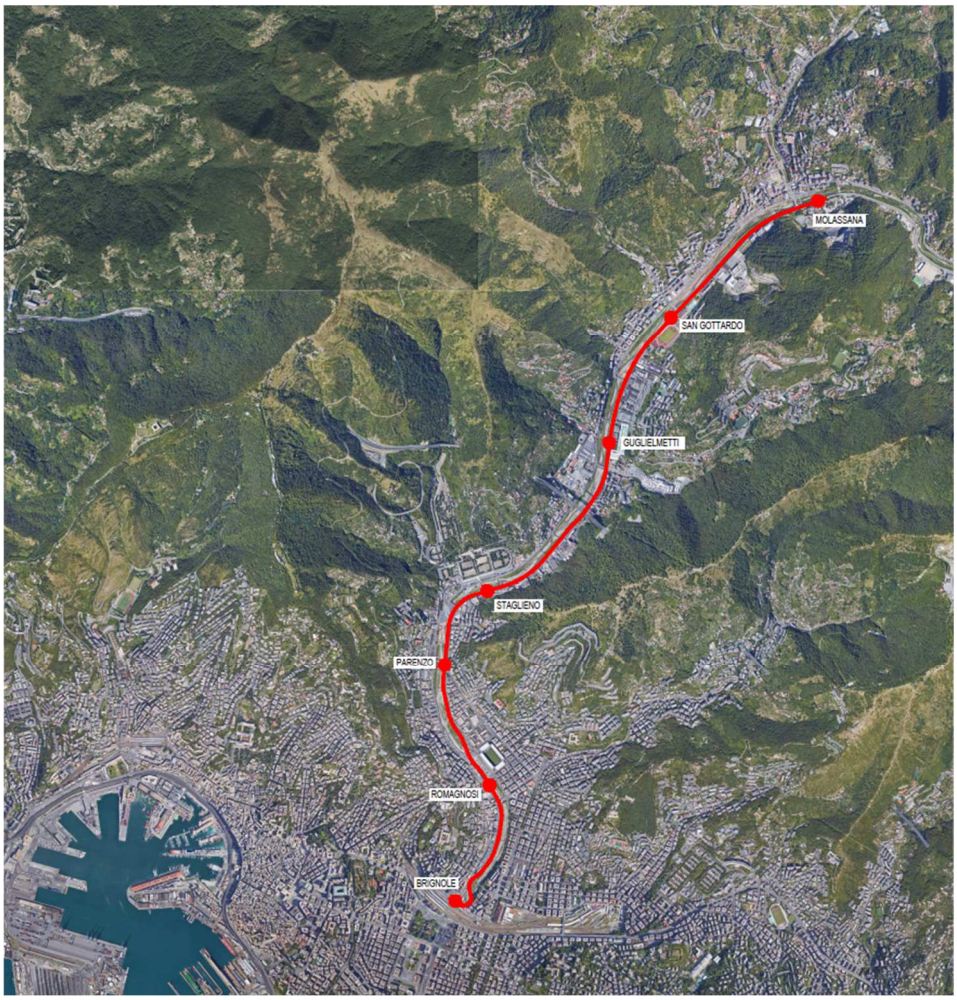
Comune di Genova

SKYMETRO

PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
(D.lgs. n. 36 / 2023)



ARMAMENTO
RELAZIONE TECNICA

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	PR	LV	ARM	COM	R	001	00	A

SYSTRA SOTECNI SYSTRA SYSTRA SWS ITALFERR architecna LAND

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione	Redatto	G. Coletti	10/10/2023
		Verificato	D. Canestrelli	10/10/2023
		Approvato	D. Canestrelli	10/10/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	10/10/2023
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

