

LINEE GUIDA ED ESEMPLIFICAZIONI
PER LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DELLE
LINEE E DELLA RETE FERROVIARIA
AD ALTA VELOCITA'
A LIVELLO DI SISTEMA INTEGRATO

Ing. Michele Pantaleo

progettista linee ad alta velocità presso Fiat Engineering – Maire Engineering (1992-2010)

Sintesi schematica

Luglio 2023

1. Genesi del progetto AV

Le **tappe** e gli enti coinvolti:

- 1980-1990: le allora Ferrovie dello Stato (FS) decidono di costruire una nuova **rete ad alta velocità** (300 km/h) basata su due direttrici fondamentali: la *Padana* Torino-Milano-Venezia e la *Dorsale* Milano-Roma-Salerno.
- Viste le proporzioni del progetto, le FS decidono di costituire una società mista pubblico-privata, la “TAV (Treno Alta Velocità)”, con il compito di realizzare e gestire la nuova rete.
- La TAV si affida a tre General Contractor per la realizzazione delle opere e precisamente:
 - Linea Torino – Milano e Bologna – Firenze: FIAT S.p.A.
 - Linea Milano – Bologna e Milano – Verona: ENI S.p.A.
 - Linea Roma – Napoli e Verona – Venezia: IRI S.p.A.
- TAV richiede che le opere di impiantistica ferroviaria vengano realizzate dal Consorzio SATURNO che raggruppa le principali aziende del settore sempre comunque sotto la gestione dei General Contractor
- La società ITALFERR, società di ingegneria delle FS, si occupa dell’alta sorveglianza dei lavori e del successivo collaudo delle opere.

2. Capisaldi progettuali e normative

I **documenti chiave**, sui quali si basa la progettazione, sono i seguenti:

- A. Gli **Standard Progettuali** erano contenuti in un corposo dossier del 1992 chiamato “Specifiche di Base del Sistema Italiano ad Alta Velocità”, e definiscono i principi generali, la tipologia del traffico, le caratteristiche tecniche dell’infrastruttura, il modello di funzionamento dei nodi, il programma di esercizio, il degrado della circolazione, le prestazioni RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) degli impianti e delle linee, il modello di gestione della rete, il centro direzionale, gli impianti per la trazione elettrica, per le telecomunicazioni, per la sicurezza, per il segnalamento, per l’illuminazione, gli impianti speciali, i criteri di manutenzione degli impianti, del treno e delle linee, la definizione dei posti di manutenzione e le caratteristiche dei treni AV. Il dossier è tenuto costantemente aggiornato.
- B. Per la progettazione si faceva riferimento al **Manuale di Progettazione** interno alle FS, un corpus di diversi articoli contenenti tutto lo scibile della progettazione infrastrutturale ferroviaria, dalle opere civili a quelle impiantistiche. Oggi, alcune di queste norme sono oggetto di leggi, decreti e circolari ministeriali italiane e/o europee.
- C. I **tracciati ferroviari** sono stati definiti a seguito di rilevamenti e approfondimenti avvenuti con Enti Locali (Conferenze di Servizi) e di analisi di impatto ambientale. Molti tracciati sono stati disposti in affiancamento all’infrastruttura autostradale esistente, come la A4 nel caso della Torino-Milano, realizzando i “corridoi plurimodali”, con l’obiettivo di limitare l’impatto ambientale dell’opera ferroviaria.

