



Il progetto del Deposito di Graniti della Linea Metropolitana C di Roma

Progetto del piano del ferro e sottosistema armamento

Dott. Ing. Maurizio CORTESE()*

1. Introduzione

L'articolo vuole illustrare i principi informatori che sono stati alla base delle scelte progettuali seguite per la definizione del layout generale e del piano del ferro del progetto del Deposito di Graniti della linea C (fig. 1) della metropolitana di Roma destinato al ricovero ed alla manutenzione dei treni.

Si vuole quindi fornire al lettore un quadro generale di riferimento dell'opera, dal Progetto Preliminare posto a base di gara, alla descrizione degli indirizzi progettuali seguiti nella definizione del layout, ivi comprese le future espansioni già predisposte nell'attuale versione del progetto, del piano del ferro, della componentistica di armamento, nel rispetto dei vincoli di dover utilizzare le aree e parte delle opere civili già realizzate da altro soggetto e cioè il Concessionario della linea Roma-Pantano.

2. Progettazione definitiva ed esecutiva

Per la realizzazione della Linea C nell'aprile 2006 è stata costituita la società Metro C, formata dalle società

vincitrici della gara d'appalto indetta dal Comune di Roma e cioè l'Astaldi, Vianini Lavori, Ansaldo STS, CCC e CMB, che ha agito come General Contractor.

Il progetto definitivo è stato presentato il 31 dicembre 2006 a Roma Metropolitane, la società che gestisce per conto del Comune di Roma l'appalto delle opere della linea Metropolitana C.

Successivamente, nel settembre del 2007 è stato presentato il progetto esecutivo, il quale è stato sviluppato sulla base del progetto definitivo approvato dal CIPE con delibera del 15 giugno 2007.

In fase di elaborazione del progetto preliminare della tratta fondamentale Clodio/Mazzini – Pantano della Linea C è stata ridefinita l'organizzazione del deposito di Graniti a seguito della sua destinazione a servizio della Linea C stessa.

Nella fase di progettazione definitiva del Sistema ad Automazione Integrale della Linea C, è stato necessario apportare rilevanti modifiche all'organizzazione funzionale del progetto preliminare approvato per assicurare la compatibilità delle scelte infrastrutturali precedenti con le esigenze di gestione del deposito stesso secondo il Sistema di Automazione scelto.

Nella fase di progetto esecutivo, infine, sono stati ottimizzati gli aspetti inerenti il piano del ferro cioè il trac-

(*) Ansaldo STS - Progettista armamento del Deposito Graniti presso la società Metro C S.c.p.A.

Foto sopra il titolo: Area di cantiere del Deposito di Graniti.

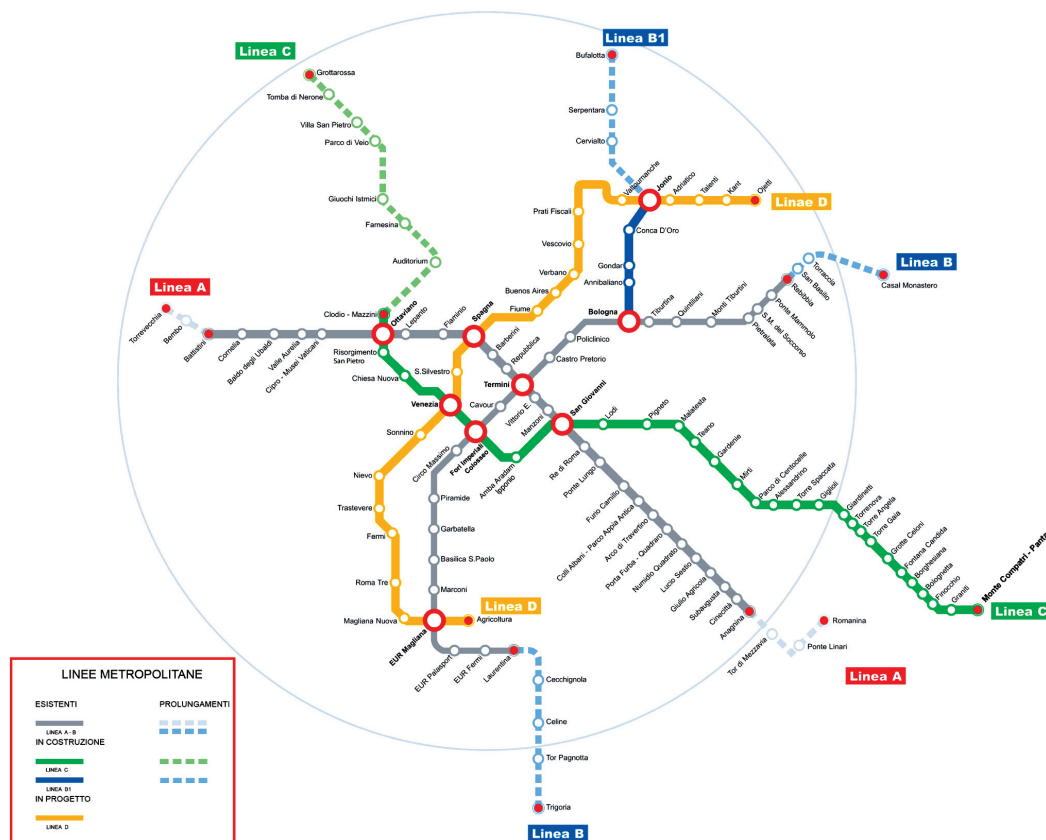


Fig. 1 - Piano schematico generale linee metropolitane di Roma.

ciamento geometrico generale e i profili altimetrici degli ingressi al deposito: in particolare si è cercato di razionalizzare il notevole affollamento di scambi e comunicazioni semplici e sono stati affinati tutti gli aspetti legati al tracciamento geometrico del binario corrente, nel rispetto dei dati di iscrizione del veicolo in curva, curando nel contempo le possibili interferenze e compatibilizzazioni rispetto alle opere civili, quali fabbricati di servizio, blocchi palo della trazione elettrica, viabilità di servizio, predisposizione delle piazzole per le casse di manovra, aperture di ventilazione e botole di caggiao materiali dei cunicoli tecnologici di servizio.

3. Inquadramento generale dell'opera

3.1. Premessa sui vincoli gestionali e di coordinamento

Il Deposito/Officina di Graniti a servizio della linea metropolitana C è previsto in località Graniti in prossimità dell'omonima stazione, localizzazione coincidente

con quella prevista dal progetto esecutivo della ferrovia concessa Roma - Pantano, definita ed approvata nell'ambito della Conferenza dei Servizi.

La realizzazione prevedeva una prima fase in cui il deposito fosse funzionale all'esercizio della ferrovia concessa Roma - Pantano ed una seconda fase in cui il deposito, ampliato ed adeguato, avrebbe dovuto servire la linea "C" della metropolitana.

A seguito dell'introduzione del menzionato sistema di automazione integrale sull'intera Linea C, il progetto definitivo è stato redatto con l'obiettivo di adeguare globalmente le funzionalità del deposito agli standard previsti per la completa automazione del movimento dei treni anche all'interno dell'impianto, con la riprogettazione completa delle aree di manovra dei treni in marcia automatica ed in stazionamento e con una conseguente diversa conformazione e dislocazione degli edifici destinati alla manutenzione del materiale rotabile.

Venuta quindi meno la prima fase sopra citata, si è

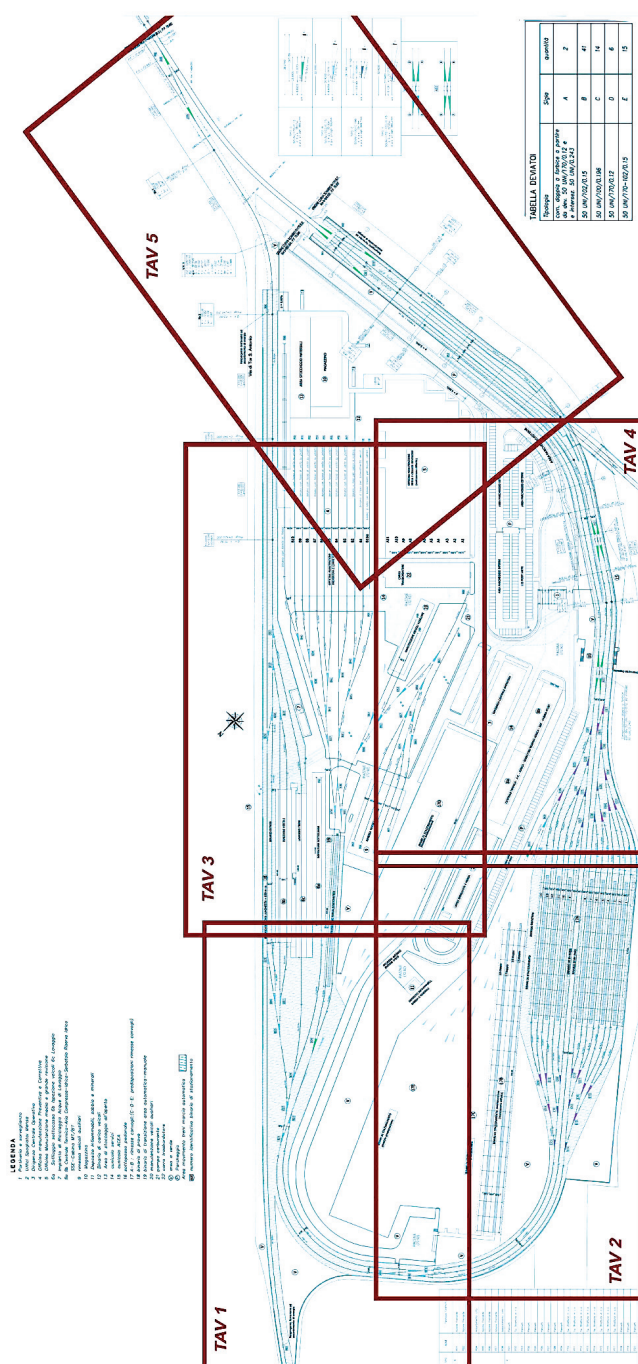


Fig. 2 - Piano del ferro deposito di Graniti-Key plan.

deciso di iniziare subito la progettazione con destinazione d'uso del deposito per la linea Metropolitana C.

Inoltre, considerato che le previste opere di prima fase non erano ancora iniziate, mediante un accordo intercorso tra le società Met.Ro e Roma Metropolitane, si è addivenuti ad un protocollo di intesa in base al quale il Concessionario della Roma-Pantano, attingendo a parte dei finanziamenti disponibili in base alla legge 910/86, realizzasse una parte delle opere civili e dell'armamento, secondo quanto descritto negli elaborati del progetto definitivo redatto da Metro C, facendosi carico anche della Progettazione Esecutiva delle opere di propria competenza.