INDICE

1.	**INTRODUZIONE**	**5**
2.	**NORME**	**6**
3.	**CRITERI DI PROGETTAZIONE**	**11**
3.1	**CARATTERISTICHE DELLA SEDE**	**11**
3.2	**CANALINE**	**12**
3.3	**DRENAGGIO DELLA SEDE**	**12**
3.4	**LIMITI DI VELOCITÀ**	**12**
3.5	**SOVRASCARTAMENTO**	**13**
4.	**DESCRIZIONE DEL PROGETTO**	**13**
4.1	**TIPOLOGIA DELL'ARMAMENTO**	**13**
4.2	**COMPONENTI PRINCIPALI DEL BINARIO**	**14**
4.2.1	ROTAIE	14
4.2.2	SISTEMA DI ATTACCO	15
4.2.3	SCAMBI	16
4.2.4	GIUNZIONI ISOLANTI INCOLLATE	17
4.2.5	APPARECCHI DI FINE BINARIO	17
4.2.6	CONTROROTAIA DI SICUREZZA E GUARDRAIL	17
4.2.7	SALDATURE	17
4.3	**INTERVENTO A BRIGNOLE**	**17**

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Sezione trasversale dei binari con plinti in calcestruzzo armato 12
Figura 2. Sezione rotaia 50 E5 (50 UNI) 15
Figura 3. Attacco tipo Milano modificato 16

1. INTRODUZIONE

Questa relazione definisce le soluzioni tecniche adottate per la realizzazione della sede dei binari e dell'armamento del prolungamento dell'esistente metropolitana di Genova lungo la Val Bisagno.

La nuova tratta sarà quindi a scartamento normale 1435 mm comprenderà sei nuove stazioni, per una lunghezza complessiva di circa 6,9 km.

La diramazione dall'esistente avviene ad est della stazione di Brignole, all'inizio dell'attuale tronchino di inversione dei treni. Qui è previsto l'inserimento dei due deviatoi che si distaccano dalla linea attuale, che è previsto proseguirà verso la stazione di Martinez attualmente in corso di realizzazione.

La linea si porta quindi lungo la Val Bisagno, per un brevissimo tratto, in sponda sinistra per poi passare con un'opera di scavalco del torrente sulla sponda destra. Prosegue così fino alla stazione Romagnosi, per poi portarsi di nuovo in sponda sinistra, attraversando di nuovo il torrente in corrispondenza della copertura esistente del Bisagno.

Da qui in poi la linea si tiene in sponda sinistra dove è prevista l'ubicazione delle stazioni Parenzo, Staglieno, Guglielmetti, San Gottardo e Molassana.

Le stazioni hanno una distanza media di circa 1,15 km e al termine della linea è previsto un tronchino per inversione dei treni, ma anche per far sostare i rotabili durante la notte.

I paragrafi successivi della relazione contengono la descrizione delle opere di armamento da realizzare, le soluzioni adottate in relazione ai vincoli del progetto nelle tipologie di sede previste, nonché le modalità operative e le caratteristiche dei materiali utilizzati.

Le normative di riferimento per la progettazione dell'armamento sono i Codici UIC (International Union of Railways), la normativa europea, le norme UNI e le norme ISO, elencati nel successivo capitolo 2.

Sono stati assunti i parametri geometrici e di esercizio indicati nella tabella sotto riportata.

Scartamento	1435 mm
Alimentazione elettrica	Linea aerea
Velocità massima	75 km/h
Pendenza massima longitudinale in linea	33,6‰
Pendenza massima longitudinale in fermata	2‰
Raggio minimo planimetrico	50 m
Massimo valore di accelerazione non compensata	0.8 m/s^2
Massimo valore di contraccolpo	0.4 m/s^3

Raggio minimo dei raccordi verticali	800 m

2. NORME

I lavori di realizzazione del binario dovranno essere conformi alle seguenti norme in quanto applicabili.

