ponte Bologna è nato a seguito della necessità di definire travate provvisorie per il sostegno del binario che garantissero prestazioni superiori a quelle offerte dalle travi gemelle. Il sistema in argomento è di fatto un'evoluzione del sistema delle travi stesse.

Si tratta di una soluzione sviluppata e brevettata da RFI che consente di minimizzare le soggezioni di esercizio, sia in termini di velocità di rallentamento sia in termini di interruzioni necessarie per la messa e tolta d'opera, da utilizzarsi prevalentemente in occasione di traslazione di monoliti a spinta sotto la sede ferroviaria.

Il sistema di sostegno del binario denominato Ponte Bologna è stato sviluppato prevedendo tre possibili configurazioni:

- il Ponte Bologna 17, avente luce di calcolo pari a 14,00 m;
- il Ponte Bologna 23, avente luce di calcolo pari a 20,20 m;
- il Ponte Bologna 25, avente luce di calcolo pari a 21,40 m.

A seguito del brevetto, esistono dei diritti di privativa industriale a favore di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

Tutte le informazioni qui riportate riguardanti il Ponte Bologna sono frutto della mia diretta esperienza di cantiere e/o sono tratte da articoli già pubblicati e fornitimi dall'Ing. Aldo Isi, Direttore della Direzione Territoriale Produzione Bologna.

Non viene in particolare descritta nei dettagli la configurazione del Ponte Bologna 23, non essendo io entrato in possesso di tali informazioni.

La semplicità di impiego propria delle travi gemelle, che prevede la posa e rimozione dell'elemento di sostegno del binario con l'impiego di due sole interruzioni per ciascun binario, ha rappresentato il punto di partenza della progettazione di questo nuovo ponte.

Il transito a velocità superiore degli attuali 50 km/h previsti con le travi gemelle e la riduzione dei tempi di posa e rimozione, ottenuti grazie all'eliminazione delle giunzioni nella fase di assemblaggio, ne rappresentano alcune delle prerogative.

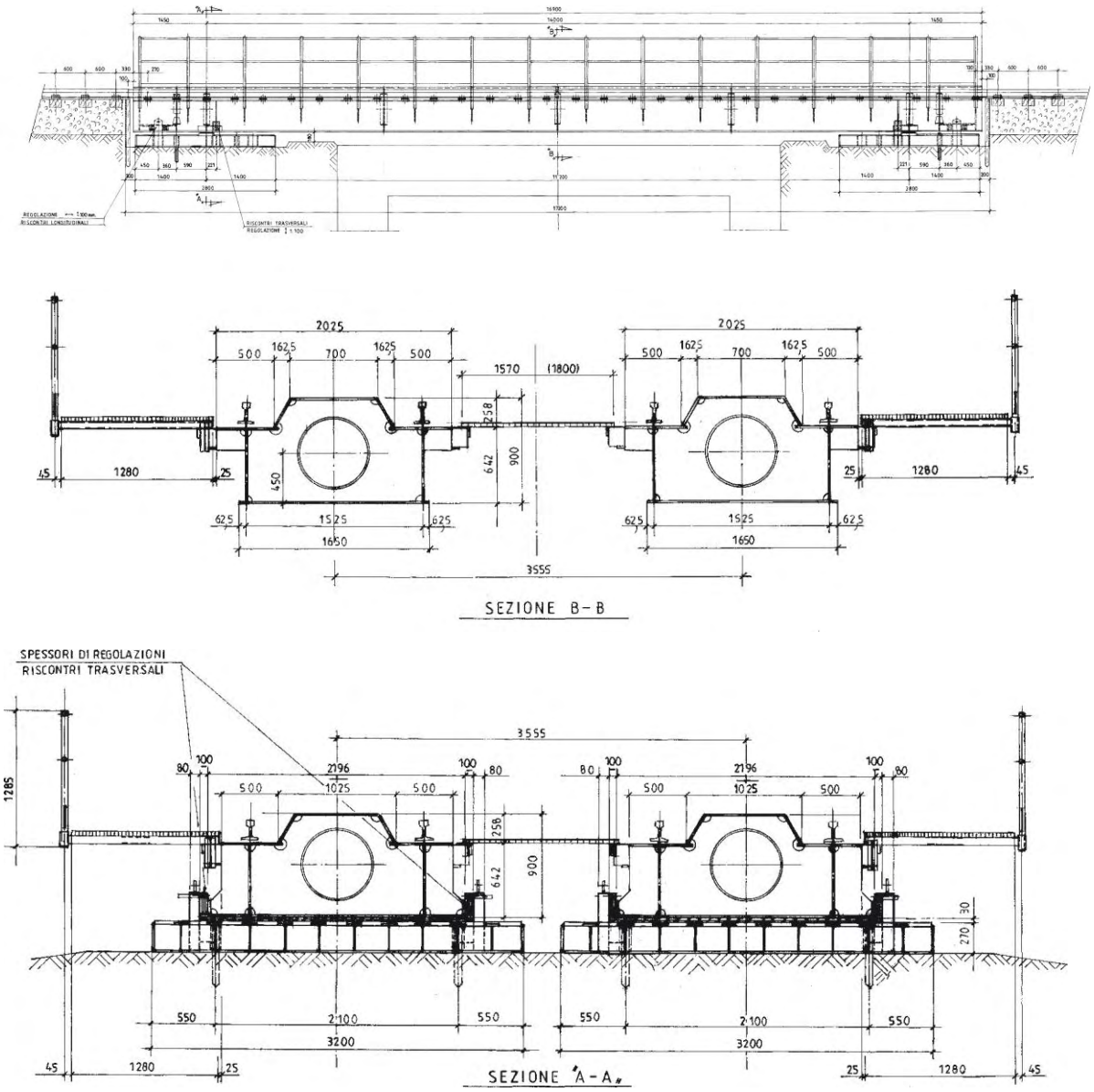
I vantaggi connessi con l'utilizzo del Ponte Bologna possono essere così riassunti:

- operazioni di posa e rimozione molto snelle, che consentono di abbattere di circa 60 minuti i tempi oggi impiegati con le travi gemelle tradizionali; la posa del sistema di sostegno di un binario, così come la sua rimozione, possono essere effettuate in una sola interruzione della durata inferiore alle 4 ore;
- possibilità di configurazione del sistema per posa anche in curva con raggio di curvatura limitato a 1170 m, e con velocità di transito in categoria D4 fino ad 80 km/h;
- risparmi in termini di profondità di scavo, minore impiego di opere provvisionali e rampe meno acclivi legati al limitato spessore del Ponte stesso, con riduzione intorno al 20% della distanza tra piano del ferro e sottotrave rispetto alle travi gemelle tradizionali (850 mm contro almeno 1050 mm);
- componenti del sistema di sostegno tali da poter essere movimentati mediante gru ferroviaria;
- sistema interamente in acciaio con giunzioni realizzate ad incastro e mediante inserimento di spessori.