- D. La realizzazione delle opere si basava su standard o specifiche tecniche di ITALFERR contenuti in documenti in più volumi, denominati "Capitolati Costruzione Opere Civili" e "Capitolati Costruzione Impianti".
- E. Le [Specifiche Tecniche di Interoperabilità Europea \(STI\)](#), nate con direttiva del Parlamento e del Consiglio Europeo il 23 luglio 1996, hanno avuto ed hanno tutt'oggi lo scopo di armonizzazione tecnica in campo ferroviario per consentire di facilitare, migliorare e sviluppare i trasporti su ferro in Europa e nei paesi terzi che abbiano significativi interscambi con l'Europa stessa. Esse stabiliscono dei requisiti essenziali riguardanti i sottosistemi delle infrastrutture, dell'energia, del controllo-comando e del segnalamento a terra/bordo, del materiale rotabile, dell'esercizio/gestione del traffico, della manutenzione, delle applicazioni telematiche per servizi passeggeri e merci.
- F. Le [Fiche](#) o *leaflets* dell'*Union Internationale des Chemin de Fer (UIC)* sono raccomandazioni tecniche – sovente divenute norme tecniche o standard del CEN - riguardanti il materiale rotabile, le infrastrutture, gli impianti ferroviari e gli standard di sicurezza. Questo organismo (UIC), fondato nel 1922, è la più vecchia istituzione ferroviaria normativa esistente al mondo.
- G. Le [Specifiche RFI per le opere civili e per gli impianti ferroviari](#) regolano, dal punto di vista tecnico e funzionale, la progettazione, la manutenzione e l'esercizio ferroviario. Queste specifiche sono talora più restrittive di quelle esistenti in campo internazionale.
- H. Per la progettazione dell'impiantistica ferroviaria valgono anche le [norme tecniche CENELEC](#) (Comitato Europeo per la Normalizzazione Elettrotecnica), le indicazioni di UNISIG per l'ERTMS/ETCS (Consorzio Tecnico per gli aspetti legati al nuovo sistema di controllo della marcia treno), le norme [UNI](#) (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) e [CEI](#) (Comitato Elettrotecnico Italiano).

Articolazione delle progettazioni.

1. **Progetto Preliminare**: viene redatto da ITALFERR (Società di ingegneria delle FS) per definire, dal punto di vista tecnico ed economico, la fattibilità di una certa opera ferroviaria.
2. **Progetto Definitivo**: viene redatto sulla base del Progetto Preliminare e ne affina gli aspetti d'inserimento nel territorio, stima economica, programma dei lavori. Di norma è con questo progetto che si supporta lo studio di impatto ambientale e la Conferenza di Servizi. In questa fase vengono inoltre definiti gli espropri, le interferenze con altri servizi e deve essere sviluppato il progetto di monitoraggio ambientale.
3. **Progetto Esecutivo**: definisce tutti i particolari delle opere, dai calcoli ai piani di manutenzione, sicurezza e coordinamento, nonché gestione ambientale dei cantieri e relativo monitoraggio.
4. **Progetto «As built»**: è quello che aggiorna il Progetto Esecutivo alle effettive realtà costruite ed è fondamentale per le successive opere di manutenzione.

Per la realizzazione delle linee Torino-Milano e Milano-Napoli la nomenclatura era leggermente diversa: il Progetto Preliminare era chiamato "di massima"; il Definitivo era chiamato "esecutivo"; e l'Esecutivo era chiamato "costruttivo", ma i contenuti erano analoghi.



Il corridoio plurimodale della linea AV/AC nella piana vercellese.

Si nota la vicinanza tra autostrada e ferrovia ed i sovrappassi che scavalcano uniformemente le due infrastrutture

3. Alta Velocità e Alta Capacità

Seppure in un primo tempo l'infrastruttura voluta dalle FS fosse del tipo AV, successivamente si optò per denominazione ad **Alta Velocità/Alta Capacità**, abbreviabile con AV/AC, il che presenta caratteristiche comuni alle linee ad alta velocità pure e ad alta capacità.

- **Linee AV**: riservate a convogli passeggeri, con velocità di almeno 250 km/h. Sono progettate, perciò, per carichi minori, essendo questi convogli più leggeri, e con pendenze anche elevate (es. 35 per mille della rete AV francese). In questo modo si riduce l'entità delle opere civili come ponti e viadotti e, nel complesso, l'opera risulta più economica. Tuttavia, risulta meno flessibile, mancano le interconnessioni con la rete tradizionale e gli unici collegamenti con essa sono in corrispondenza delle grandi stazioni in cui avvengono le soste commerciali.
- **Linee AC**: riservate ad elevato traffico di convogli passeggeri e merci, ad una velocità inferiore a 200 e 100 km/h rispettivamente.
- **Linee AV/AC**: riservate a convogli passeggeri veloci, e **convogli merci fino a 160 km/h**. Sono progettate per qualunque tipo di materiale, leggero o pesante, e perciò richiedono l'adozione di livellette ridotte (in rari casi maggiori del 12 per mille). Sono presenti numerose **interconnessioni** con la rete tradizionale o convenzionale, per garantire una maggiore integrazione. In questo modo la rete è più flessibile e integrata nell'infrastruttura nazionale, ad un costo un po' più alto rispetto ad una AV pura.