EN	196-1	Methods of testing cement - Part 1: determination of strength.
EN	13242+A1	Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction.
EN	480-6	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 6: infrared analysis.
EN	480-8	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 8: determination of the conventional dry material content.
EN	206-1	Concrete - Part 1: specification, performance, production and conformity.
EN	14889-2	Fibres for concrete – Part 2: Polymer fibres – Definitions, specifications and conformity
EN	934-6	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 6: sampling, conformity control and evaluation of conformity.
EN	15167-1	Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout - Part 1: definitions, specifications and conformity criteria.
EN	15167-2	Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout - Part 2: conformity evaluation.
EN	13043	Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas.
EN	1097-5	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 5: determination of the water content by drying in a ventilated oven.

EN	1097-6/A1	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: determination of particle density and water absorption.
EN	13877-1	Concrete pavements - Part 1: materials.
ISO	1920-4	Testing of concrete - Part 4: strength of hardened concrete.
EN	12350-1	Testing fresh concrete - Part 1: sampling.
EN	12350-2	Testing fresh concrete - Part 2: slump test.
EN	12390-3	Testing hardened concrete - Part 3: compressive strength of test specimens.
EN	13670	Execution of concrete structures - Part 1: common and national application document.
EN	12190	Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Determination of compressive strength of repair mortar.
EN	13232-1	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 1: definitions.
EN	13232-2	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 2: requirements for geometric design.
EN	13232-2+A1	Railway applications - Track - Switches and crossings - Expansion devices.
EN	13232-3	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 3: requirements for wheel/rail interaction.
EN	13232-4	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 4: actuation, locking and detection.
EN	13232-5	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 5: switches.
EN	13232-6	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 6: fixed common and obtuse crossings.
EN	13232-8	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 8: expansion devices.
EN	13232-9	Railway applications - Track - Switches and crossings - Part 9: layouts.

EN / ISO	EN ISO 225	Fasteners - Bolts, screws, studs and nuts - Symbols and descriptions of dimensions.
UIC	864-4	Technical specification for the supply of fish-plates or sections for fish plates made of rolled steel.
UIC	864-5	Technical specification for the supply of rail seat pads.
UIC	864-6	Technical specification for the supply of base-plates or sections for base-plates made of rolled steel.
UIC	864-7	Rolled profiles for base-plates for UIC rails.
EN	13481-1	Railway applications - Track - Performance requirements for fastening systems - Part 1: definitions.
EN	13481-2	Railway applications - Track - Performance requirements for fastening systems - Part 2: fastening systems for concrete sleepers.
EN	13481-5	Railway applications. Track. Performance requirements for fastening systems. Fastening systems for slab track with rail on the surface or rail embedded in a channel.
EN	13481-7	Railway applications - Track - Performance requirements for fastening systems - Part 7: special fastening systems for switches and crossings and check rails.
BS EN ISO	898-1	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel. Bolts, screws and studs.
ISO	148-1	Metallic materials - Charpy pendulum impact test - Part 1: Test method.
ISO	6892-1	Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature.
ISO	7438	Metallic materials - Bend test.
ISO	868	Plastics and ebonite - Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness).
ISO	7619-2	Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of indentation hardness - Part 2: IRHD pocket meter method.

ISO	965-2	General purpose metric screw threads - Tolerances - Part 2: Limits of sizes for general purpose external and internal screw threads - Medium quality.
ISO	4759-1	Tolerances for fasteners - Part 1: Bolts, screws, studs and nuts - Product grades A, B and C.
ISO	2320	Fasteners - Prevailing torque steel nuts - Functional properties.
EN	13146-9	Railway applications. Track. Test methods for fastening systems. Part 9: Determination of stiffness.
EN	60529	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
EN	50122-1	Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: protective provisions against electric shock.
EN	50122-2	Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return - Part 2: provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems.
BS EN	62631-3-1	Dielectric and resistive properties of solid insulating materials - Part 3-1: determination of resistive properties (DC Methods) - Volume resistance and volume resistivity - General method.
EN	14811+A1	Railway applications - Track - Special purpose rail - Grooved and associated construction.
EN	15610	Railway applications - Noise emission - Rail roughness measurement related to rolling noise generation.
ISO	6506-1	Metallic materials - Brinell hardness test - Part 1: Test method.
ISO	6507-1	Metallic materials - Vickers hardness test - Part 1: Test method.
ISO	6508-1	Metallic materials - Rockwell hardness test - Part 1: Test method.
EN	13674-1	Railway applications – Track – Vignole railway rails 46kg/m and above.
EN	13674-3+A1	Railway applications – Track – Rail – Check rails.