Il Ponte a luce ridotta o Ponte Bologna 17

Questa è la soluzione adottabile nei casi di sottopassaggi aventi luce ridotta.
L'impalcato è formato da una trave monolitica a cassone lunga 16,90 m e con una luce di calcolo pari a 14,00 m, interamente ispezionabile all'interno grazie a passi d'uomo circolari aventi diametro ϕ600 mm posti alle due testate.
Il suo peso complessivo, compreso l'armamento ferroviario ed il rivestimento di mattonelle di ferrite, è inferiore alle 19 ton.
Tale trave poggia con schema isostatico su due basamenti in acciaio aventi dimensioni in pianta di 2,80 x 2,80 m e peso pari a circa 4 ton.
La travata è completata da passerelle laterali di servizio.
La realizzazione del ponte in un unico componente risulta l'elemento determinante per l'abbattimento dei tempi di posa del ponte stesso, mentre la particolare sezione a cassone consente di avere una struttura di limitato spessore, tanto che la distanza tra piano del ferro e fondo della trave è contenuta in soli 850 mm.
Per l'armamento ferroviario, costituito da rotaie 60 UNI montate su attacchi Vossloh, è prevista una doppia foratura in corrispondenza delle piattabande superiori della trave: questo consente il montaggio dell'armamento ferroviario in due diverse configurazioni: rispettivamente per tracciato rettilineo e, con l'impiego di speciali scatole di sopraelevazione premontate, per tracciato in curva con raggio limitato a 1170 m.
Il ponte è completato dai suddetti basamenti in acciaio, provvisti di elementi di bloccaggio, e sui quali si realizza il vincolo di appoggio mediante strisce di neoprene armato.
In corrispondenza dei basamenti si trovano anche le sedi per gli elementi di riscontro longitudinali e trasversali, da posizionare mediante impiego di spessori in acciaio e senza alcuna bullonatura.
La luce libera tra gli appoggi risulta pari a 11,20 m, consentendo di impiegare il ponte a luce ridotta per sottopassi aventi ingombro totale fino a circa 7 m e, con adeguate opere di consolidamento del rilevato, fino a 10 m.

Le passerelle laterali in dotazione, costituite da elementi componibili da montare unicamente mediante vincoli ad incastro, garantiscono la continuità dei sentieri adiacenti il binario e quindi la sicurezza del personale. Nel caso di linea con binario singolo, il ponte viene attrezzato con le passerelle esterne da entrambi i lati, nel caso di linea con doppio binario vengono posati due ponti affiancati attrezzati con due passerelle esterne e una passerella centrale.



Sezioni longitudinali e trasversali del Ponte Bologna 17

Il Ponte standard o Ponte Bologna 25

Questa è la soluzione adottabile ad esempio nei casi di sottopassaggi stradali a doppia carreggiata, con ingombro medio pari a circa 12 m.

A causa della sua lunghezza e delle conseguenti deformazioni, questo impalcato non è costituito da una struttura monolitica come nel caso del Ponte Bologna 17, ma presenta una struttura costituita da una trave centrale a cassone, con sezione analoga a quella del ponte ad ingombro ridotto, completata da due travi laterali a cassoncino.

La trave centrale è appoggiata su quelle laterali in tre posizioni, dove grosse mensole solidali alla trave stessa si inseriscono in appositi alloggiamenti dei cassoncini; l'unione viene poi realizzata mediante il posizionamento di una serie di piatti di spessoramento e riscontri in acciaio.

Le travi laterali svolgono la funzione di sostegno per il cassone principale, consentendo anche di limitarne lo spessore. La distanza tra piano del ferro e fondo della trave è anche per questa soluzione pari a soli 850 mm.

La struttura presenta una lunghezza totale pari a 24,90 m, con luce di calcolo pari a 21,40 m.

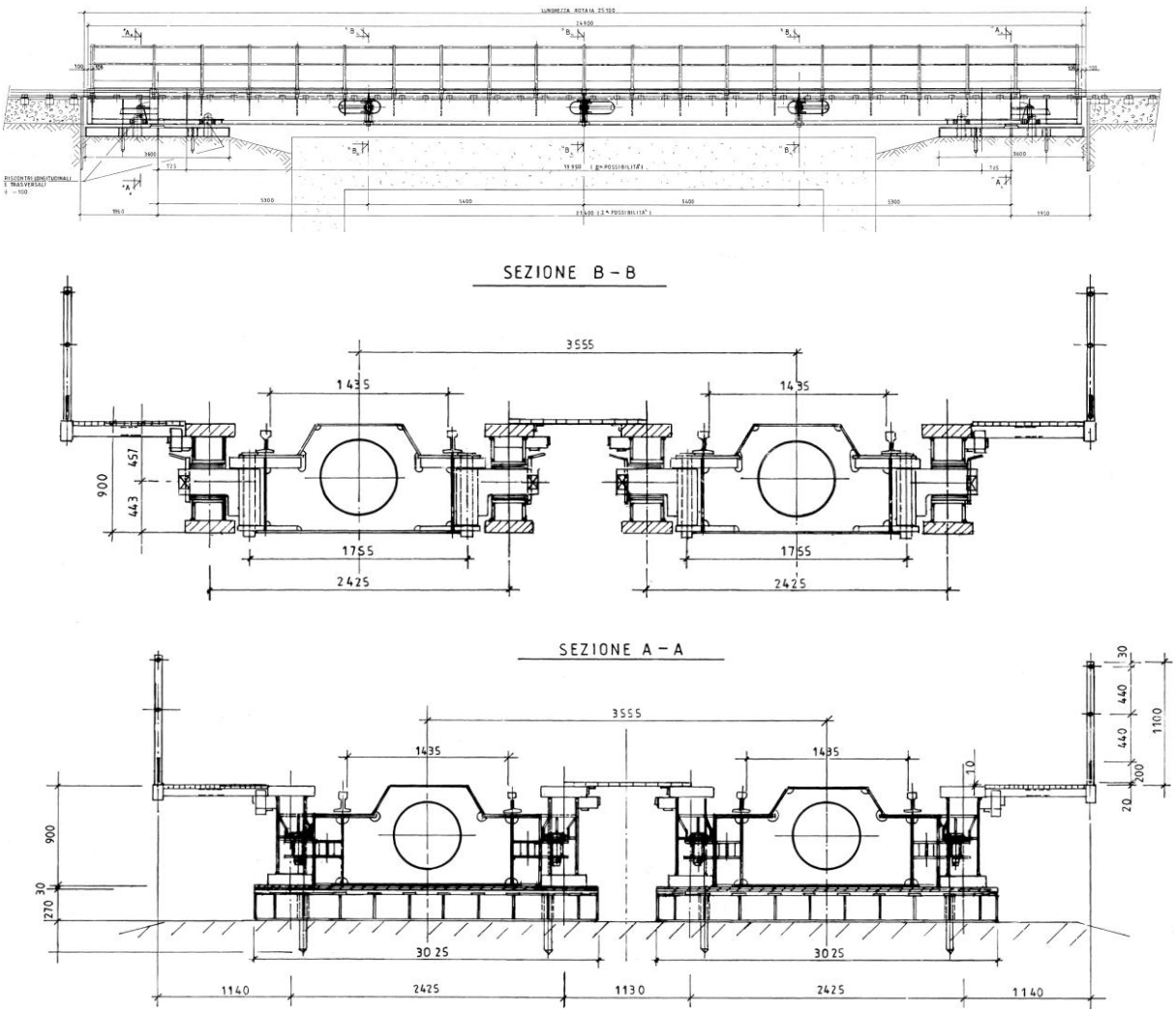
Il Ponte Bologna 25 presenta anch'esso uno schema isostatico, poggiando su basamenti in acciaio aventi ingombro pari a 3,60 x 3,03 m.