4. Attuale organizzazione del sistema AV/AC

Nel corso del tempo, la macchina organizzativa ha subito mutamenti ed evoluzioni, sia a causa di cambiamenti normativi sia per mutamento societario degli attori in causa.

La macrostruttura odierna (2023) è così costituita:

- **Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT)**: ad esso fanno capo le due catene operative di realizzazione e gestione della rete, con il Gruppo FS in prima linea; e di sicurezza, con capofila ANSFISA (Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie e delle Infrastrutture Stradali e Autostradali), precedentemente denominata ANSF.
- **Gruppo Ferrovie dello Stato** che agisce tramite Rete Ferroviaria Italiana (RFI), il committente odierno delle opere, per la realizzazione e gestione dell'infrastruttura avvalendosi di:
 - ITALFERR per l'alta sorveglianza dei progetti e dei lavori;
 - TRENITALIA per l'esercizio delle linee.
- **RFI** si avvale di *general contractor* e del Consorzio SATURNO per progettare, sviluppare e realizzare le opere.
- **ITALFERR**, per svolgere la propria attività, si avvale anche di una Commissione di Verifica Tecnica (CVT) che si interfaccia direttamente con RFI, con i *general contractor* e con il Consorzio SATURNO.

Per garantire il massimo grado di sicurezza, il Gruppo FS si avvale di **ITALCERTIFER** come verificatore indipendente e allo stesso modo **ANSFISA** si avvale di altri *verificatori indipendenti per la sicurezza (VIS)*.

5. Studio del tracciato

Lo studio del tracciato deve avvenire seguendo regole ben precise, che riguardano la [geometria del binario](#) e il [moto dei veicoli](#).

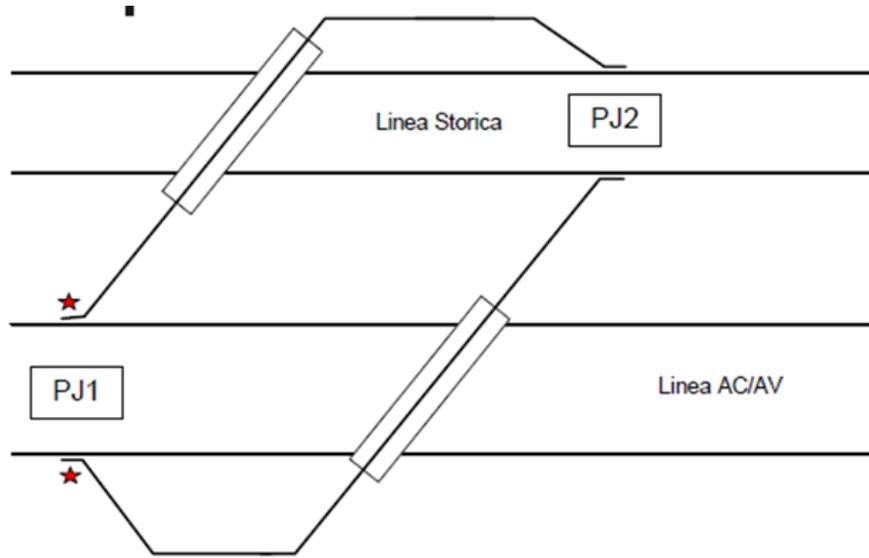
- Normative di riferimento:
 - «Norme tecniche per la progettazione dei tracciati ferroviari», RFI TCAR IT AR 01 001, che definisce i parametri progettuali con i rispettivi valori limite e le norme applicabili;
 - «Norme tecniche per la determinazione delle velocità massime d'orario», RFI TCAR IT AR 01 002 che definisce le verifiche per la determinazione delle velocità, una volta noti i parametri dei tracciati.
- Parametri standard della geometria del binario previsti per le linee AV: caratteristiche geometriche come interasse binari, scartamento, inclinazione della rotaia, raggio minimo di curvatura e dei raccordi verticali, pendenza massima. Alcuni di questi, come l'interasse e la pendenza massima, sono derogabili.
- Vincoli dovuti all'armamento:
 - nessun cambio di livelletta deve avvenire entro i raccordi planoaltimetrici;
 - nessun deviatoio deve interessare una curva planoaltimetrica e il relativo raccordo.