EN	14730-1	Railway applications - Track - Aluminothermy welding of rails - Part 1: approval of welding processes.
EN	14730-2	Railway applications - Track - Aluminothermy welding of rails - Part 2: qualification of aluminothermy welders, approval of contractors and acceptance of welds.
EN	15594	Railway applications – Track – Restoration of rails by electric arc welding.
EN	14587-2	Railway applications - Track - Flash butt welding of rails - Part 2: new R220, R260, R260Mn and R350HT grade rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant.
EN	14587-3	Railway applications - Track - Flash butt welding of rails - Part 3: welding in association with crossing construction.
EN	13803	Railway applications - Track - Track alignment design parameters -
ISO	7619-1 and 7619-2	Rubber, vulcanized or thermoplastic – determination of indentation hardness – Part 1 Durometer method (Shore hardness) and part 2 IRHD pocket meter method.
ISO	5079	Textiles – fibres – Determination of breaking force and elongation at break of individual fibres.
EN ISO	4624	Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion.
EN	1433	Drainage channels for vehicular and pedestrian areas - Classification, design and testing requirements, marking and evaluation of conformity.
EN	60068-2-11	Environmental testing. Part 2: tests. Test Ka: salt mist.
EN	13036-1	Road and airfield surface characteristics - Test methods - Part 1: measurement of pavement surface macro texture depth using a volumetric patch technical.
EN	13231-3	Railway applications - Track - Acceptance of works - Part 3: Acceptance of reprofiling rails in track.
EN	50126-1	Railways applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: basic requirements and generic process.

ISO	14713-1	Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures — Part 1: General principles of design and corrosion resistance.
BS	6100-0	Building and civil engineering. Vocabulary. Introduction and index.
SI	5350	Construction and operation of light rail transit systems.
SI	5435	Fixed guideway transit and passenger rail systems: fire safety requirements.
BS EN ISO	ISO 62	Plastics - Determination of water absorption – Plastiques.
ISO	7214	Cellular plastics - Polyethylene - Methods of test.
EN ISO	1461	Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles. Specifications and test methods.
ISO	6508-1	Metallic materials - Rockwell hardness test - Part 1: test method.
ISO	6508-2	Metallic materials - Rockwell hardness test - Part 2: verification and calibration of testing machines and indenters.
PD	970-2005	Wrought steels for mechanical and allied engineering purposes. Requirements for carbon, carbon manganese and alloy hot worked or cold finished steels.
ISO	2896	Rigid cellular plastics - Determination of water absorption.
EN	124-1	Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas - Part 1: Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas. Definitions, classification, general principles of design, performance requirements and test methods.

3. CRITERI DI PROGETTAZIONE

3.1 Caratteristiche della sede

La sede adottata è costituita dal viadotto a via inferiore con impalcato in acciaio con sezione a “U”, costituito da due travi laterali e dei traversi inferiori con soletta in calcestruzzo per il sostegno dei binari. La struttura a “U” integra tutti i componenti del sistema.