Il vincolo di appoggio è realizzato previa posa di strisce di neoprene armato.

In corrispondenza dei basamenti stessi si trovano anche le sedi per gli elementi di riscontro longitudinali e trasversali, da posizionare mediante impiego di spessori in acciaio e senza alcuna bullonatura.

La luce libera tra gli appoggi risulta pari a 17,80 m, consentendo di impiegare il ponte standard, con un consolidamento del terreno in corrispondenza delle spalle, per sottopassi aventi luce totale fino a 16 m.

Anche per il ponte di lunghezza standard sono previste due diverse configurazioni di montaggio, rispettivamente per tracciato rettilineo e per tracciato in curva con raggio limitato a 1170 m, e vengono fornite passerelle laterali costituite da elementi componibili da montare unicamente mediante vincoli ad incastro.



Sezioni longitudinali e trasversali del Ponte Bologna 25

CAPITOLO 7

LAVORAZIONI RITENUTE PARTICOLARMENTE INTERESSANTI

Vengono ora presentate con maggiore dettaglio alcune delle lavorazioni sopraccitate, svolte nell'ambito dei lavori di messa a standard dell'impianto di Rovello Porro, ritenute da me particolarmente interessanti.

Spostamento del binario dispari

Lo spostamento del binario dispari è avvenuto, come detto, in due fasi successive. Dapprima è stato spostato dalla progressiva km 24+958 alla progressiva km 24+693. Successivamente è stato spostato dalla progressiva km 24+771 alla progressiva km 24+479.

I due interventi sono stati del tutto analoghi in termini di tempistiche, organizzazione del lavoro, mezzi impiegati e uomini occupati.

Entrambi hanno comportato una notte di lavoro preceduta da una notte di preparazione.

Nella notte precedente lo spostamento si è proceduto a:

- scassettamento della massicciata che ha imposto un rallentamento provvisorio a 30 km/h;
- svincolo degli agganci per liberare la rotaia e il loro successivo fissaggio per evitare di incorrere, nella notte successiva, in chiavardini bloccati che avrebbero rallentato le operazioni.

Queste lavorazioni sono state anticipate di un giorno al fine di agevolare e rendere più spedito l'effettivo spostamento del binario, il quale è stato eseguito con un'interruzione programmata della circolazione ferroviaria di 6 ore.

I mezzi impiegati nello spostamento sono stati:

- due caricatori;
- un portalino;
- alcuni carri tramoggia per il trasporto e la stesa di nuovo pietrisco;

- una profilatrice;
- una rincalzatrice;
- due motoscale per i lavori di TE.

Le attività si sono così susseguite:

- rimozione delle passerelle in gomma Strail sul PL di via Veneto;
- taglio e demolizione della pavimentazione stradale in corrispondenza dello stesso PL;
- rimozione di tutti gli enti e delle trecce per la continuità del ritorno TE presenti nel tratto da spostare;
- allentamento del serraggio degli agganci;
- taglio delle rotaie;
- intervento dei caricatori dotati di piccola benna mordente che, muovendosi sul binario attiguo, hanno tirato e spostato il binario per fasi successive;
- intervento del portalino per garantire maggiore precisione negli ultimi centimetri di spostamento;
- taglio della parte di rotaia eccedente e giunzione con l'altra estremità;
- scarico del pietrisco dai carri tramoggia;
- passaggio delle profilatrice;
- ripetuto passaggio della rincalzatrice per garantire il corretto assetto planimetrico del binario e la corretta quota del piano del ferro;
- saldatura delle rotaie in corrispondenza dei tagli;
- rimessa in opera delle trecce per la continuità del ritorno TE e di tutti gli enti precedentemente rimossi;
- ripristino del PL.

Essendo il lavoro stato svolto in periodo invernale si è valutato di poter posticipare la regolazione del binario ad una fase successiva.

I lavori di armamento sono stati ovviamente accompagnati da interventi di adeguamento della TE al fine di renderla compatibile con il nuovo tracciato.

Queste attività sono state ripartite su più giorni e più notti. In particolare, nelle notti precedenti l'intervento, si è proceduto a:

- realizzazione dei blocchi di fondazione e posa dei due nuovi sostegni n.7 e n.9 realizzati con pali di recupero M29;
- attrezzaggio dei sostegni di cui sopra con mensole più lunghe in maniera tale da sostenere provvisoriamente la linea di contatto del binario dispari in posizione esistente e definitiva;
- realizzazione dei blocchi di fondazione e posa dei sostegni LS n.12, n.14, n.15 e n.19 in posizione definitiva;
- attrezzaggio dei sostegni LS di cui sopra con particolare riferimento ai sostegni n.12 e n.14, dotati di mensole più lunghe in maniera tale da sostenere provvisoriamente le linee di contatto sia del binario pari sia del binario dispari, in posizione esistente e definitiva;
- collegamento dei nuovi sostegni al circuito di terra di protezione;
- sostituzione della mensola del palo esistente n.S1 per adeguamento al nuovo tracciato.