3.2. Descrizione sintetica del lay out del deposito, requisiti e tipologie di Armamento

La progettazione del lay-out del deposito è partita da uno schematico di base concepito dall'ingegneria di Sistema ed è stata sviluppata in coerenza con i principi funzionali imposti dal sistema di automazione integrale, dalle esigenze manutentive e, come ricordato, dal vincolo di dover utilizzare le aree originariamente previste per l'uso iniziale.

Il lay-out del deposito è riportato nel piano del ferro (figg. 2, 3, 4, 5, 6, 7) e comprende i seguenti fabbricati:

- 1- portineria e sorveglianza;
- 2- uffici, spogliatoi, mensa;
- 3- dirigenza centrale operativa;
- 4- officina manutenzione preventiva e correttiva;
- 5- officina manutenzione media e grande revisione;
- 6- a soffiaggio sottocassa, b ispezione veicoli, c lavaggio treni;
- 7- impianto di riciclaggio acque di lavaggio;
- 8- a,b Centrale termica - aria compressa - idrica - Serbatoio riserva idrica, SSE, cabina MT/BT;
- 9- rimessa veicoli ausiliari;
- 10- magazzino;
- 11- deposito infiammabili, sabbia e minerali;
- 12- binario di carico dei veicoli;

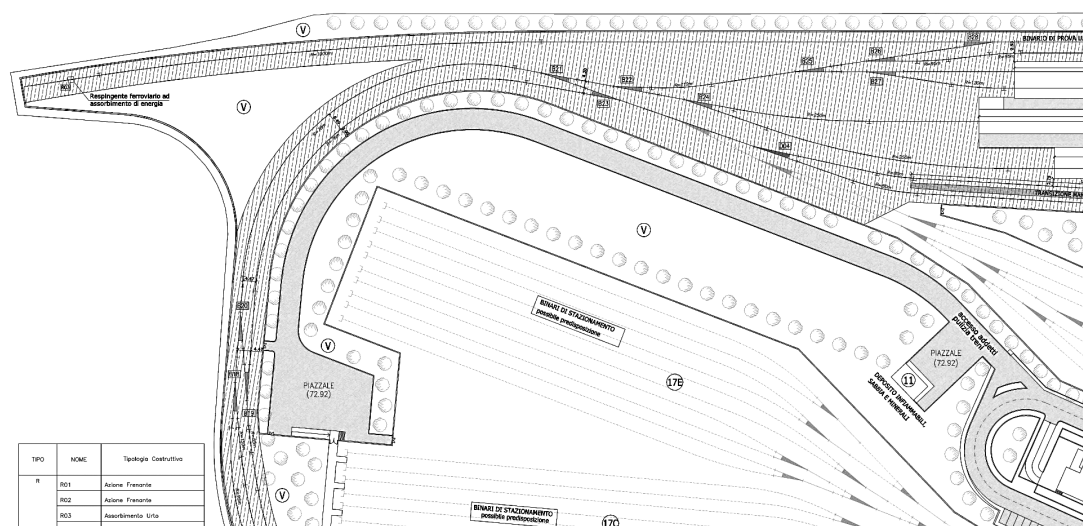


Fig. 3 - Tavola di inquadramento n. 1.

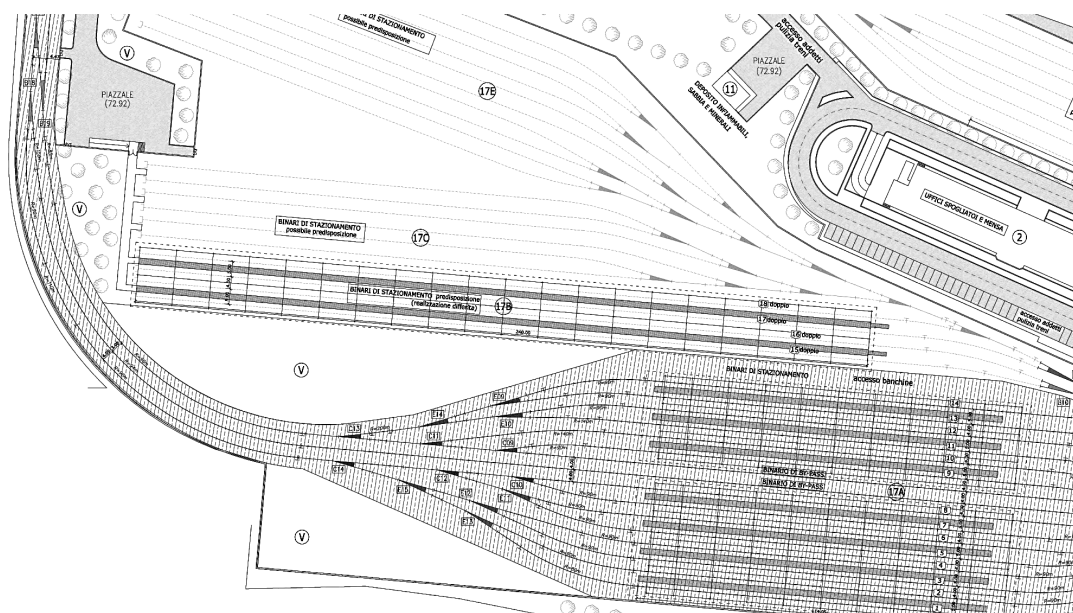


Fig. 4 - Tavola di inquadramento n. 2.

- 13- area di stoccaggio all'aperto;
- 14- cunicoli servizi;
- 15- cunicolo ACEA;
- 16- sottopasso pedonale;
- 17- A, B, C, D, E rimesse convogli;
- 18- binario di prova;

- 19- banchina di transizione dall'area automatica all'area officine di manutenzione – manuale;
- 20- manutenzione veicoli ausiliari;
- 21- pompa carburante;
- 22- carro trasbordatore.

In particolare il lay-out è stato studiato adottando i

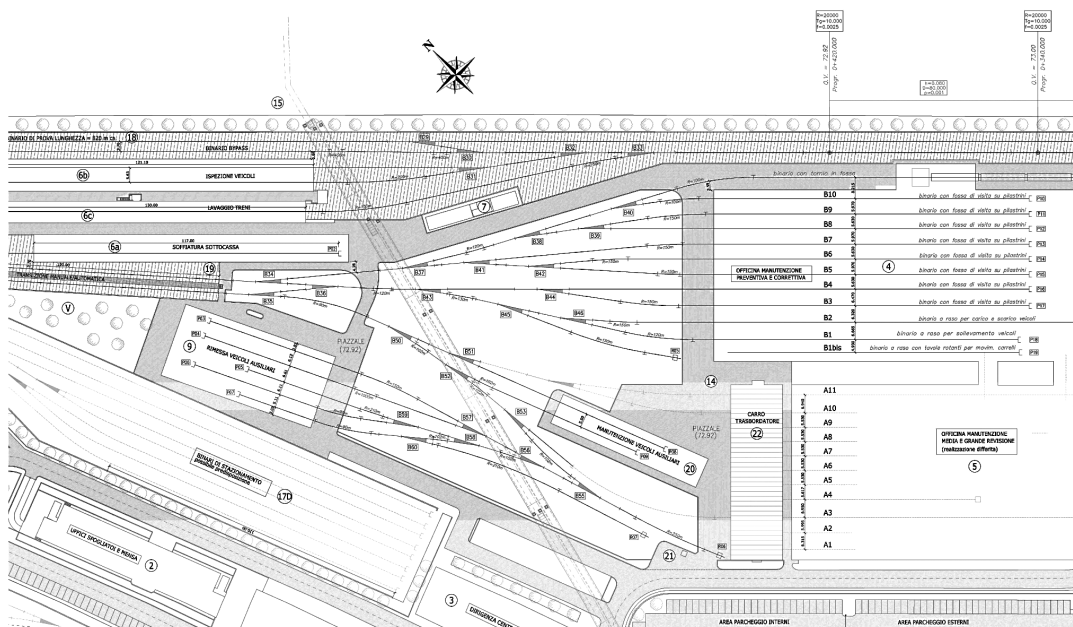


Fig. 5 - Tavola di inquadramento n. 3.

seguenti requisiti:

1. separazione fisica tra la parte di Deposito, nella quale i treni circolano in regime di marcia automatica, e la restante area nella quale i veicoli si muovono con regime di marcia manuale (la transizione avviene mediante due binari allo scopo previsti ed adeguata banchina di servizio);
 2. funzionalità della circolazione dei treni all'interno del Deposito con l'adozione di una seconda rampa di collegamento tra linea e Deposito che permetta l'inversione di marcia del treno senza utilizzare aste di manovra e consenta, in caso di guasti o incidenti che potrebbero verificarsi sulla prima rampa, di avere una seconda via di comunicazione tra linea e Deposito limitando i disservizi di circolazione;
 3. posizionamento di tutti i fabbricati nell'area a circolazione con guida manuale, ed in posizione baricentrica rispetto al sedime complessivo del deposito, in modo che gli operatori possano muoversi in tale zona con le opportune condizioni di sicurezza relativamente alla circolazione dei treni. Le banchine adiacenti alle zone di stazionamento dei treni, l'area del lavaggio dei treni, l'edificio relativo alla soffiatura dei sottocassa e la zona di ispezione dei veicoli, che invece sono situati nell'area a circolazione con guida automatica, sono raggiungibili anche tramite cunicoli pedonabili e quindi senza dover attraversare binari con treni in guida automatica;
 4. collegamento diretto e funzionale con tutte le aree prospicienti i fabbricati e che soprattutto non interferisca con attraversamenti a raso con l'area a circolazione automatica;
 5. predisposizione di aree funzionali interne al Deposito libere da altri manufatti e connettabili in modo appropriato con i binari esistenti per consentire una espandibilità del numero di binari destinati allo stazionamento dei treni (aree 17 C, 17 D, 17 E).
- Inoltre nel corso della progettazione sono stati contemplati ed ottimizzati tutti gli aspetti connessi alla presenza ed interdipendenza con gli altri impianti presenti nel piazzale e nei fabbricati di servizio quali:
- ✓ enti del sottosistema di segnalamento e movimentazione degli scambi;
 - ✓ blocchi di fondazione dei pali della trazione elettrica;
 - ✓ sottoattraversamenti dei binari e pozzetti di ispezione;
 - ✓ cunicoli tecnologici sotterranei di servizio e relative aperture di ventilazione, botole di calaggio materiali e uscite di sicurezza nel piazzale;
 - ✓ le opere civili (comprese quelle preesistenti).
- In conseguenza dell'organizzazione per aree del deposito, della presenza dei fabbricati destinati alla manu-