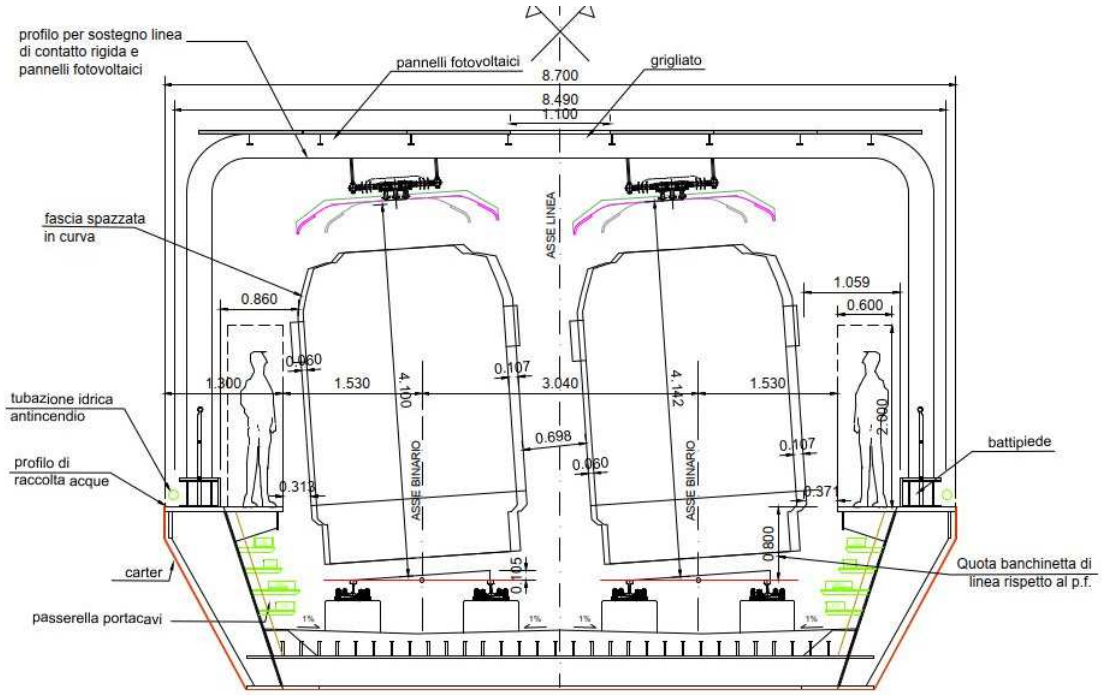


Figura 1. Sezione trasversale dei binari con plinti in calcestruzzo armato

Inoltre, la sede è progettata per garantire una via di fuga laterale mediante i camminamenti presenti ai due lati lungo tutto il viadotto.

3.2 Canaline

La struttura ad "U" adottata integra, in particolare, le canaline passacavi posizionate ai lati della sede ferroviaria, al di sotto dei camminamenti, nelle quali è prevista la posa sia dei cavi a bassa tensione che dei cavi di segnalamento e telecomunicazioni.

Tali canaline sono adeguatamente dimensionate in funzione della quantità dei cavi previsti.

3.3 Drenaggio della sede

La sezione trasversale della linea ed il suo profilo longitudinale saranno realizzati in modo da garantire il regolare e rapido smaltimento delle acque meteoriche.

In particolare, i plinti continui di appoggio delle rotaie, in relazione alle risultanze dello studio idraulico, avranno interruzioni opportunamente intervallate tra loro, al fine di consentire il necessario deflusso trasversale delle acque meteoriche.

Tali acque saranno convogliate direttamente al centro dei singoli binari sia nelle tratte a doppio che in quelle a singolo binario; ad un'estremità delle campate l'acqua viene incanalata in discendenti che scenderanno a terra in corrispondenza della pila per arrivare al recapito finale.

3.4 Limiti di velocità

I limiti di velocità considerati sono i seguenti:

- velocità massima in linea: 75 chilometri all'ora;
- velocità massima in fermata: 30 chilometri all'ora;
- velocità massima sugli scambi: in relazione alle loro caratteristiche geometriche.

3.5 Sovrascartamento

È prevista l'adozione del sovrascartamento in curva, nel rispetto delle indicazioni della normativa UNI 7836, come indicato nella tabella seguente.