6. Impianti di circolazione dei treni

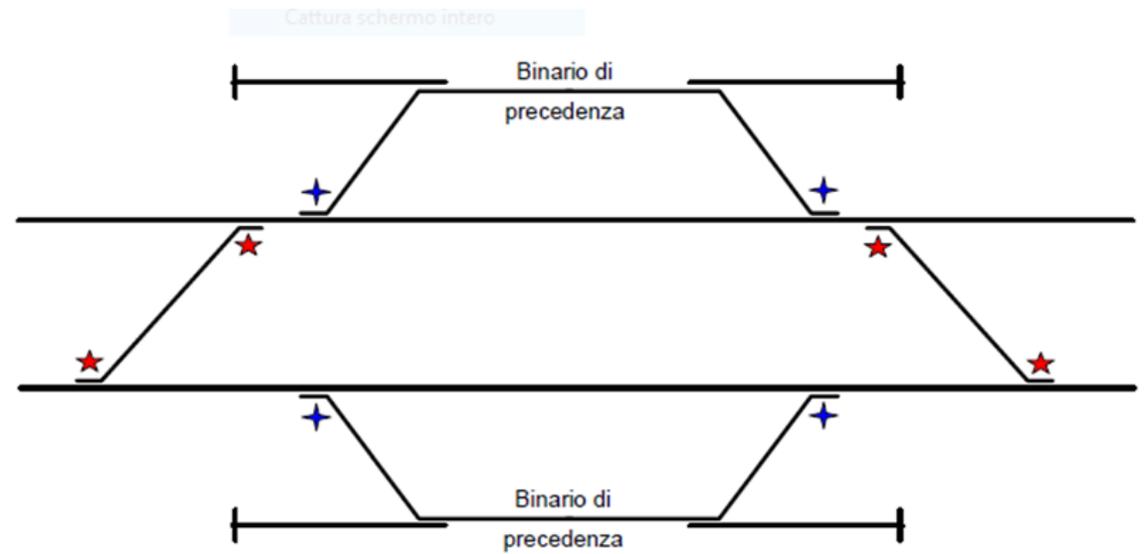
Gli impianti di circolazione sono i luoghi dove è possibile **movimentare i convogli da un binario all'altro o da e verso la rete tradizionale/convenzionale**, organizzare sorpassi e precedenza e supportare la manutenzione della rete AV/AC.

Questi luoghi (slide seguente) sono stabiliti già nelle "Specifiche di Base", e sono:

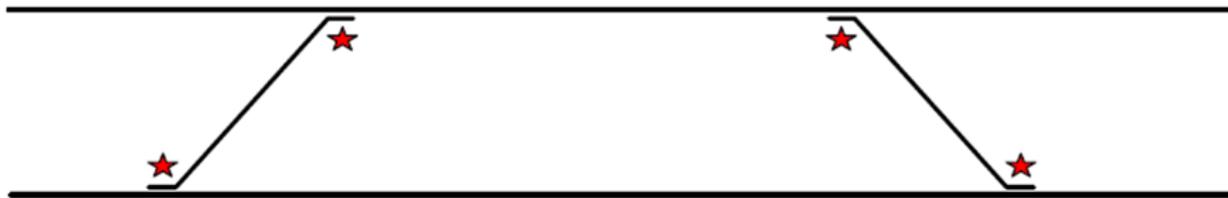
- **Posti di Comunicazione (PC)**: posti di servizio in cui, a mezzo di opportuni deviatori da 160 km/h, è possibile il passaggio da un binario all'altro, in modo da realizzare la circolazione a binario unico in caso di problemi alla circolazione. Sono posti sulla linea con un passo di circa 24 km e in ogni caso questo valore dipende dall'andamento planoaltimetrico del tracciato e da vincoli del territorio.
- **Posti di Movimento (PM)**: posti di servizio come i PC, in cui sono presenti anche binari lunghi **750 m** adatti a svolgere sorpassi e precedenza. E' anche possibile lo stazionamento di convogli di manutenzione, e di fatto sono delle stazioni non aperte al pubblico. Il passo tra i PM è di circa 48 km, ma come per i PC la distanza può variare.
- **Posti di Interconnessione (PJ)**: posti di servizio realizzati in corrispondenza dei bivi delle interconnessioni con la rete tradizionale o convenzionale, e controllano l'entrata e l'uscita dalla linea AV/AC. Non hanno un passo fisso, e la loro posizione dipende dall'ubicazione delle interconnessioni.