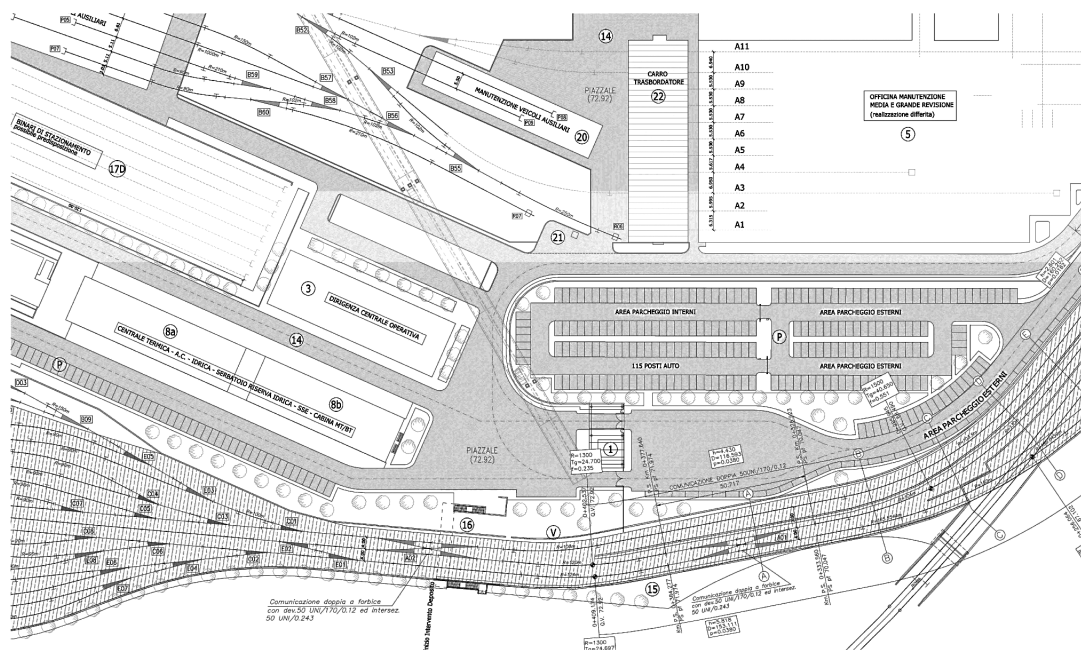


Fig. 6 - Tavola di inquadramento n. 4.

tenzione dei veicoli e della presenza, nell'area manuale, della viabilità di servizio, si hanno le seguenti tipologie di armamento:

- ✓ armamento su ballast con rotaia 50 UNI e traverse in c.a.p. con attacchi Vossloh, limitatamente al binario di prova ed a limitati tratti di binario in retto di lunghezza pari ad almeno 115 m, traverse in legno di rovere ed attacchi tipo Vossloh sui restanti binari di piazzale ed in particolare laddove è previsto l'allargamento di scartamento;
- ✓ armamento tipo "Milano" e rotaia 50 UNI per la platea di lavaggio;
- ✓ armamento su colonnini, rotaia 50 UNI, attacco K (nei fabbricati ove è prevista la fossa di visita);
- ✓ armamento per binari a raso nei fabbricati di servizio ed all'aperto (con rotaia 50 UNI).

4. Impostazione di base del tracciato plano-altimetrico

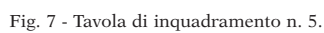
4.1. Vincoli al contorno per la progettazione del layout e del piano ferro

Oltre a quanto già ricordato al precedente capitolo 3 il piano ferro del layout del deposito di Graniti tiene in considerazione i seguenti dati di requisiti progettuali:

- ✓ utilizzazione delle rampe di accesso al deposito

("Salto di montone") lato stazione di Graniti già realizzate come opera civile in c.a. nell'ambito dei lavori del Concessionario della linea Roma - Pantano;

- ✓ conservazione della medesima estensione di superficie utilizzabile (limiti di esproprio) prevista in sede di Progetto Preliminare posto a base di gara;
- ✓ presenza di un collettore idrico di servizio dell'Acea a cunicolo la cui quota di estradosso impone quelle del piano ferro del piazzale e della viabilità stradale interna al deposito;
- ✓ rispetto dei medesimi vincoli urbanistici definiti in sede di gara;
- ✓ collocazione plano-altimetrica della linea compresa tra le stazioni Graniti e Pantano, in particolare per quanto concerne la progettazione del nuovo collegamento su viadotto tra il deposito e la linea, in affiancamento al viadotto esistente della attuale linea Roma - Pantano;
- ✓ requisiti funzionali di sistema dell'impianto nel suo complesso e della velocità di tracciato richiesta come grado di prestazione nella configurazione di sistema medesima (25 km/h per le rampe di accesso e nuovo viadotto - 15 km/h per il piazzale);
- ✓ rispetto di quanto previsto dalla normativa UNIFER nel settore delle Metropolitane.



"SALTO DI MONTONE" PROFILO BINARIO PARI



la capacità di dialogo tra veicolo e sistemi di terra (ATC e comunicazioni) e la funzionalità dell'arresto al bersaglio.

Su questo binario saranno provati anche i veicoli di nuova fornitura prima delle prove e le verifiche funzionali da effettuarsi in linea.

Agli estremi del binario di prova è prevista la posa di 2 paraurti ad assorbimento d'urto, di tipologia costruttiva analoga a quello posizionato sul tronchino di salvamento previsto sul binario di ritorno in linea dal nuovo viadotto in affiancamento a quello esistente della linea Roma –Pantano.

Il primo ritorno in linea, partendo dalla quota di piano ferro di 72,92 m, vede un vertice altimetrico posto a quota 68,490 per poi risalire alla quota di vertice pari a 71,091 m e successivamente riprendere la livelletta di linea pari al 2,34 ‰ dove è posizionato il deviatoio di ingresso in linea del tipo 50 UNI/170/0.12 (fig. 9).

Il secondo prevede la realizzazione di un viadotto a semplice binario che nella parte terminale si affiancherà all'esistente viadotto della linea Roma – Pantano.

Il suo piano ferro prevede una livelletta pari a circa il 16,5‰ posta tra due vertici altimetrici la cui quota è rispettivamente 72,92 m e 70,661 m, per poi proseguire con la medesima livelletta di linea del 2‰ ca ed innestarsi su di essa tramite un deviatore del tipo 50 UNI/170/0.12 (fig. 10).

Detto binario prevede anche un tronchino di salvamento realizzato mediante la posa di un deviatore del tipo 50 UNI/170.012 ed un'asta della lunghezza pari a circa 46 m, al termine della quale è previsto il posizionamento di un paraurti ad assorbimento d'urto.

Inoltre, al fine di rendere termicamente indipendente

[illegible]

Fig. 9 - Profilo longitudinale del binario dispari del “salto di montone”.

"VIADOTTO INNESTO IN LINEA" PROFILO LONGITUDINALE

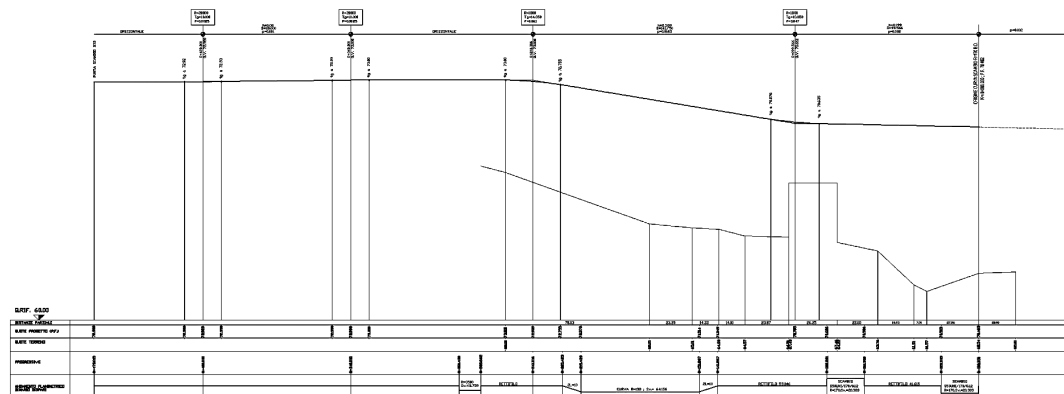


Fig. 10 - Profilo longitudinale del binario del viadotto di innesto in linea.

il deviatoio 50 UNI/170/0.12 di innesto del nuovo viadotto sulla tratta T7, è previsto l'impiego di due apparecchi di dilatazione a monte e a valle dello scambio.

Il piazzale è previsto alla quota di piano ferro pari a 72,92 m.

La circolazione dei treni all'interno del deposito è assicurata dalle seguenti tipologie di deviatoi la cui descrizione ed ubicazione è riportata nel successivo paragrafo 7.4:

- ✓ deviatoio 50 UNI/170/0.12;
- ✓ deviatoio 50 UNI/102/0.15;
- ✓ deviatoio 50 UNI/100/0.196;
- ✓ intersezione 50 UNI/0.243.

I binari assicurano la circolazione ed il collegamento tra i fabbricati di servizio descritti al precedente paragrafo 3, realizzando due distinte aree di gestione della marcia dei treni:

- ✓ area a marcia automatica costituita da:
 - aree di stazionamento dei treni (tettoie n. 17 A e 17 B);
 - area di transizione manuale – automatica;
 - doppio binario di bypass all'interno dell'area di stazionamento 17 A;
 - fabbricati ispezione veicoli, soffiatura sottocassa e area di lavaggio;
 - binario di prova.
- ✓ Area a marcia manuale costituita da:
 - rimessa veicoli ausiliari;
 - manutenzione veicoli ausiliari;
 - officina manutenzione preventiva e correttiva;
 - officina media e grande revisione;

Il layout dell'impianto è stato studiato in modo tale an-

che da escludere, nell'area automatica, attraversamenti a raso dei binari da parte della viabilità interna del deposito.

4.3. Geometria del tracciato e parametri cinematici

Nei paragrafi seguenti vengono esposti i criteri adottati per la determinazione delle caratteristiche geometriche e cinematiche del tracciato, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa UNIFER per le metropolitane e tenendo in considerazione le esigenze connesse all'esercizio ed alla manutenzione.

L'interasse di progetto del piazzale è variabile e compreso tra il valore di 4,00 m (tratto di linea di accesso zona comunicazione doppia a forbice (tipo A) ed il valore di 5,00 m se è inserita tra i due binari la banchina di servizio.

All'interno dei fabbricati dedicati alle operazioni di manutenzione preventiva e correttiva, media e grande revisione, ispezione dei veicoli e lavaggio, gli interassi sono funzione dell'attrezzaggio tecnologico previsto.

La geometria del tracciato del piazzale e del secondo ingresso in linea ha tenuto conto delle seguenti caratteristiche di circolabilità dei veicoli:

- ✓ raggio minimo di circolabilità su flessio (senza interposizione di tratto rettilineo) 90 m;
- ✓ raggio minimo di curva in linea 75 m;
- ✓ raggio minimo di curva in deposito 75 m;
- ✓ pendenza massima superabile (in linea – in deposito) allo spunto 4%.