Nella notte dello spostamento del binario, operando con l'ausilio di due motoscale, si è provveduto poi a:

- effettuare il passaggio della linea di contatto esistente sui nuovi pali;
- spostare trasversalmente le sospensioni lungo le mensole dei sostegni esistenti.

Nelle notti successive all'intervento sono poi stati rimossi mediante taglio i sostegni non più utilizzati.

Caricatori al lavoro per spostare il binario

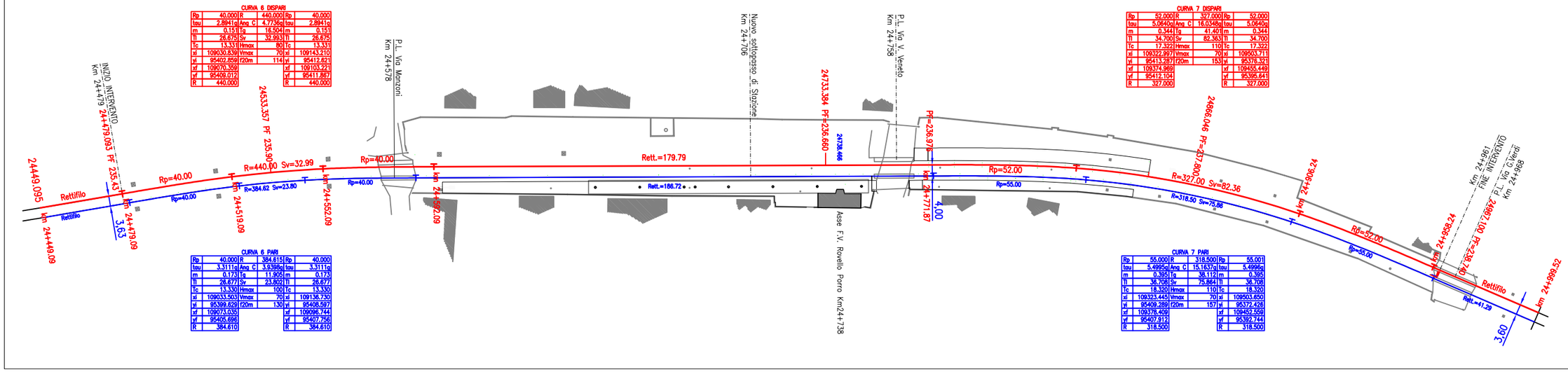
Binario durante lo spostamento

Prima fase dello spostamento di binario terminata

Particolare: flesso provvisoriamente introdotto

Particolare: flesso eliminato al termine dello spostamento di binario

TRACCIATO PLANIMETRICO ARMAMENTO FASE FINALE



CURVA 6 DISPARI

Rp	40.000	R	440.000	Rp	40.000
tau	2.8941g	Ang C	4.7356g	tau	2.8941g
m	0.151	Tg	16.504	m	0.151
Tl	26.675	Sv	32.993	Tl	26.675
Tc	13.333	Hmax	80	Tc	13.333
xi	109032.839	Vmax	70	xi	109143.210
yi	95402.859	l20m	114	yi	95412.821
xf	109070.359			xf	109103.221
yf	95408.012			yf	95411.867
R	440.000			R	440.000

CURVA 7 DISPARI

Rp	52.000	R	327.000	Rp	52.000
tau	5.0540g	Ang C	16.0345g	tau	5.0540g
m	0.344	Tg	41.401	m	0.344
Tl	34.700	Sv	82.363	Tl	34.700
Tc	17.322	Hmax	110	Tc	17.322
xi	109372.997	Vmax	70	xi	109503.711
yi	95413.287	l20m	153	yi	95378.321
xf	109374.969			xf	109455.449
yf	95412.104			yf	95395.641
R	327.000			R	327.000

CURVA 6 PARI

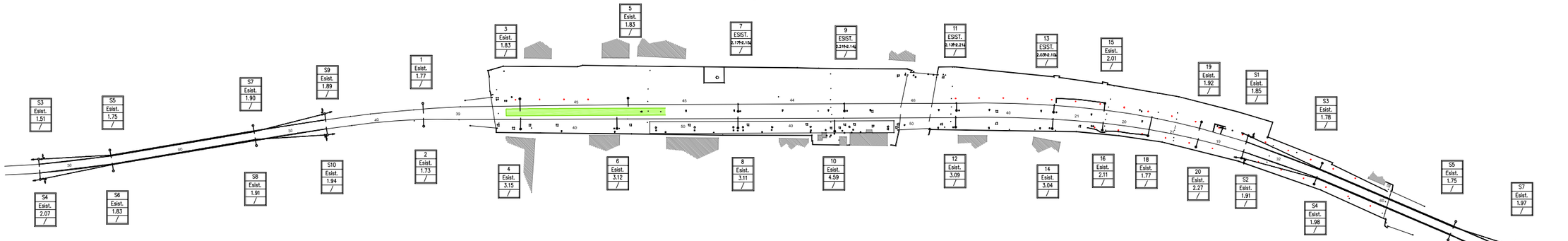
Rp	40.000	R	384.615	Rp	40.000
tau	3.3111g	Ang C	3.9398g	tau	3.3111g
m	0.173	Tg	11.906	m	0.173
Tl	26.677	Sv	23.802	Tl	26.677
Tc	13.330	Hmax	100	Tc	13.330
xi	109033.503	Vmax	70	xi	109136.730
yi	95399.629	l20m	130	yi	95408.597
xf	109073.035			xf	109096.744
yf	95405.696			yf	95407.756
R	384.610			R	384.610