Posto di Interconnessione (PJ1 + PJ2)



Posto di Movimento (PM)



Posto di Comunicazione (PC)

★ Deviatioio oleodinamico tg 0,022

✦ Deviatioio oleodinamico tg 0,074

Schematici dei vari Posti di Servizio con indicazione delle tipologie dei deviatori

Deviatioio 60 UNI/3000/tg 0,022 velocità in deviata 160 km/h - Deviatioio 60 UNI/400/tg 0,074 velocità in deviata 60 km/h

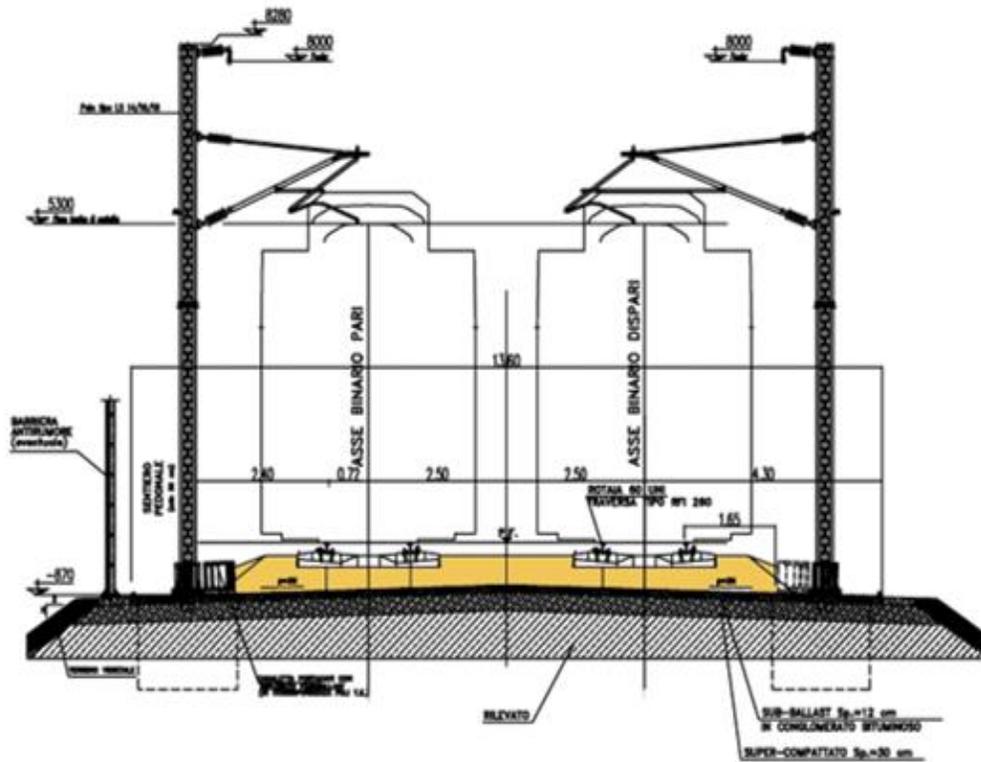
7. Progettazione delle opere civili

La **progettazione** delle opere civili non è molto dissimile da quella di un'altra infrastruttura, ad esempio stradale, si basa su quanto indicato nelle "Specifiche di Base" e tiene conto di vincoli più restrittivi di carattere normativo.