E' da rilevare che l'impiego dei raccordi planimetrici è stato limitato al nuovo viadotto di innesto in linea, in quanto la sede degli accessi al deposito ("salto di montone") è stata già realizzata nell'ambito delle opere della legge 910/86 e non consente, data la sua geometria di pro-

getto, l'introduzione dei raccordi di transizione planimetrici medesimi.

Il tracciato ha rispettato i seguenti vincoli imposti dalla norma UNIFER 7836 (salvo quanto diversamente specificato):

- ✓ impiego di raccordi planimetrici (solo viadotto di innesto in linea);
- ✓ i flessi presentano un raggio minimo pari a 90 m e prevedono, ove possibile, un tratto rettilineo interposto tra le due curve di verso opposto pari o superiore all'interperno del veicolo (11,10 m), o direttamente i tratti circolari a contatto;
- ✓ accelerazione non compensata $\leq 0,9 \text{ m/s}^2$;
- ✓ sopraelevazione $\leq 160 \text{ mm}$;
- ✓ pendenza longitudinale dei raccordi $\leq 3\text{‰}$;
- ✓ contraccollo $\leq 0,4 \text{ m/s}^3$;
- ✓ velocità di rotazione max 50 mm/s ;
- ✓ scartamento 1435 mm;
- ✓ allargamento di scartamento tabellato secondo la formula

$$\Delta s = \frac{p^2}{2R} - 0.017$$

dove R è il raggio della curva e p il passo dei carruelli (norma UNI 7836/78);

- ✓ raccordi altimetrici di valore pari a minimo 1800 m sul nuovo viadotto di accesso alla linea in affiancamento a quello esistente della linea Roma – Pantano e sulle rampe di accesso al deposito ad eccezione di:
- ✓ “Salto di montone” – binario dispari: Rv = 1500 m in corrispondenza del vertice altimetrico a quota 68,490m, Rv = 1300 m in corrispondenza del vertice altimetrico a quota 72,92 m.
- ✓ “Salto di montone” – binario pari: Rv = 1600 m in corrispondenza del vertice altimetrico a quota 71,054 m, Rv = 1500 m in corrispondenza del vertice altimetrico a quota 67,102m, Rv = 1300 m in corrispondenza del vertice altimetrico a quota 72,92 m.

Questi ultimi valori, come le esistenti livellette con valore pari a circa il 38‰ sulle rampe di ingresso al deposito (“salto di montone”) già realizzate come opera civile nell'ambito del progetto del Concessionario della linea Roma – Pantano, sono vincolati dal succitato progetto e sono in deroga a quanto in proposito prescritto dalla norma UNI 7836/78.

La velocità in base alla quale sono stati determinati i parametri geometrici e cinematici del tracciato è pari a (fatta eccezione per i deviatori per i quali si rimanda ad apposito paragrafo):

- ✓ 25 km/h per il nuovo viadotto di ritorno in linea in affiancamento a quello esistente della linea Roma -

Pantano;

- ✓ 25 km/h per le rampe di raccordo “salto di montone”;
- ✓ 15 km/h per il piazzale ($R_{\text{min}} = 75,00 \text{ m}$).

4.3.1. Allargamento dello scartamento in curva

Il tracciato del “salto di montone” prevede curve di raggio minore a 140 m (vedi punto 5.1 e 5.2 della norma UNI 7836).

Lo schema di allargamento dello scartamento è dunque:

- ✓ da 110m a 140 m escluso 1440 mm;
- ✓ da 90m a 110 m escluso 1445 mm;
- ✓ da 80m a 90 m escluso 1450 mm;
- ✓ da 75m a 80 m escluso 1455 mm.

Tale allargamento verrà realizzato, per le curve aventi raccordo parabolico di transizione (limitatamente al solo viadotto di innesto in linea), completamente sullo sviluppo del raccordo e precisamente nel tratto immediatamente precedente la curva.

Per le curve sprovviste di raccordo parabolico (piazzale) il raccordo di scartamento si realizza tutto nella curva ed ha inizio nel punto di tangenza di quest'ultima con il rettilineo.

L'allargamento di scartamento verrà realizzato, secondo la legge di variazione seguente, vista la velocità di tracciato pari a 15 km/h:

- ✓ 2‰ quando la velocità di progetto è inferiore a 70 km/h;
- ✓ 3‰ eccezionalmente per le curve di raggio inferiore ai 300 m e ciò quando occorra ridurre la lunghezza del raccordo di scartamento che in questi casi (mancanza di raccordo parabolico) viene realizzato nel tratto iniziale della stessa curva.

4.4. Dimensionamento delle sezioni tipo

Le sezioni tipologiche rappresentative dell'armamento sia nei fabbricati di servizio (binario 50 UNI su fossa di visita o su colonnini, a raso), sia nelle aree di stazionamento che sulla platea di lavaggio, in corrispondenza degli accessi alla linea ed al nuovo viadotto di innesto in linea, sono state predisposte sulla base delle normative vigenti RFI (vedi riferimenti in bibliografia) e le più recenti realizzazioni nel campo delle metropolitane, quali gli impianti di armamento del Deposito di Ponticelli della Linea Circumvesuviana di Napoli (con particolare riguardo alle soluzioni adottate per il binario su pilastri), della tratta Principe – San Giorgio della Metropolitana di Genova e della metropolitana automatica di Copenhagen. Maggiori dettagli costruttivi vengono forniti nel successivo capitolo.

| POS | N° PEZZI | DESCRIZIONE | MATERIALE E NOTE | PESO Kg |
|-----|----------|-------------------------------------|--|---------|
| 1 | / | ROTAIA S1 UNI 31-41 | Fe 900 A | 49,85 |
| 2 | 1 | SOTTOPIASTRA 250 x 135 x 5 mm | GOMMA EPDM | |
| 3 | 1 | PIASTRA SO UNI PER ARMAMENTO SU C/S | Fe 360 UNI EN 10025 | 14,20 |
| 4 | 1 | SOTTOPIASTRA 365 x 260 x 10 mm | GOMMA EPDM | |
| 5 | 2 | BULLONE DI ANCORAGGIO M22x270 | Acc. 42 C16U54 EN 10083-3 classe 12.9 UNI EN 20898/9 | |
| 6 | 2 | PIALA O BICOOMPONENTE | EPPOSSIDURICA | |
| 7 | 2 | DADO AUTORENDATE N 22 C138 | UNI EN 20898/2 Classe 6 res. 55 | 0,173 |

| POS | N° PEZZI | DESCRIZIONE | MATERIALE E NOTE | PESO Kg |
|-----|----------|---|--|---------|
| 8 | 2 | PIOLA A ELICA | File 8.7 UNI 7009-1 | |
| 9 | 2 | RONDELLA W 28 x 40 x 2,5 mm | Fe 50-15 UNI ISO 2081 Rivolo elettrolitico | |
| 10 | 2 | BULLONA | P.O.M. | |
| 11 | 2 | COPPUCCIO PROTEZIONE MOLLA | RESINA K-986/C | |
| 12 | 2 | A SORBO UNI 2557 oppure CCI Fe 8890 CHIAVANDA DI ANCORAGGIO | Fe 50 UNI 7070 | 0,47 |
| 13 | 2 | RAMPONE ELASTICO TIPO SKL 3 | ACCIAIO 38 S 7 DIN 17221 | 0,52 |
| 14 | 2 | RONDELLA ILS 6 | Fe 490-2 UNI 10025 Lam. Freddo | 0,049 |
| 15 | / | MASSELLO IN MALTA DI RESINA | SABBIA DI QUARZO E RESINA EPOSSIDICA | |

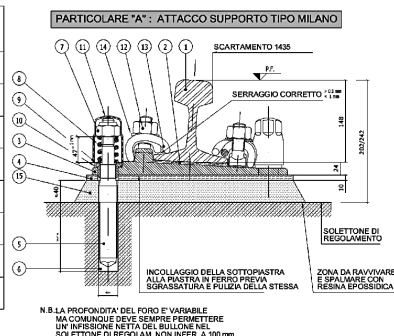


Fig. 11 - Particolare e componenti del sistema tipo "Milano".

5. Tipologie di armamento previste e modalità di costruzione del binario

5.1. Armamento tipo "Milano" – Platea di lavaggio

Per l'area destinata al lavaggio treni, si è deciso di adottare un sistema che tenesse conto dei particolari problemi legati alla posa in questa particolare area del deposito.

Al fine di garantire ottimali prestazioni in esercizio, una agevole posa in opera, elevate garanzie di precisione sulle caratteristiche geometriche e buona manutenibilità, si è fatto riferimento al sistema di posa tipo "Milano" (già ampiamente sperimentato con ottimi risultati negli ultimi anni sulla metropolitana di Milano e Genova) (fig. 11).

I componenti caratterizzanti il sistema sono quindi, anche in questo caso, una platea in calcestruzzo a moduli di 18 m, intervallata da giunti, opportunamente sagomata per la raccolta e lo smaltimento delle acque reflue di lavaggio.

5.2. Costruzione dell'armamento tipo "Milano" – Platea di lavaggio

Le operazioni di montaggio del binario su platea di lavaggio prevedono le fasi descritte di seguito.

Una volta disposte le rotaie ed i materiali minuti di armamento e tracciati gli appoggi secondo il passo previsto (66,6 cm), vengono montati tutti gli organi di attacco del sistema "Milano", ad eccezione del bullone di ancoraggio al solettone in calcestruzzo della platea ed i relativi accessori.

La sottopiatra viene incollata già in questa fase alla piastra in acciaio, e quest'ultima, una volta perfezionate le operazioni di allineamento plano-altimetrico del binario, svolgerà successivamente la funzione di centraggio della corona della foratrice.

Lo scartamento viene formato ricorrendo a delle tra-

verse metalliche provvisorie (dime) le quali alle estremità presentano dei veri e propri attacchi alle rotaie. Le dime vengono disposte con passo all'incirca pari a 4 m, e dispongono di "vitoni" di regolazione altimetrica e planimetrica (per "centrare" il binario nella sede civile predisposta). Le traverse provvisorie vengono rese solidali al solettone di calcestruzzo tramite una piastra in acciaio di appoggio centrale, la quale porta due puntoni che vengono infissi nella sede.

Lo scartamento della sede ferroviaria così formata viene controllato mediante un livello-calibro dotato di bolla di precisione.

Si procede quindi alle operazioni di foratura del solettone di calcestruzzo per ottenere le sedi in cui verranno successivamente fissati, a mezzo resina bi-componente, i bulloni di ancoraggio.

Una volta asciugati ed ispezionati i fori, si procede all'introduzione della resina bi-componente mediante pistole pneumatiche ed all'incollaggio del bullone.