CURVA 7 PARI

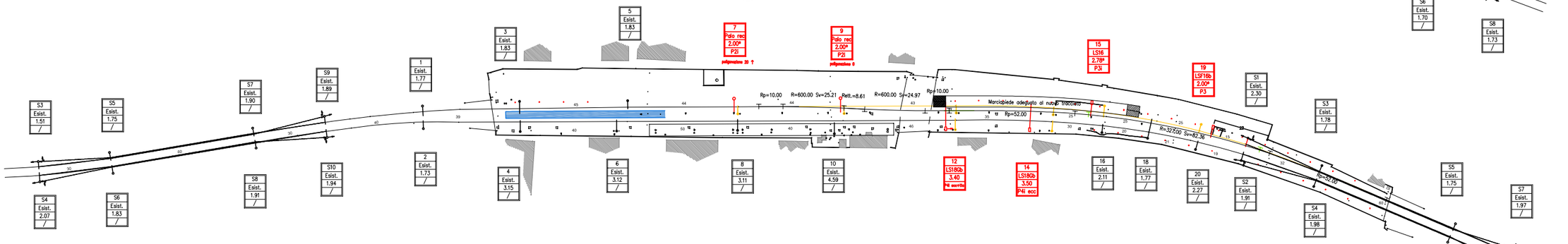
Rp	55.000	R	318.500	Rp	55.001
tau	5.4995g	Ang C	15.1637g	tau	5.4995g
m	0.395	Tg	38.112	m	0.395
Tl	36.708	Sv	75.864	Tl	36.708
Tc	18.320	Hmax	110	Tc	18.320
xi	109323.445	Vmax	70	xi	109503.650
yi	95409.289	l20m	157	yi	95372.426
xf	109378.409			xf	109452.559
yf	95407.912			yf	95392.744
R	318.500			R	318.500

FASI PIANO DI ELETTRIFICAZIONE

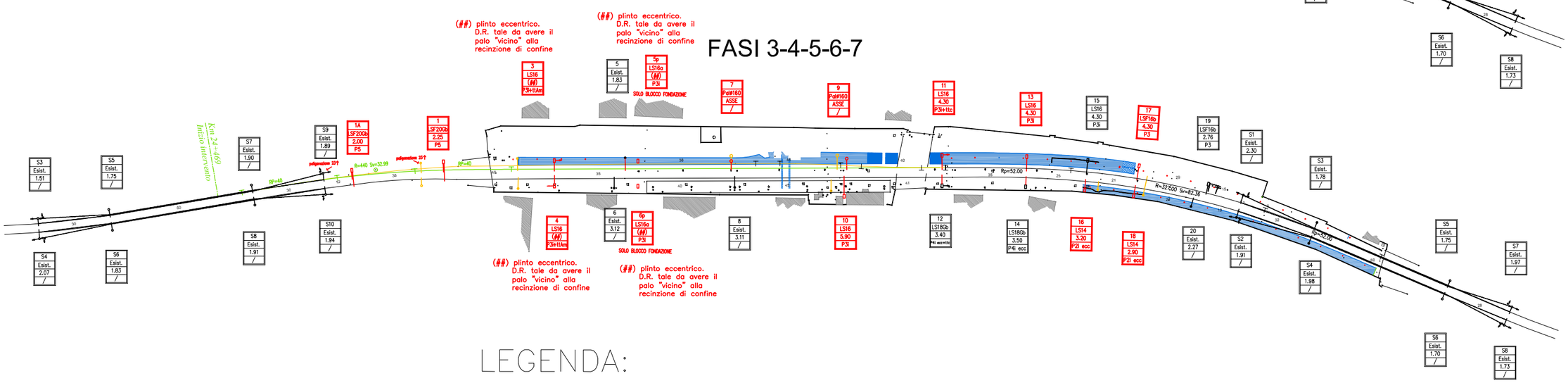
FASE 1



FASE 2



FASI 3-4-5-6-7



LEGENDA:

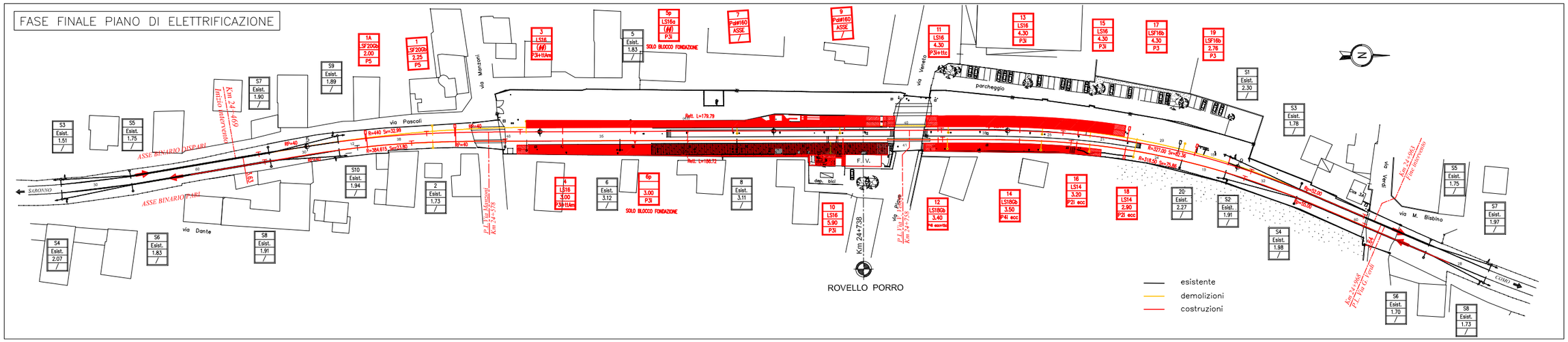
- esistente
- demolizioni
- costruzioni
- interventi di fase
- realizzato in fasi precedenti

- palo esistente
- palo da rimuovere
- palo nuovo
- Fune fissa e fili regolati
- Tirante a terra

S10	Num. palo
LSF16b	Tipo palo
2.25	d.r.
P3/ttb	Blocco di fondazione + tipo TT

NOTA: L'asterisco (*) sta ad indicare che la d.r. è considerata rispetto al binario esistente/da demolire

FASE FINALE PIANO DI ELETTRIFICAZIONE



Posa in opera Ponti Bologna

La posa dei Ponti Bologna è avvenuta in due notti consecutive nel mese di marzo.

Le lavorazioni sono state precedute dall'attrezzaggio dei Ponti stessi con rotaie e attacchi di tipo Vossloh da parte del personale di RFI.

Durante le fasi di posa dei Ponti sono intervenuti principalmente tre macchinari:

- un carrello di FERROVIENORD per i lavori di TE;
- una autogrù da 250 ton;
- un escavatore cingolato.

Il primo Ponte a venir messo in opera è stato quello sul binario dispari, quello cioè adiacente alla fossa di varo.

Una volta ottenuta l'interruzione con tolta tensione e posizionate le aste di messa a terra si è preceduto ad effettuare dei lavori propedeutici alla linea di contatto.

Dovendo infatti essere sollevata la campata di binario da rimuovere, e dovendo essere poi calati i basamenti e la trave costituenti il Ponte si è ritenuto opportuno agevolare tali operazioni spostando il più possibile la linea di contatto.