Scartamento *s*, da adottare secondo il valore di *R*

R m	*s* mm
da 65 a 80 escluso	1 455
da 80 a 90 escluso	1 450
da 90 a 110 escluso	1 445
da 110 a 140 escluso	1 440

4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La progettazione prevede rotaie continue saldate fissate su plinti continui in cemento armato disposti all'interno dell'impalcato del viadotto e ad esso ancorati. La funzione dei plinti è quella di supportare le rotaie di corsa con un alto grado di precisione e di permettere l'utilizzo di un sistema di fissaggio diretto.

4.1 Tipologia dell'armamento

Particolare attenzione è stata posta nello scegliere un sistema di armamento che, oltre a rispondere in modo ottimale ai requisiti di qualità, resistenza, durevolezza, sia composto da un numero limitato di componenti, anche al fine di facilitare la manutenzione, riducendone gli oneri.

Pertanto, è stato stabilito, per motivazioni di omogeneità tecnica, gestionale e manutentiva, di adottare, anche per il prolungamento della metropolitana di Genova in Val Bisagno, un sistema analogo a quello già presente nella rete metropolitana di Genova.

I vantaggi di tale sistema sono:

- posizione e geometria del binario ottimali e costanti nel tempo;
- grande precisione dello scartamento;
- struttura semplice, monolitica e solidale del sistema;
- grande sicurezza e lungo ciclo di vita;
- conformità con le normative riguardanti l'isolamento elettrico.

Il sistema adottato, inoltre, risponde ai seguenti requisiti:

- sicurezza dei passeggeri;

- comfort di viaggio;
- riduzione della trasmissione di rumore e vibrazioni;
- massima velocità possibile lungo l'intero tracciato;
- facilità di funzionamento, manutenzione e pulizia;
- ottimizzazione dei costi di manutenzione;
- semplicità di costruzione.

4.2 Componenti principali del binario

Questo capitolo descrive i diversi componenti principali dell'armamento della linea, definiti in modo da rispettare tutti i vincoli, adattandosi ai requisiti illustrati in precedenza:

- rotaie di corsa
- sistema di fissaggio
- scambi
- giunzioni isolanti incollate
- apparecchi di fine binario
- controrotaia di sicurezza e guardrail
- saldature

4.2.1 Rotaie

La rotaia svolge la funzione di guida delle ruote del materiale rotabile ed il trasferimento del carico alla struttura della sede.

Al fine di assicurare nel tempo idonei requisiti di resistenza ai carichi del materiale rotabile ed ottimale contatto ruota-rotaia, la sezione della rotaia prescelta è quella del tipo 50 E5 (50 UNI) secondo la specifica tecnica di fornitura RFI TCAR SF AR 02 001 C. Le rotaie e l'acciaio usato per la loro fabbricazione dovranno inoltre essere conformi alla normativa UNI EN 13674-1:2017.

Le barre di rotaia, per facilità di movimentazione, saranno in barre da 18 metri (standard EN 14811) saldate per formare una barra continua (L.r.s.).

Il tipo di acciaio costituente la rotaia e la relativa durezza saranno definiti in sede esecutiva in relazione alle caratteristiche dell'acciaio delle ruote dei veicoli circolanti, al fine di limitare al massimo i fenomeni di usura sia delle rotaie che delle ruote del materiale rotabile.