Trascorso il tempo necessario ad assicurare la presa del collante e quindi del bullone nel foro praticato nel solettone (circa 10 giorni), l'area della sede civile sottostante la piastra di armamento (con un'estensione leggermente superiore all'impronta del massello) viene pulita meccanicamente e spalmata di uno strato di resina che svolgerà la funzione di strato di presa.

Si procede quindi all'impasto della sabbia di quarzo, della resina e dell'indurente mediante apposito macchinario ed alla realizzazione del massello sottopiatra.

Sul piano superiore quindi della platea di lavaggio vengono formati i masselli in malta di resina di altezza variabile (variando questa altezza si "correggono" gli eventuali errori di livello del piano del solettone della platea di lavaggio) da un minimo di 20 ad un massimo di 60 mm.

Si può quindi procedere all'esecuzione delle saldature alluminotermiche, alla giunzione del binario ed al serraggio definitivo (con le coppie previste a progetto) degli organi di attacco dei binari.

5.3. Armamento su ballast

Per il piazzale (fatta eccezione per i binari posati nei fabbricati 4, 5, 9, 20, 6a e 6b), le rampe di ingresso ed uscita dal deposito, nonché il nuovo viadotto di ritorno in linea in affiancamento a quello esistente della linea Roma – Pantano, è previsto l'impiego di una sovrastruttura ferroviaria di tipo tradizionale su ballast con rotaie tipo 50 UNI e traverse.

Queste ultime saranno del tipo monoblocco tipo FS – VDS in c.a.p. con attacchi costituiti da molle tipo Vossloh SKL 14 per il binario di prova (fig. 12) e per limitati tratti di binario in retto di lunghezza pari ad almeno 115 m, mentre per il resto del binario corrente all'aperto, anche per consentire il previsto allargamento di scartamento, si utilizzeranno traverse in legno (fig. 13) con attacchi costituiti da molle Vossloh SKL 12.

Le traverse VDS sono derivate da quelle FS tipo V35P e prevedono la possibilità di realizzare il doppio scartamento (da cui la denominazione VDS): in effetti già all'atto della progettazione della Ferrovia concessa Roma – Pantano era stato previsto il loro reimpiego (previa sostituzione delle componenti degli attacchi usurate durante l'esercizio) a servizio della futura Metro C.

Lo spessore di pietrisco compreso tra l'estradosso della piattaforma e l'intradosso della traversa è determinato avendo come parametro di riferimento uno spessore minimo sotto traversa di armamento pari a 0,25 m in accordo allo standard di RFI. (figg. 14 e 15).

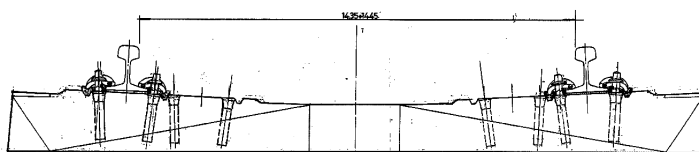


Fig. 12 - Traversa tipo VDS.

Per quanto concerne la fornitura di pietrisco è prevista di qualità corrispondente alla 1^ categoria, in coerenza con le più recenti specifiche di fornitura in materia emanate da RFI.

Laddove le caratteristiche di tracciato geometrico prevedono curve planimetriche di raggio inferiore a 200 m (in particolare sul nuovo viadotto di ritorno in linea), è prevista l'adozione di una controrotaia antisvieo del tipo U 33 posizionata a 65 mm dallo scartamento e a 45 mm rispetto alla sommità della rotaia bassa (fig. 16).

5.4. Costruzione del binario su ballast

La costruzione del binario avverrà in due modalità di costituzione:

- ✓ in lunga rotaia saldata nel binario di prova ed in limitati tratti rettilinei del piazzale di lunghezza pari ad almeno 115 m;
- ✓ in binario giuntato meccanicamente (in particolare laddove sono presenti curve con raggio planimetrico

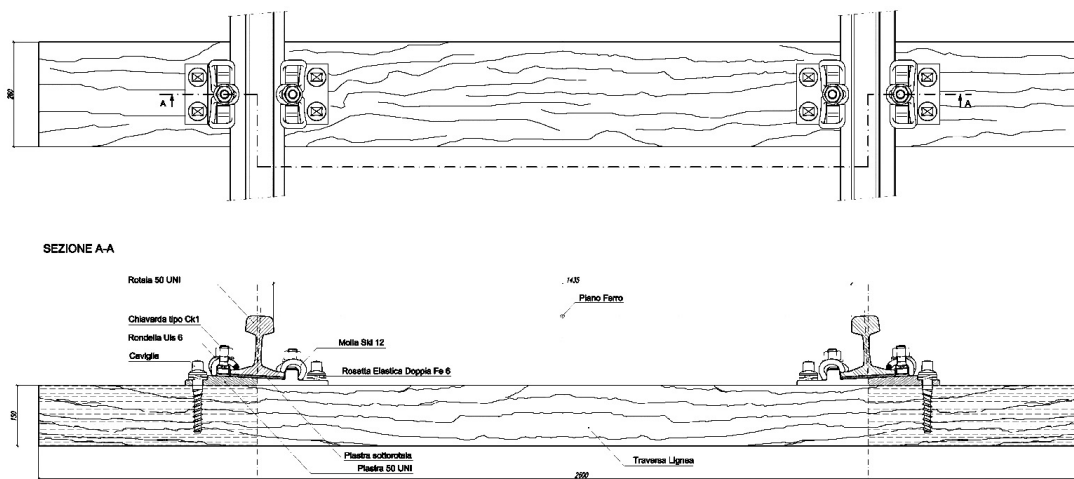


Fig. 13 - Traversa in legno con attacco Vossloh.

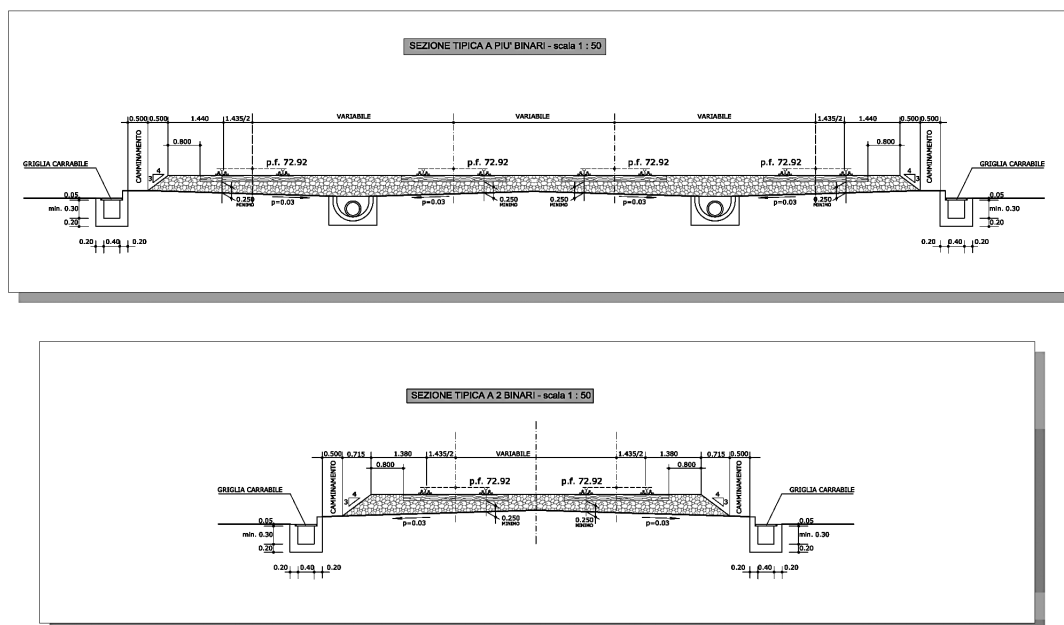


Fig. 14 - Sezioni tipologiche del binario su ballast nel piazzale.

inferiore a 140 m).

La posa sarà realizzata con le seguenti modalità:

- ✓ le traverse in legno armate con gli organi di attacco di 1° livello saranno poggiate direttamente sul piano di regolamento ad interasse 0,666 m con tolleranza di ± 3 cm;
- ✓ le traverse in c.a.p. tipo VDS saranno posate ad interasse 0,666 m con tolleranza ± 3 cm su un primo strato parziale di pietrisco di altezza non $>$ di 20 cm realizzato in modo che assicuri comunque l'appoggio in corrispondenza delle due sezioni di traversa sottorotaia;
- ✓ previo posizionamento delle sottorotaie in gomma, si procederà alla posa delle rotaie con testate affacciate, con eventuali giunzioni provvisorie costituite da ganasce e n° 2 morsetti per rotaia;
- ✓ eventuale ricarica per completamento del primo strato di pietrisco con esecuzione di livellamento longitudinale e trasversale del binario e con rincalzatura di

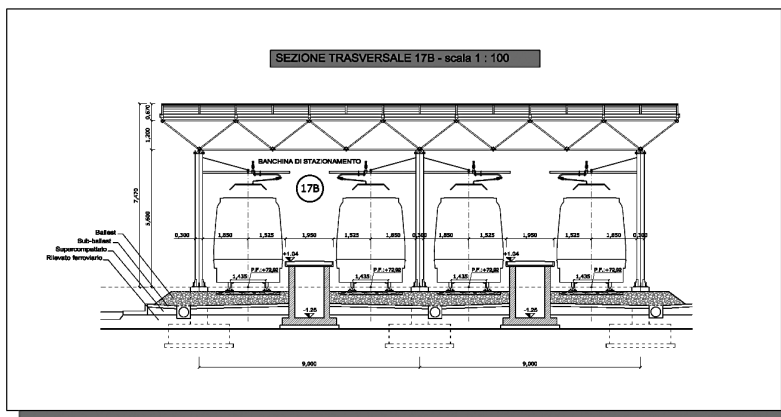


Fig. 15 - Sezione tipo dei binari nell'area rimessaggio treni.

tutti gli appoggi con macchina a vibrocompressione;

- ✓ completamento con numero di alzamenti sufficienti a raggiungere il minimo spessore sotto traversa (0,25 cm min.), guarnitura e profilatura della massicciata come da progetto, livellamento definitivo con rincalzatura sistematica di tutti gli appoggi da eseguire con macchina a vibrocompressione;
- ✓ costituzione del binario, mediante saldatura allu-

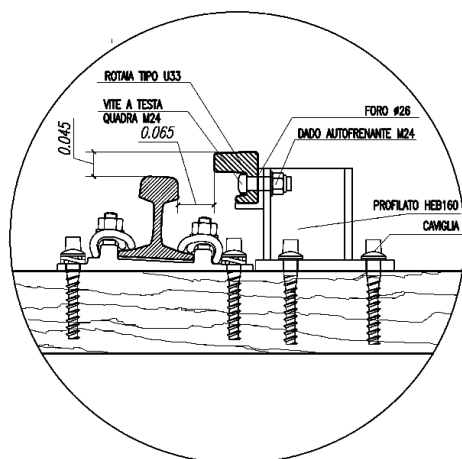


Fig. 16 - Particolare della controrotaia antisvio su traversa in legno.

minotermica PRA di barre da 18 m a costituire barre da 36 m, con giunzioni meccaniche sfalsate di 12 m con formazione delle stesse nella modalità appoggiata su coppie di traverse affiancate sia lato binario continuo che da lato scambi o, limitatamente alla giunzione di uscita del cuore, con una sola giunzione posta alla medesima distanza dalla G.U.;

- ✓ la regolazione delle tensioni avverrà secondo l'Istruzione Tecnica RFI TC AR IT AR 07 003 B (binario di prova in lunga rotaia saldata);

- ✓ la regolazione delle luci sarà in accordo alla Circolare FS n. 61 del 24/06/59;
- ✓ se la fase relativa agli impianti tecnologici sarà successiva alla costruzione del binario, saranno eseguiti controlli sistematici di geometria del binario con riferimento alle tolleranze di costruzione (ed in aggiunta con tolleranza sulle luci di dilatazione di ± 1 mm) e controlli piano-altimetrici con riferimento agli elaborati di progetto. Gli eventuali difetti saranno corretti opportunamente e si procederà all'esecuzione di un secondo livellamento sistematico del binario.