Per il varo del Ponte sul binario dispari, le operazioni di sollevamento e calo sono state eseguite esternamente alla linea TE, pertanto in questa prima fase, nel tratto in prossimità del Ponte questa è stata svincolata, tirata verso l'interno e fissata provvisoriamente. Tutto questo è stato fatto con l'ausilio di un carrello avente cestello in grado non solo da alzarsi ma anche di sbracciare lateralmente, circolante sul binario attiguo a quello di intervento.

Carrello TE

Terminati i lavori di TE si è provveduto al taglio delle rotaie al fine di consentire la rimozione della campata di binario. I tagli sono stati effettuati con sega rotaie a disco, a distanze dettate dall'effettiva lunghezza delle rotaie montate sul Ponte, avendo per sicurezza preventivamente cortocircuitato le due estremità.

Particolare: rotaie tagliate

Terminato il taglio si è proceduto all'asportazione delle campata con l'ausilio dell'autogrù. La campata è stata quindi posata in area di cantiere, a lato dei binari.
Sono poi iniziate le operazioni di scavo.

Sollevamento campata di binario

Con particolare cura si è proceduto allo scavo in corrispondenza dei due basamenti, dove è stata raggiunta una profondità di circa 120 cm dal piano del ferro, per poi realizzare il piano di posa dei basamenti mediante l'apporto di un misto di sabbia e cemento. La precisione della quota di tale piano di posa e la congruenza della sua pendenza con quella del binario esistente sono di fondamentale importanza e sono state pertanto curate con grande attenzione.

In corrispondenza dei basamenti il pacchetto composto da trave, basamento e neoprene interposto ha spessore pari a 115 cm. Tenendo in considerazione un paio di centimetri di assestamento si è stabilito di portare il piano di posa alla quota di 112,5 cm sotto il piano del ferro.

La precisione millimetrica è stata ottenuta mediante l'utilizzo di stadie, guide metalliche e bolle.

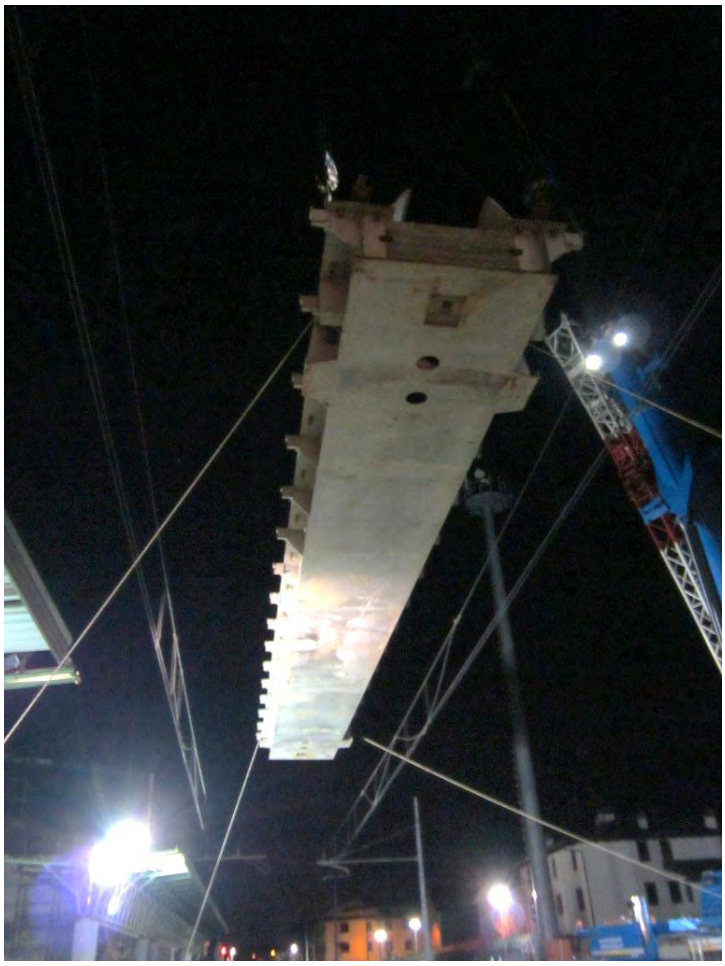
Piano di posa basamento Ponte Bologna in misto di sabbia e cemento

Terminata questa operazione si è proceduto al posizionamento del basamento, sollevato e calato il loco dall'autogrù. Il basamento stesso è stato quindi bloccato mediante appositi perni parzialmente infissi nel terreno.

Basamento Ponte Bologna

Messo in opera il primo basamento, prima di procedere al posizionamento del secondo, che è avvenuto in maniera del tutto analoga, si è provveduto a scavare la parte centrale. La profondità di scavo richiesta in questa fase era almeno pari allo spessore della trave, cioè 85 cm dal piano del ferro. Si è però deciso, essendo l'Impresa in anticipo sui tempi previsti e avendo ampio margine di tempo, di approfondire tale scavo in modo da ridurre il materiale da smarinare in fase di spinta del manufatto e in modo da non avere, nella stessa fase, un fronte chiuso, limitando così le possibilità di crolli, a tutto vantaggio della sicurezza degli operatori.

Terminate la fasi di scavo e posa dei due basamenti si è proceduto, sempre con l'ausilio dell'autogrù, alla posa in opera della trave metallica, la quale è stata poi fissata ai basamenti mediante appositi blocchi.



Calo trave Ponte Bologna

Calo trave Ponte Bologna

Particolare: elementi di fissaggio Ponte Bologna

Particolare: elementi di fissaggio Ponte Bologna

Si sono quindi effettuati i lavori di armamento. Dapprima si è provveduto ad un ulteriore taglio delle rotaie al fine di lasciare una luce di 1,50 cm per consentirne la dilatazione termica, quindi si è provveduto al fissaggio tra le rotaie del Ponte e il binario esistente per ripristinarne la continuità.

Per fare ciò sono state utilizzate ganasce che, nel caso in esame, erano di tipo promiscuo. Le rotaie montate sul Ponte sono infatti di tipo 60 UNI, mentre l'armamento presente in corrispondenza dell'impianto di Rovello Porro è del tipo 50 UNI.

Particolare: steccatura promiscua

Taglio rotaia con sega rotaia a disco

Si è quindi proceduto al montaggio della passerella pedonale in dotazione al Ponte sul lato esterno del binario.

Passerella Ponte Bologna

Una volta messe in opera le corde per ripristinare la continuità dei circuiti di binario in corrispondenza delle giunzioni, e una volta ripristinata l'originale poligonazione della linea di contatto, le lavorazioni di posa in opera del Ponte Bologna si sono potute ritenere concluse.
Per il montaggio di un singolo Ponte Bologna è stata sufficiente un'interruzione della durata di circa 4 ore e mezza.