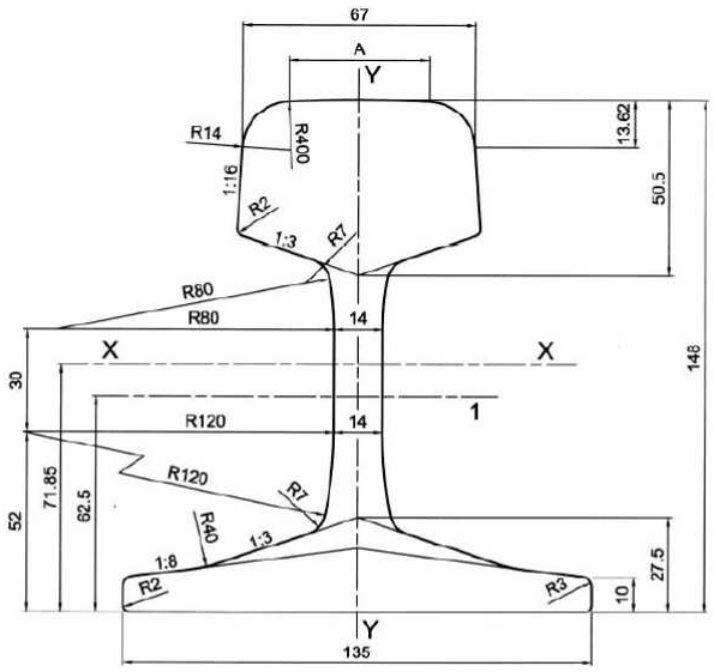


Figura 2. Sezione rotaia 50 E5 (50 UNI)

Secondo lo standard UIC-860, su ciascuna rotaia dovranno essere riportate le seguenti caratteristiche:

- nome del produttore
- data di produzione (anno, mese)
- lettere e numeri che identificano il tipo di rotaia
- simbolo del processo di sviluppo
- simbolo della qualità dell'acciaio
- una freccia che indica la testa del lingotto
- identificazione individuale.

4.2.2 Sistema di attacco

Le rotaie sono ancorate ai plinti continui in c.a. con il sistema di attacco tipo “Milano modificato”, utilizzato, oltre che nella rete metropolitana di Milano, anche in quella di Genova.

Tale attacco è costituito da una piastra metallica che, in questo caso, viene fissata ai plinti continui in cemento armato tramite due ancoranti (o quattro nel caso di curve strette) con l’interposizione di materiale resiliente, in grado di conferire la giusta rigidezza al binario.

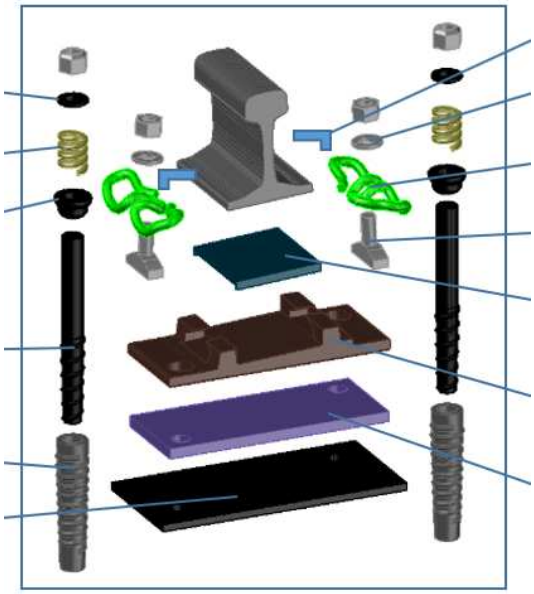


Figura 3. Attacco tipo Milano modificato

Gli attacchi dovranno essere conformi alla serie di norme EN 13481 con caratteristiche determinate secondo la serie di norme EN 13146.

L'attacco sarà costituito da coppie di punti di fissaggio ancorate ai plinti continui in c.a. mediante l'inserimento di ancoranti nel getto dei plinti.

La rigidezza complessiva dell'attacco sarà regolata secondo quanto previsto nella norma EN13146-9.

Il passo sarà di 750 mm in rettifilo e per curve di raggio fino a 600 m, mentre sarà di 667 mm per curve di raggio inferiore a 600 m.

Nelle curve di raggio stretto si procederà all'allargamento di scartamento definito in base a quanto previsto nella norma UNI 7836.

4.2.3 Scambi

Per entrambi i binari, per effettuare la diramazione dalla linea principale, è stata prevista la tipologia di scambi S50 R50 T0,166, che permette di uscire il prima possibile dai binari che proseguono in direzione Martinez.