5.5. Binari a raso

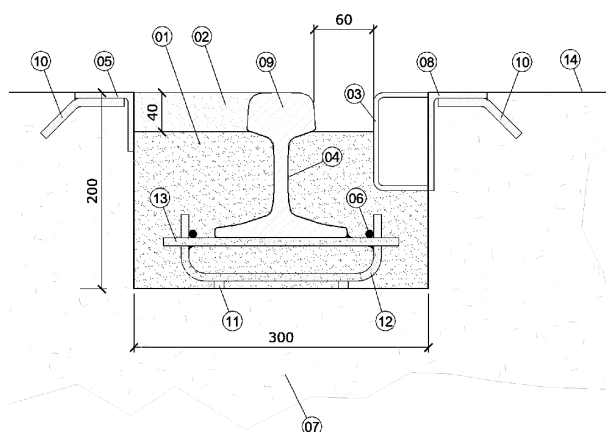
I binari a raso prevedono la posa verticale della rotaia nell'incasso predisposto dall'opera civile (fig. 17).

5.6. Costruzione del binario a raso

All'interno dei fabbricati la posa sarà eseguita nelle due fasi di seguito descritte:

- ✓ posa in quota del binario (livellamento) realizzata mediante il posizionamento della rotaia su di una armatura costituita da correnti Ø8, staffe Ø8/25 L=38, staffe Ø8/25 L=24 cm ed opportuni distanziatori per porre in quota il binario;
- ✓ messa a scartamento del binario e bloccaggio del binario così formato con dime provvisorie;
- ✓ completamento della posa mediante un getto (con malte o calcestruzzo antiritiro) di bloccaggio delle rotaie; il libero passaggio del bordino della ruota del veicolo sarà assicurato tramite un profilato

ARMAMENTO A RASO NEI FABBRICATI



LEGENDA

01. GETTO CON MALTA ANTI RITIRO
02. ASFALTO COLATO (SPESSORE 40 mm)
03. PROFILATO METALLICO A "C" (56x100x56) mm
04. FOGLIO DI POLETILENE
05. PROFILATO METALLICO A "L" (60x60) mm (SPESSORE 6 mm)
06. Ø8 CORRENTE
07. STRUTTURA IN C.A.
08. PROFILATO METALLICO A "L" (100x60) mm (SPESSORE 6 mm)
09. ROTAIA 50 UNI
10. ZANCHE Ø8/50
11. DISTANZIATORI
12. STAFFE Ø8/25 L=34
13. STAFFE Ø8/25 L=24
14. PAVIMENTO FINITO TIPO INDUSTRIALE

Fig. 17 - Particolare e componenti dell'armamento a raso nei fabbricati di servizio.

a C saldato ad un angolare posto all'interno dello scartamento (a distanza pari a 60 mm). Dal lato opposto una sigillatura di asfalto colato chiuderà lo spazio libero compreso tra l'angolare posto a protezione della struttura in c.a. e il fungo della rotaia.

Per gli attraversamenti a raso con la viabilità, la posa sarà realizzata con traverse in legno, attacchi tipo "K", controrotaia posta a 60 mm dal bordo rotaia di rotolamento, e getto di calcestruzzo magro a riempimento con finitura superficiale a mezzo tap-

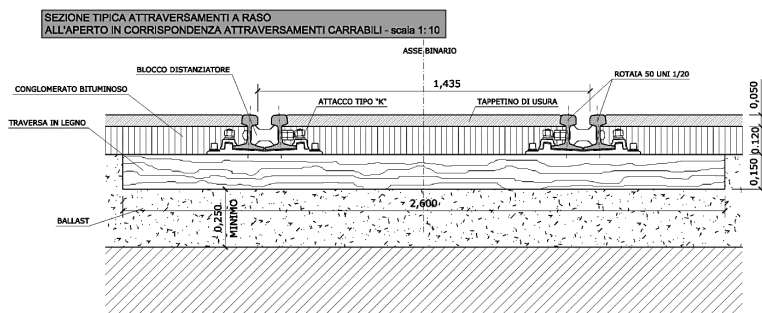


Fig. 18 - Armamento a raso all'aperto.

petino di usura in asfalto (ca 3 cm) (fig. 18).

5.7. Armamento su colonnini e su fossa di visita

Il piano di lavoro (banchine di servizio in carpenteria metallica) sarà posto a quota P.F. +1,040 m ed a distanza asse binario bordo banchina pari a circa 1,510 m.

La tipologia prevista nei fabbricati di servizio della manutenzione è su pilastri metallici (figg. 19 e 20) ed in particolare:

- ✓ attacchi tipo K con piastra a 4 fori da ricavare dalle piastre tipo 50P19/50S;
- ✓ rotaia 50 UNI con posa verticale;
- ✓ pilastri metallici a sezione circolare dotati di contropiastra per assicurare la giunzione con l'attacco K;
- ✓ passo circa 1,50 m.

Laddove è presente una fossa di ispezione ordina-

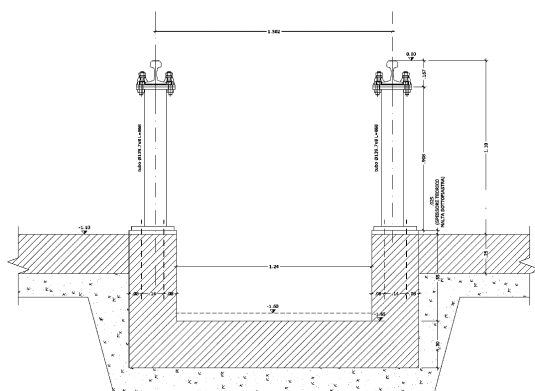


Fig. 19 - Sezione tipo del binario su colonnini.

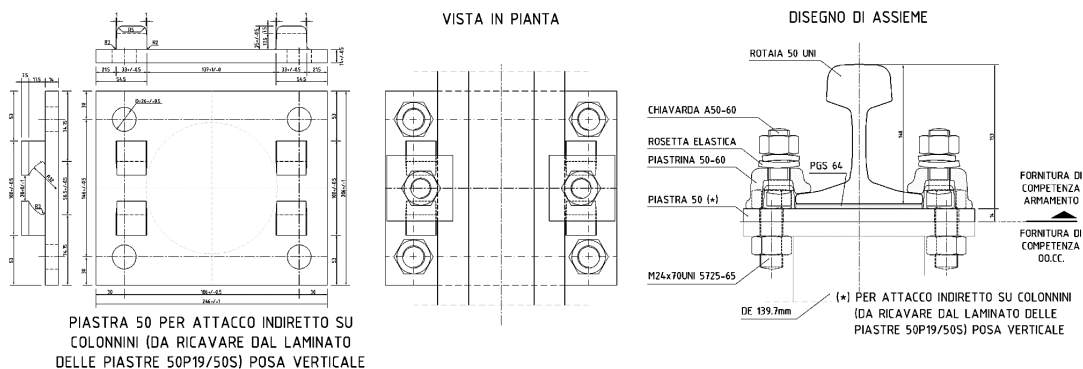


Fig. 20 - Particolari dell'attacco del binario su colonnini.

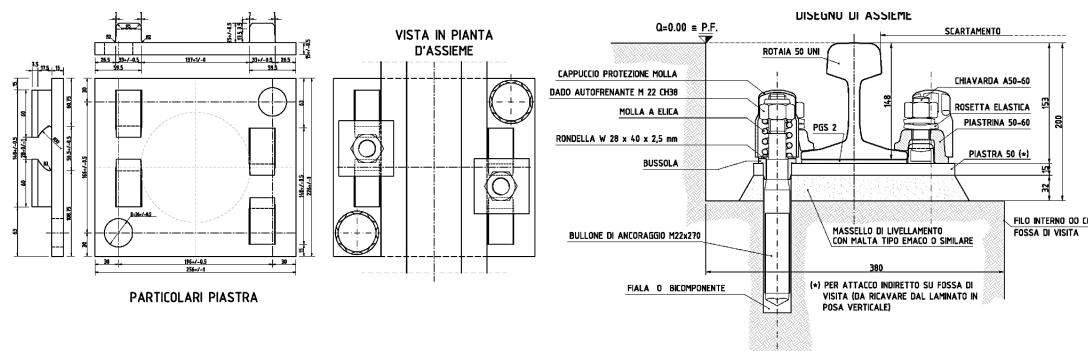


Fig. 21 - Particolari componenti dell'attacco su fossa di visita su muretti in c.a.

ria su muretti in c.a. la tipologia prevista è (fig. 21):

- ✓ attacchi tipo K con piastra speciale a 2 fori;
- ✓ ancoraggio della piastra alla struttura in c.a. con sistema a bulloni simile al "Milano";
- ✓ rotaia 50 UNI;
- ✓ passo 0,75 m.

5.8. Costruzione del binario su colonnini e su fossa di visita

La posa del binario, di tipo continuo saldato, prevede l'interposizione, tra la piastra di appoggio del pilastro sulla struttura in c.a. e la piastra inghisata in quest'ultima a mezzo di tirafondi, di un adeguato numero di spessori metallici di regolazione, o in alternativa di malta tipo Emaco, i quali consentono di ottimizzare la geometria del binario nell'ambito delle previste tolleranze di costruzione.

La posa del binario su fossa di visita su muretti in c.a. è concettualmente simile a quella dell'armamento tipo "Milano" trattato nei paragrafi precedenti, con la variazione relativa al solo tipo di attacco della rotaia alla piastra di armamento, qui del tipo "K".