Del tutto analoghe sono state le operazioni per la posa in opera del secondo Ponte Bologna, posizionato sul binario pari.
Vi sono state due sole lievi differenze.
La presenza della pensilina ha infatti imposto che le operazioni di sollevamento della campata di binario e le operazioni di calo di basamenti e trave venissero eseguite dal lato interno, e quindi tra le linee di contatto dei due binari. Questo ha comportato la necessità di una maggiore attenzione al fine di evitare seri danneggiamenti agli impianti di trazione elettrica.
La seconda differenza ha invece riguardato la quota del piano di posa dei basamenti. Dal momento che il Ponte montato nella notte precedente era risultato lievemente basso, si è stabilito, in occasione della posa del secondo Ponte Bologna, di ridurre a soli 112 cm, invece dei precedenti 112,5 cm, tale quota rispetto al piano del ferro.

Rimozione Ponti Bologna

Le operazioni per la rimozione dei Ponti Bologna sono avvenute in due notti consecutive nel mese di aprile. Il primo Ponte ad essere rimosso è stato quello posizionato sul binario dispari.

I macchinari intervenuti in queste lavorazioni sono state:

- un carrello di FERROVIENORD per i lavori di TE;
- una autogrù da 250 ton;
- un caricatore;
- un escavatore cingolato;
- una profilatrice e spazzolatrice;
- una rincalzatrice.

Le operazioni sono naturalmente avvenute in regime di interruzione della circolazione con tolta tensione.

Come in occasione della posa dei Ponti il primo intervento ha riguardato lo spostamento della linea di contatto per agevolare i sollevamenti e i cali effettuati con l'autogrù.

Si è quindi proceduto a svincolare il ponte dal binario, togliendo dapprima le connessione induttive, poi rimuovendo le ganasce.

Sono stati quindi tolti i blocchi e gli spessori che fissavano la trave del Ponte Bologna ai suoi basamenti e si è proceduto al sollevamento della trave stessa che è stata posata in area di cantiere.

Sempre con l'ausilio dell'autogrù sono stati successivamente sollevati e rimossi i basamenti.

Ponti Bologna prima della rimozione

Particolare: basamento e trave del Ponte Bologna prima della rimozione

Trave rimossa

Si è quindi potuto procedere al riempimento dello scavo mediante pietrisco.

Nelle ore precedenti l'intervento l'Impresa di armamento aveva provveduto a portare in area di cantiere i necessari metri cubi di pietrisco, scaricandoli nei pressi della zona di intervento.

Pietrisco preventivamente scaricato in cantiere

Per riempire lo scavo sono stati utilizzati l'escavatore cingolato per portare il pietrisco dalla zona di accumulo allo scavo, e il caricatore che, operando dal binario attiguo, ha provveduto a regolare la stesa del pietrisco preparando il piano per la successiva posa della campata di binario.

Tale campata, la stessa che era stata rimossa e posata in cantiere in occasione della posa del Ponte, è stata sollevata e calata con l'autogrù.

La campata è stata poi provvisoriamente inganasciata, mentre il caricatore ha continuato ad apportare pietrisco.

Si è quindi data una prima passata di rincalzatrice in modo da ripristinare un assetto plano-altimetrico accettabile del binario, e poi una seconda passata al fine di ottenere un livellamento del binario quasi ottimale.

Si è quindi discusso circa l'opportunità di programmare per le notti successive un ulteriore passaggio della rincalzatrice preceduto da un ulteriore apporto di pietrisco. Questo è stato però escluso. Nelle settimane successive erano infatti in programma lavorazioni, quali lo scavo in fianco al binario per la posa dei cordoli prefabbricati di banchina, che avrebbero potuto determinare cedimenti del binario stesso, seppure millimetrici.

Si è pertanto ritenuto opportuno posticipare il livellamento finale del binario di qualche settimana.

Ci si è così limitati ad un passaggio di spazzolatrice.

E' stato quindi possibile procedere alla saldatura e alla steccatura definitive. Si è infatti deciso di non saldare tutte le quattro giunzioni, ma di saldarne solamente due, e di fissare le restanti due mediante ganasce lasciando una luce di circa 3 cm. Questo per evitare l'insorgere di problemi di slineamento del binario

In quei giorni infatti le temperature erano parecchio alte e l'intervento per la regolazione del binario stesso era stato programmato per la settimana successiva.

Le saldature sono state fatte con processo alluminotermico, mediante apposito crogiuolo, avendo cura di allineare perfettamente le testate spessorando opportunamente le rotaie e provvedendo poi ad una accurata smerigliatura.

In corrispondenza delle giunzione inganasciate, per evitare poi che queste restassero sospese e quindi determinassero un eccessivo martellamento al passaggio dei convogli,

come ultima operazione sono stati posti sotto la suola degli spezzoni di traversoni in legno.

Particolare: traversa in legno in corrispondenza della giunzione

Particolare: traversa in legno in corrispondenza della giunzione

Terminati i lavori di armamento, le giunzioni sono state collegate mediante trecce in modo da ristabilire la continuità dei circuiti di binario e si è provveduto a ripristinare l'originale poligonazione della linea di contatto.

A questo punto si sono potute ritenere concluse le operazioni di rimozione del Ponte Bologna dal binario dispari.

Binario dispari ripristinato

Le operazioni per la rimozione del Ponte posizionato sul binario pari, avvenute nella notte seguente, sono state del tutto analoghe.

Per la rimozione di un singolo binario è stata sufficiente un'interruzione di circa 4 ore.

Entrambi i binari ripristinati

Considerazioni

Concludo questo mio elaborato di tesi con alcune brevi considerazioni circa l'opportunità di adottare la soluzione di progetto, e quindi un sottopasso prefabbricato, oppure la soluzione di variante, ossia un sottopasso realizzato fuori opera e poi spinto oleodinamicamente sotto i binari, sostenendo gli stessi con travi di tipo Bologna.

Una prima analisi è basata su considerazioni di carattere economico.

Come si evince dal computo metrico estimativo, con le voci di prezzo previste in contratto a Rovello Porro, la soluzione a spinta risulta più costosa di circa il 10% rispetto al sottopasso realizzato mediante conci prefabbricati.

Questo tipo di valutazione non può però essere considerato sufficiente per un'analisi efficace. Non tiene infatti minimamente conto dei benefici che la soluzione a spinta porta all'esercizio ferroviario e dei costi che si devono sostenere per garantire un servizio sostitutivo qualora si intervenga asportando i binari e sospendendo la circolazione ferroviaria.