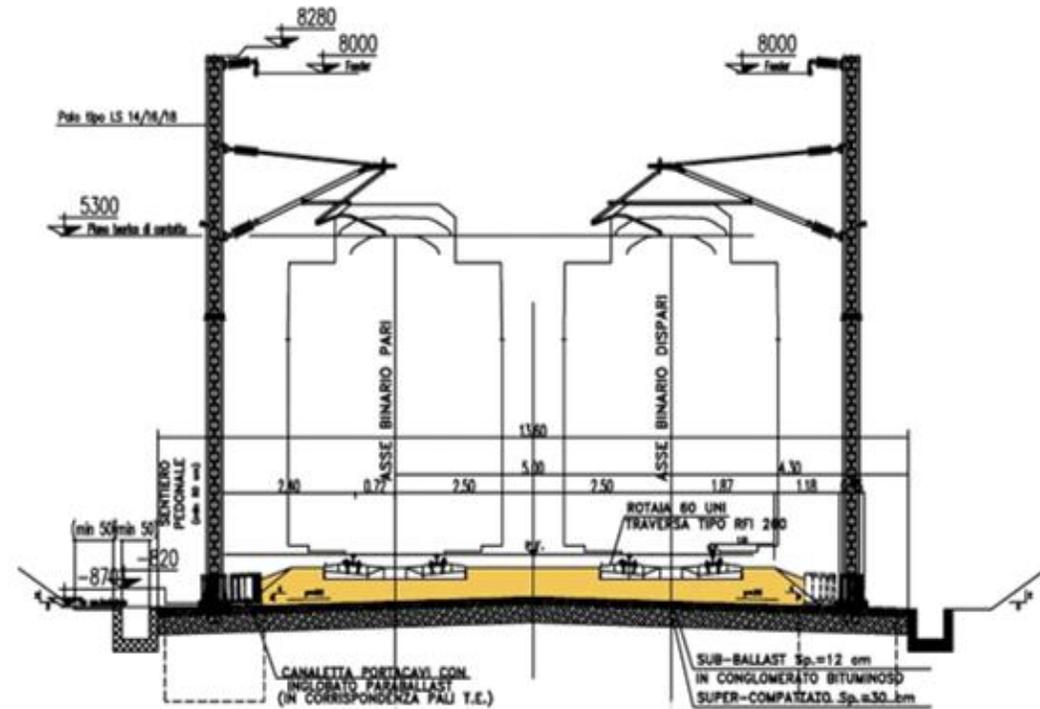
Gli aspetti salienti sono i seguenti:

- La progettazione dell'infrastruttura ad alta velocità impone una maggiore **accuratezza sulle tolleranze**, sia in sede di progetto, sia in sede di realizzazione delle opere.
- L'infrastruttura deve reggere ad un **sisma** $S=6$. Questo vale per tutti i luoghi, in modo che, anche qualora si verifichi un sisma di minor intensità, da un lato sia garantita la resistenza delle strutture e dall'altro non ne venga compromesso il regolare servizio.
- Caratteristiche della **sezione tipo della sede su corpo ferroviario** in terra:
 - pendenze delle scarpate in rilevato o scavo di norma 3 su 2;
 - piattaforma superiore del corpo ferroviario in terra, larga 13,60 m, realizzata con uno strato di conglomerato bitumoso spesso 12 cm (sub-ballast), in modo da garantire una efficace protezione dalle acque meteoriche;
 - elementi sopra la piattaforma costituiti da ballast, canalette portacavi, pali per la Trazione Elettrica (TE), sentiero pedonale di servizio;
- Caratteristiche della sezione tipo della sede su viadotto:
 - piattaforma di larghezza totale 13,60 m, con muretti parballast distanti 10 m;
 - elementi sopra piattaforma come nel caso in terra.

SEZIONE TIPO IN RILEVATO



SEZIONE TIPO IN SCAVO



LE SEZIONI TIPO DELLE LINEE AV/AC SU CORPO FERROVIARIO IN TERRA

Si notino: l'interasse binari di 5 m, la palificata della trazione elettrica più leggera per effetto della minor sezione della catenaria da 2x25kvAC, la sagoma GABARIT 5, il sub-ballast in conglomerato bituminoso