6. Tolleranze

6.1. Tolleranze di costruzione

Le tolleranze di costruzione di seguito riportate fanno riferimento alla norma UNI 7836-78.

6.1.1. Scartamento

Sullo scartamento per il binario corrente è ammessa la tolleranza di +3 mm - 2 mm.

Sullo scartamento per gli apparecchi del binario (scambi, intersezioni) è ammessa la tolleranza di ± 1 mm.

Per il binario corrente, per le curve di raggio inferiore a 140 m, gli aumenti di scartamento saranno realizzati linearmente lungo le curve di transizione, agendo solo sulle rotaie interne.

Per i tratti di raccordo tra due scartamenti di valore diverso, la variazione di scartamento fra un appoggio e quello successivo non deve essere maggiore di 1 mm.

6.1.2. Livello trasversale

Sul livello trasversale, ovvero la differenza di quota fra le due rotaie misurata verticalmente al binario, è ammessa la tolleranza di 3 mm.

6.1.3. Allineamento

Si definisce allineamento la posizione planimetrica del binario ed è individuato:

- in rettilineo dalle generatrici di guida di entrambe le rotaie;
- in curva dalla generatrice di guida della rotaia esterna.

Sull'allineamento è ammessa la tolleranza di 3 mm su corde di 10 m.

6.1.4. Sghembo

Per gli sghembi valgono le prescrizioni di cui al punto 8.4 della UNI 7836 e cioè lo sghembo misurato tra due sezioni distanti 1 m tra di loro, non deve superare 1,5 mm nelle tratte con sopraelevazione nulla od uniforme; deve avere invece il valore stabilito dal progetto con scostamenti limite di ± 1 mm nei tratti di raccordo di sopraelevazione.

6.1.5. Interfaccia civile

Nell'esecuzione della piattaforma ferroviaria civile del piazzale, delle opere di sottoattraversamento per l'accesso al deposito a semplice binario della piena linea ("salto di montone") e del nuovo viadotto di accesso alla linea dal deposito, e precisamente per la quota verticale dell'estradosso della stessa, la tolleranza di costruzione non deve essere più ampia di ± 1 cm.

7. Descrizione del sistema componenti

7.1. Tipo di rotaia

Il tipo di rotaia 50 UNI per la tipologia su ballast rispondono alla normativa UNIFER Tabella UNI 3141-91 ove sono

riportate tutte le caratteristiche di tipologia, dimensione e tolleranza.

La qualità dell'acciaio delle rotaie sarà del tipo 900 A.

La norma UNI 6328 – 92 fornisce le indicazioni e prescrizioni da rispettare in ordine a:

- ✓ caratteristiche meccaniche e composizione chimica degli acciai non trattati termicamente utilizzati per la fabbricazione di rotaie ferroviarie (cfr. norma UNI 3141 – 91);
- ✓ processo di fabbricazione delle rotaie;
- ✓ controlli e prove da eseguire per l'accettazione delle rotaie.

7.2. Saldatura alluminotermica

Per l'impiego nella costruzione dell'armamento della linea Metropolitana C di Roma si prevede di utilizzare rotaie 50 UNI in barre da 18 m da saldare fra loro in opera mediante saldatura alluminotermica PRA a costituire barre da 36 m.

7.3. Apparecchi di dilatazione

Il viadotto di innesto in linea si affianca al viadotto della "Pantano" esistente, realizzato nell'ambito dell'affidamento in concessione L. 910/86 degli interventi per l'ammodernamento e il potenziamento della ferrovia Roma-Pantano.

Il ponte della Roma-Pantano si sviluppa interamente in rettilineo e la lunghezza complessiva misurata tra gli assi appoggi delle spalle è di 717,20 m distribuita su 16 campate, di cui quella di riva da 33,80 m, e tutte le altre da 46,40 m.

Considerato che il comportamento statico e dinamico (per le sollecitazioni indotte dal passaggio del treno) dei due viadotti è differente a causa della differente tipologia costruttiva (non oggetto del presente articolo), si prevede l'impiego di due apparecchi di dilatazione del binario ai due appoggi delle spalle del viadotto. Inoltre, al fine di rendere termicamente indipendente lo scambio di innesto in linea dal resto della tratta T7 (quest'ultima in lrs, a differenza del viadotto di innesto in linea che prevede un binario di tipo giuntato), sarà posato davanti alla punta scambi dello stesso, in corrispondenza della pila di appoggio dell'impalcato del viadotto esistente, un ulteriore apparecchio di dilatazione del binario. Quest'ultimo apparecchio permetterà di porre lo scambio di innesto in linea nelle stesse condizioni

termiche dello scambio attestante della comunicazione semplice (lato nuovo viadotto di innesto in linea) (fig. 7).

7.4. Apparecchi del binario impiegati

Sui binari di accesso al deposito lato stazione Graniti saranno posate due comunicazioni doppie la cui geometria sarà sviluppata a partire dai deviatori e dispositivi di incrocio delle seguenti tipologie:

- ✓ n. 4 deviatori S 50 UNI/170/0,12 e n.1 intersezione I 50 UNI/0,243;
- ✓ interasse 4,00 m.

Si osserva che tale valore di interasse della comunicazione doppia è particolarmente stretto ma è già in uso da alcuni anni presso la Metropolitana di Genova ed è stato adottato anche per il progetto della Linea 6 della metropolitana di Napoli.

Nel piazzale del deposito saranno impiegate le seguenti tipologie di deviatori (fig. 22):

- ✓ deviatori S 50 UNI/102/0,15;
- ✓ deviatori S 50 UNI/100/0,196;
- ✓ deviatoio S 50 UNI/170/0,12.

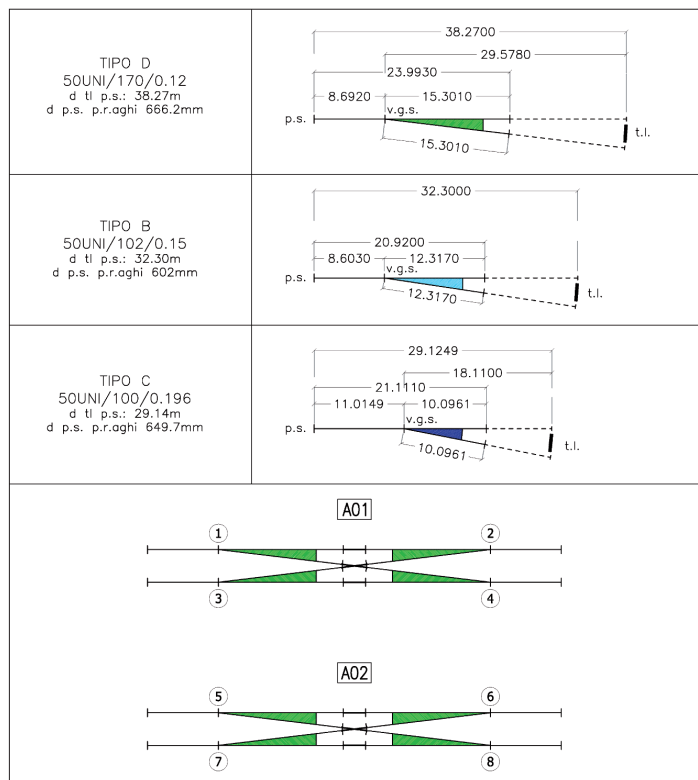


Fig. 22 - Riepilogo schemi assiali dei deviatori previsti a progetto.

La posa dei suddetti deviatori e comunicazioni doppie a forbice è su ballast.

I deviatori del piazzale sono delle seguenti tipologie e quantità:

- ✓ n. 56 deviatori del tipo S 50 UNI/102/0,15;
- ✓ n. 14 deviatori del tipo S 50 UNI/100/0,196;
- ✓ n. 6 deviatori del tipo S 50 UNI/170/0,12.

Inoltre è prevista, come riportato all'inizio del presente paragrafo, la posa di n. 2 (due) comunicazioni doppie a forbice ad interasse pari a 4,00 m e della lunghezza complessiva pari a 50,717 m, per consentire la circolazione e l'accesso al deposito.

7.5. Paraurti tradizionali e ad assorbimento d'urto

Fatta eccezione per il binario di prova, per il tronchino di salvamento del nuovo viadotto di innesto in linea e per i tronchini a protezione degli ingressi in linea ("salto di montone"), e per tre tronchini di manovra all'interno dell'area manuale, per i quali si prevede l'impiego di paraurti ad assorbimento d'urto, nel deposito saranno posati paraurti di sicurezza tipo FS dotati di falso accoppiatore. Essi potranno essere utilizzati per l'accostamento dei veicoli in manovra e non come fine corsa.

Per quanto concerne i paraurti ad assorbimento d'energia essi saranno di due tipologie.

La prima del tipo modulare isolato, a frizione (fig. 23). Questi paraurti disporranno di un sistema combinato di scorrimento ed anti-sollevamento con pattino ad attrito in grafite sferoidale in fusione, con rivestimento interno in bronzo sinterizzato.

I paraurti saranno equipaggiati con sistema di repulsione centrale, fissato alla struttura del paraurti tramite bulloni e comprensivo di cuscinetto frontale di gomma inserito nella trave respingente.

I paraurti disporranno di:

- ✓ struttura isolata;
- ✓ un sistema di regolazione progressiva del carico in grado di adattare i respingenti alle varie velocità e masse dei convogli;
- ✓ collegamenti trasversali con regolazione calibrata;
- ✓ dispositivo di allineamento;
- ✓ mensole di aggancio per luci di segnalazione.

La seconda tipologia (fig. 24) sarà del tipo a struttura modulare con sistema di assorbimento dell'energia mediante plasticizzazione di un nastro d'acciaio reso solidale alla struttura stessa del paraurti ed a guance laterali in cemento armato collaboranti con la piattaforma ferroviaria.

8. Cenni ai criteri di base per la progettazione al Cad

La progettazione del layout generale del Deposito di Graniti si è svolta utilizzando lo strumento di disegno assistito al CAD Autocad, impostando sin dall'inizio la concezione ed organizzazione degli spazi e del piano del ferro in un unico modello di riferimento, dal quale iniziare per sviluppare tutti gli elaborati e quindi i contenuti progettuali necessari per la definizione dei dati di ingresso necessari per la costruzione.