Ricordo infatti che la soluzione di progetto prevedeva una interruzione totale della circolazione di almeno 36 ore per ciascun binario, da effettuarsi nei giorni di sabato e domenica. Al contrario con la soluzione a spinta con adozione del Ponte Bologna non vi sono state soggezioni all'esercizio ferroviario.

Un'ulteriore analisi è poi basata sui tempi di realizzazione.

A riguardo si può affermare che la soluzione a spinta, nel caso dell'intervento di Rovello Porro, è risultata vantaggiosa in quanto la modalità di realizzazione del sottopasso ha influenzato i tempi e le fasi realizzative delle opere connesse al sottopassaggio stesso.

La possibilità di costruire il monolito fuori opera ha infatti consentito di anticipare lo spostamento del binario dispari nel tratto a sud del PL di via Vittorio Veneto.

Questo ha in particolare permesso di anticipare la costruzione delle nuove banchine, con un risparmio di tempo in termini globali a livello di cantiere.

Non si può però dire che la soluzione a spinta sia di per sé più rapida rispetto alla messa in opera di un sottopassaggio prefabbricato.

Risultano infatti necessarie non meno di sei settimane per la costruzione del monolito, l'attesa della maturazione del calcestruzzo e la spinta oleodinamica.
Al contrario il sottopasso prefabbricato, una volta forniti i conci e portati in cantiere, risulta finito nell'arco di due fine settimana con interruzioni di 36 ore.
Un'ultima considerazione è legata alle caratteristiche dell'area di cantiere e agli spazi che si hanno a disposizione.
La scelta di costruire un sottopassaggio mediante conci prefabbricati può in particolare risultare vincente nelle situazioni in cui, a causa di edifici esistenti o altri vincoli, non sia possibile scavare la fossa di varo. Tale soluzione risulta più elastica, specie con l'ausilio di un'autogrù di grandi dimensioni che consente di movimentare i conci anche lontano dal punto di stazionamento.
Personalmente ritengo che la soluzione adottata nell'ambito degli interventi per l'adeguamento a standard dell'impianto di Rovello Porro sia stata complessivamente la più idonea.
La scelta di realizzare il sottopasso costruendo il monolito fuori opera per poi spingerlo sotto i binari ha però imposto anche un'analisi circa il sistema che fosse più adatto per il sostegno dei binari stessi.
Gli spazi ristretti hanno determinato la necessità di scavare la fossa di varo e costruire il monolito molto a ridosso del binario dispari, quasi sotto lo stesso. E' stato quindi necessario mettere in opera il sistema di sostegno già in fase di costruzione del monolito e non solo in occasione della spinta.
Si è pertanto imposto l'utilizzo di un sistema di sostegno dei binari che fosse indipendente dal manufatto in costruzione e non vi poggiasse sopra con travi di manovra o simili.
Tra i sistemi precedentemente presentati gli unici rispondenti a queste caratteristiche sono le travi gemelle, il "Ponte ESSEN Standard", il "Ponte ESSEN Gemellato" e il Ponte Bologna.
La scelta di adottare il Ponte Bologna è stata legata a valutazioni di tipo economico e tecnico e si è rivelata ottimale.

E’ stato infatti possibile mantenere inalterata la velocità di linea, sono state annullate le soggezioni all’esercizio ferroviario ed è stata garantita la sicurezza dei lavoratori non solo all’interno dello scavo, ma anche in superficie.

La presenza delle passerelle laterali ha infatti consentito ai tecnici FERROVIENORD dell’armamento di effettuare senza difficoltà le necessarie visite di linea e, durante le interruzioni notturne, ha fornito agli operai dell’Impresa una facile e rapida via di connessione lungo il binario dispari tra la parte nord del cantiere e quella sud, diversamente connesse solo da uno stretto passaggio alle spalle della fossa di varo.

Sono inoltre personalmente rimasto sorpreso per la semplicità e la rapidità di posa del Ponte stesso.

Bibliografia

- Cento anni di storia … delle FERROVIE NORD MILANO. Giovanni Cornolò. Globo edizione. Stampa 1979
- Ferrovie Nord Milano: 1879-1979. Testi di Riccardo Bacchelli, Alcide Paolini, Lucio Simonetta. Officine Grafiche e Legatoria Sagdos. Stampa 1979
- Strade Ferrovie Aeroporti. Michele Agostinacchio, Donato Ciampa, Saverio Olita. EPC LIBRI
- Nuovo Ponte Provvisorio Bologna. Dott. Ing. Modesto Di Nuzzo, Dott. Ing. Aldo Isi
- Prefazione all'Orario di Servizio delle FERROVIENORD
- Armamento, istruzioni di base. Unità Armamento di FERROVIENORD
- Norme per il Servizio del Personale di Linea delle FERROVIENORD. Istruzione per la protezione dei cantieri di lavoro
- Istruzione FS del 23 maggio 1996: Prescrizioni per la progettazione di marciapiedi alti nelle stazioni a servizio dei viaggiatori
- Progettazione strutturale di un sottovia stradale. Alice Lelli
- Manufatti sottopassanti linee ferroviarie inseriti a spinta. Verino Travaglini
- Tratta Saronno – Como: adeguamento a standard impianto di Rovello Porro. Progetto esecutivo. Relazione generale
- Tratta Saronno – Como: adeguamento a standard impianto di Rovello Porro. Progetto esecutivo. Relazione descrittiva opere civili
- Tratta Saronno – Como: adeguamento a standard impianto di Rovello Porro. Progetto esecutivo. Relazione tecnica impianti ferroviari

- Tratta Saronno – Como: adeguamento a standard impianto di Rovello Porro. Progetto esecutivo. Relazione descrittiva impianti tecnologici
- REGOLAMENTO (CE) N. 1080/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 5 luglio 2006 relativo al Fondo europeo di sviluppo regionale e recante abrogazione del regolamento (CE) n. 1783/1999
- Contratto di Programma per gli Investimenti sulla rete ferroviaria regionale in concessione a FERROVIENORD S.p.A. del 3 dicembre 2009
- Aggiornamento del programma di interventi alla rete ferroviaria regionale in concessione a FERROVIENORD S.p.A di cui al contratto di programma sottoscritto il 3 dicembre 2009
- sito internet della Commissione Europea: ec.europa.eu
- sito internet: www.ue.regione.lombradia.it
- sito internet: www.essenitalia.it
- sito internet: www.tensiter.it
- sito internet : www.studioromaro.it