In linea sono previste tre comunicazioni semplici, una a valle della stazione Staglieno e due in avanstazione a Molassana per l'inversione dei treni. Le comunicazioni sono effettuate mediante deviatoi S50 R102 T0,15, gà previsti sul resto della linea.

Gli scambi saranno costruiti con rotaie dello stesso profilo delle rotaie impiegate per i binari in linea.

Gli scambi vengono fissati in opera su plinti continui appositamente studiati, adottando, quindi, lo stesso sistema dei binari di linea. Anche il sistema di ancoraggio sarà analogo a quello utilizzato per l'armamento in linea.

Le saldature verranno eseguite dopo che lo scambio sarà stato posizionato in modo permanente secondo le caratteristiche geometriche progettuali previste.

4.2.4 Giunzioni isolanti incollate

Le giunzioni isolanti incollate saranno di lunghezza pari a 3.780 mm, realizzate con acciaio di qualità analoga a quella definita per le rotaie, secondo la specifica tecnica di fornitura RFI TCAR SF AR 07 008 A.

4.2.5 Apparecchi di fine binario

Nella parte terminale della linea, al termine dei due binari di corsa, in considerazione delle caratteristiche morfologiche e strutturali della stazione in viadotto e delle conseguenti necessità di sicurezza, sono stati previsti paraurti di tipo scorrevole, frenanti per attrito, a dissipazione controllata dell'energia d'impatto dei veicoli.

I disegni costruttivi di tali paraurti saranno redatti dal fornitore, in relazione anche alle caratteristiche dimensionali e costruttive del materiale rotabile previsto in esercizio.

4.2.6 Controrotaia di sicurezza e guardrail

Le controrotaie di sicurezza 33C1 (UIC33) verranno installate sul lato interno delle curve al fine di garantire, mediante la guida della ruota, il passaggio sicuro attraverso curve e scambi a raggio ridotto, poiché le controrotaie impediranno al bordino di risalire sulla superficie di scorrimento della rotaia.

I guardrail saranno installati in aree specifiche per trattenere il veicolo in caso di deragliamento.

4.2.7 Saldature

Le rotaie saranno saldate in opera in lunghe barre con procedimento elettrico a scintillio.

Dove non è possibile eseguire saldature a scintillio, nel caso di saldature interne dei deviatoi, saldature di estremità necessarie per l'inserimento degli stessi lungo linea, posa di giunti isolanti incollati e saldature di regolazione da realizzare per la costituzione della lunga rotaia saldata, saranno realizzate saldature con il procedimento alluminotermico.

4.3 Intervento a Brignole

Per l'innesto della diramazione sulla linea esistente sarà necessario intervenire sul retrostazione di Brignole. L'intervento richiede, infatti, di inserire i nuovi deviatoi per la diramazione subito a valle della banchina di Brignole, andando ad interessare la comunicazione a croce esistente, che andrà pertanto eliminata.

A causa dell'interferenza con il primo tratto della nuova diramazione, anche i due binari di ricovero attualmente ubicati in adiacenza al retrostazione di Brignole andranno eliminati e conseguentemente il deviatoio di collegamento.

Tali operazioni richiederanno quindi un intervento invasivo sulla stazione di Brignole, che ne comprometterà l'esercizio. L'eliminazione della comunicazione a croce, infatti, non permetterà l'inversione dei treni e pertanto la stazione non potrà più funzionare da capolinea. Questo comporterebbe la riduzione temporanea dell'esercizio della linea che dovrà limitarsi alla tratta Brin-San Giorgio, perché questa è attualmente la più vicina dotata di una comunicazione che permetta l'inversione dei treni.

Vista la geometria del tracciato, risulta anche difficile l'inserimento di un nuovo deviatoio nella tratta tra San Giorgio e Brignole, per la continua presenza di curve, clotoidi e/o pendenze elevate, ben sopra l'1%.