Si è quindi partiti, come anticipato nei punti prece-

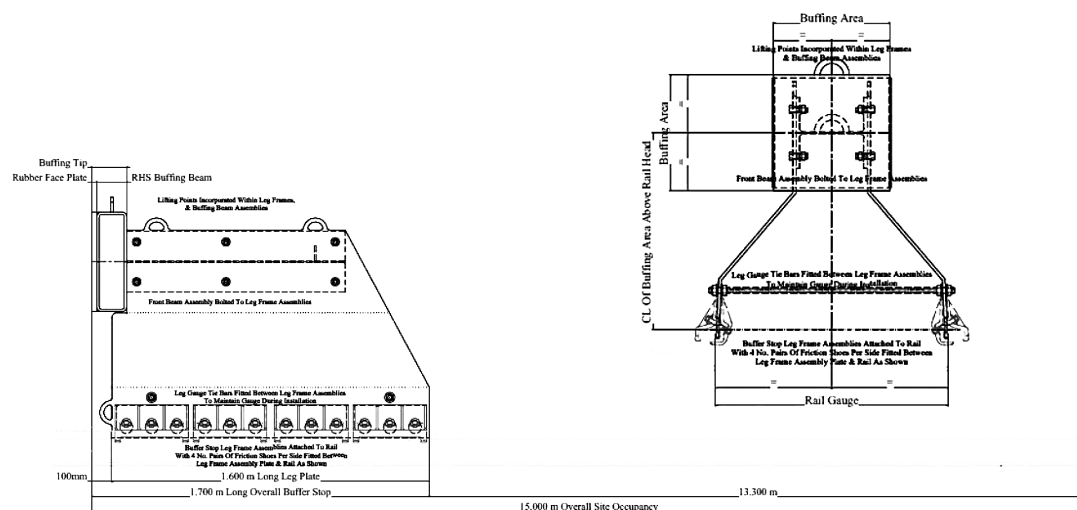


Fig. 23 - Paraurti ad assorbimento d'energia ad azione frenante.

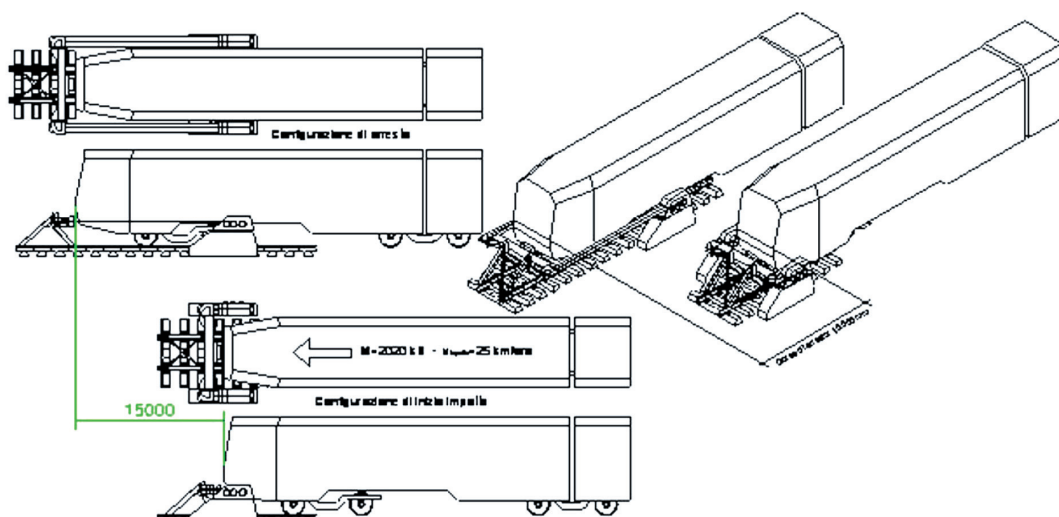


Fig. 24 - Paraurti ad assorbimento d'energia mediante plasticizzazione di nastri d'acciaio.

denti, dalle aree a disposizione già assegnate in sede di progetto preliminare, per sviluppare il tracciato geometrico dei binari interfacciandosi con la progettazione delle opere civili per la definizione dei layout degli edifici di servizio e della viabilità interna.

Proprio in virtù di quanto sopra detto a proposito dell'unico modello di riferimento per il piano del ferro, ed al fine di agevolare al massimo la progettazione e la redazione di tutte le successive versioni intermedie di ottimizzazione, sono stati concepiti blocchi di disegno cosiddetti "dinamici" che potessero consentire appunto modifiche veloci e coerenti con il rispetto dei dati di input stabiliti.

Con tale modalità di progettazione grafica sono stati concepiti ad esempio tutte le tipologie di deviatori (schemi assiali) e blocchi di fondazione dei pali di sostegno della trazione elettrica e sono state inoltre sfruttate le potenzialità offerte dallo strumento di disegno al CAD per ottenere tutte le informazioni legate al tracciamento:

- ✓ tabelle contenenti le coordinate nel sistema topografico assoluto di riferimento adottato da Metro C ed i dati geometrici delle curve e rettili;
- ✓ tabelle di posizionamento, sempre in coordinate assolute, di deviatori, paraurti ad assorbimento d'energia e fine corsa;
- ✓ verifica del rispetto degli standard e norme di riferimento dell'armamento;
- ✓ verifica di compatibilità delle possibili interferenze con gli altri enti del piazzale (es. blocchi palo della trazione elettrica) e degli edifici.

9. Conclusioni

Un approccio di tipo integrato alla progettazione del piano del ferro del Deposito di Graniti ha consentito di ottimizzare tutti gli aspetti multidisciplinari contenuti in un impianto di questo genere a servizio di una metropolitana.

In particolare è da rimarcare come siano stati tenuti in considerazione gli aspetti complessi legati all'introduzione del sistema di automazione integrale ATC (marcia automatica dei treni) che hanno avuto notevoli riflessi nell'organizzazione funzionale degli spazi all'interno dell'area del Deposito: alla base della progettazione del piano del ferro e del layout ci sono stati infatti criteri di massima semplificazione delle manovre, di innalzamento del livello di accessibilità a tutte le aree funzionali e di rigorosa separazione tra zone a circolazione automatica e zone a circolazione manuale.

La progettazione inoltre degli aspetti più propriamente legati al sottosistema Armamento si è avvalsa delle più recenti esperienze maturate nel campo delle realizzazioni di Metropolitane soprattutto per quanto concerne l'individuazione dei componenti innovativi (comunicazioni doppie ad interasse stretto, paraurti ad assorbimento d'energia, binari nei fabbricati di servizio e platea di lavaggio) nel rispetto delle norme e della larga conoscenza maturata dalle ferrovie nella esecuzione di infrastrutture in Italia.

Un notevole contributo è stato fornito dalle potenzialità offerte dalla progettazione al CAD e dai suoi applicativi, mediante i quali è stato possibile giungere all'attuale configurazione del layout del deposito attraverso numerose revisioni intermedie di studio.

Tale revisioni si sono rese necessarie per tenere in considerazione e rendere compatibili non solo le esigenze progettuali legate all'armamento ma anche quelle degli altri impianti presenti nel piazzale e nei fabbricati, responsabili dei sistemi di segnalamento e movimentazione degli scambi, dei blocchi di fondazione dei pali della trazione elettrica, dei sottoattraversamenti dei binari, dei cunicoli tecnologici sotterranei di servizio, delle opere civili.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BONO, FOCACCI, LANNI , *"La sovrastruttura Ferroviaria"*, 1997.
- [2] Istruzione Tecnica RFI TC AR IT AR 07 003 B, *"Istruzione sulla costituzione ed il controllo delle lunghe rotaie saldate"*, (L.R.S.) Edizione 2006.
- [3] Circolare n° 61 L.C.5.1.2/59526/103, *"Istruzioni sulle luci di dilatazione delle rotaie"*, del 24.06.1959.
- [4] Specifica Tecnica Fornitura RFI TCAR SF AR 07 004 A, *"Ganasce per armamento ferroviario"*.
- [5] Istruzione Tecnica RFI TCAR ST AR 01 001 A, *"Norme tecniche sulla qualità geometrica del binario con velocità ≤ 250 km/h"*, del 30.11.2001.
- [6] Istruzione Tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A, *"Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie eseguita con i procedimenti Alluminio termico ed elettrico a scintillio"*, del 19.12.2001.
- [7] Specifica tecnica di fornitura RFI TCAR SF AR 005 C, *"Traversoni in legno per apparecchi del binario, legnami per ponti e traverse di legno"*.
- [8] RFI TCAR SP AR 02 001 A, *"Rotaie, aghi e contro-rotaie"*, Ediz. 09/04.
- [9] Circolare FS L.91 dello 11.05.1966 *"Libretto mod. L.94 per il controllo degli apparecchi del binario in opera"*.
- [10] Specifica Tecnica RFI DINIC SF AR 04 001 rev. B del 22.10.2003, *"Pietrisco per massicciate ferroviarie"*.
- [11] Procedura RFI DMA PS IFS 042 A, *"Fabbricazione e gestione delle Giunzioni isolanti incollate"*.
- [12] TF 2 GE DR033 C, *"Capitolato Speciale Prestazionale – Parte B – Norme Tecniche –Impianti Elettro-ferroviari (di sistema) – Norme Tecniche per la realizzazione – Sezione 3– Parte III – Armamento"*.
- [13] D.M. 11 gennaio 1988 *Norme di prevenzione degli incendi nelle metropolitane*.
- [14] UNI 560 *Prove meccaniche dei materiali metallici – Prova di durezza Brinell*.
- [15] UNI 3141 *Rotaie per linee ferroviarie – Tipi, dimensioni e tolleranze*.
- [16] UNI 3550 *Materiale d'armamento di binari ferroviari – Nomenclatura*.
- [17] UNI 3551 *Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari e tranviari – Piastre*.
- [18] UNI 3552 *Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari – Piastroni*.
- [19] UNI 3557 *Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari – Chiavarde d'ancoraggio*.
- [20] UNI 5572 *Piastre di gomma sottorotaia, scanalate, per armamento di binari ferroviari e tranviari*.
- [21] UNI 5592 *Dadi esagonali normali – Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine*.
- [22] UNI 6217 *Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari – Rosette elastiche doppie ondulate per chiavarde di giunzione e di ancoraggio di rotaie*.
- [23] UNI 6328 *Rotaie d'acciaio per linee ferroviarie – Qualità, prescrizioni e prove*.
- [24] UNI 7360 *Metropolitane – Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario*.
- [25] UNI 7407 *Traverse di legno, legnami per scambi e legnami per ponti per ferrovie e tranvie - Forme, dimensioni e prescrizioni tecniche di fornitura*.
- [26] UNI 7508 *Banchine di stazione (11/96)*.
- [27] UNI 7836 *Metropolitane – Geometria del tracciato delle linee su rotaia – Andamento planimetrico e altimetrico e tolleranze di costruzione*.
- [28] (*) Progetto Impianto di Armamento binario su pilastri del Deposito di Ponticelli – Linea Circumvesuviana, 2003.
- [29] (**) Progetto Impianto di Armamento tipo "Milano" tratta Principe – Caricamento (San Giorgio) – Metropolitana di Genova, 2002.
- [3] *Nota*. I progetti di armamento di cui ai punti (*) e (**) sono stati coordinati per conto di Ansaldo – STS dall'autore.