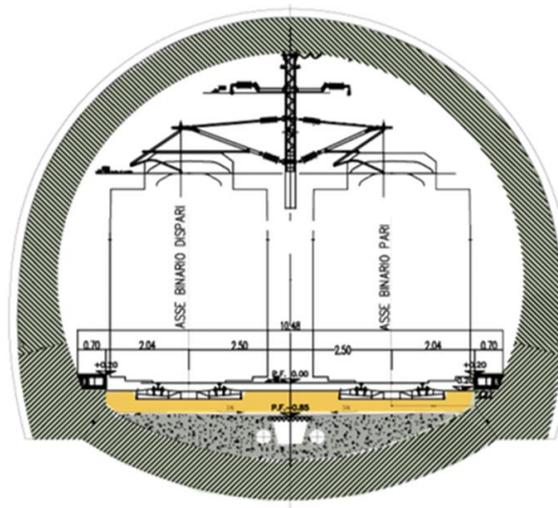
- Ponti e viadotti sono calcolati per treno FS di tipo A con **pesi assiali fino a 25 t/asse**, e la rigidezza flessionale degli impalcati prevede una freccia non superiore ad 1/3000 della luce sotto il massimo sovraccarico statico. Tali opere, inoltre, devono essere valide anche dal punto di vista architettonico, come il doppio ponte metallico simbolo della Torino-Milano, nonché da quello funzionale, facendo particolare attenzione a fenomeni di fatica e corrosione ambientale e di effettiva realizzabilità.
- Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche della sezione tipo in galleria naturale non è possibile fissare una tipologia univoca, perché questa è funzione di troppe variabili, che si possono sintetizzare in: metodo costruttivo, contesto geomeccanico, norme di sicurezza, ingombri dell'impiantistica ferroviaria, tipo di piattaforma sul quale transitano i treni.
- In generale, oltre alle opere strettamente collegate all'infrastruttura ferroviaria, ci sono da realizzare **numerose opere civili** connesse alla costruzione di una nuova linea ferroviaria, dalle strade di cantiere ai fabbricati per gli impianti tecnologici, e opere anche minori, come muri di contenimento e tombini per lo smaltimento delle acque; senza dimenticare opere di mitigazione, come le barriere antirumore.
- Infine c'è la progettazione delle **stazioni**. E' un argomento particolare perché queste opere sono di grande impatto anche di immagine. Per questa ragione, sono state oggetto di concorsi di idee e vengono progettate dagli studi dei vincitori. Ricordiamo ad esempio la "Stazione di Torino Porta Susa" sulla linea AV/AC Torino-Milano e la "Stazione AV Medio-Padana" sulla linea AV Milano-Bologna.



L'OPERA
SIMBOLO DELLA
LINEA AV/AC
TORINO - MILANO

IL DOPPIO PONTE
 METALLICO AD
 ARCO SUPERIORE
 SULLA DORA BALTEA

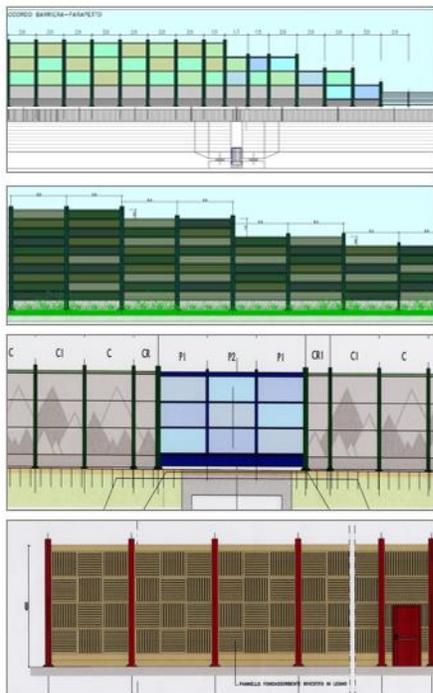
SEZIONE TIPO IN GALLERIA



Questa è la sezione tipo adottata sulla linea AV/AC Torino-Milano-Roma-Napoli.

La sua definizione è antecedente al DM 28/10/2005 "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie", che ha mutato gli standard delle gallerie ferroviarie in funzione della loro lunghezza. Per rispettare tale decreto oggi, molte delle gallerie della linea dovrebbero essere realizzate a doppia canna monobinario.

Per rispettare il Decreto sono state eseguite delle "Analisi di rischio" per cui sulla Bologna Firenze sono stati realizzati, tra l'altro, dei "Posti di Esodo" ove è possibile per i viaggiatori abbandonare i convogli in condizione di sicurezza, qualora se ne ravvisi la necessità



1

2

3

4

BARRIERE
PER LA
MITIGAZIONE
DEL RUMORE

I VARI MATERIALI:
1 – PMMA
 (polimetilmetacrilato)
2 – ALLUMINIO
3 – CALCESTRUZZO
4 - LEGNO



LA STAZIONE
 DI TORINO
 PORTA SUSA



8. Armamento

In generale, l'armamento delle linee AV/AC non è molto differente da quello delle linee tradizionali o convenzionali.

Le differenze sono specificate all'interno delle "Specifiche di Base".

- Le rotaie sono del tipo **UIC 60 E1** da 60 kg/m.
- Lo **scartamento** è 1435 mm standard.
- Gli **organi di attacco** delle rotaie alle traverse sono del tipo diretto ad un solo stadio elastico.
- Le **traverse** sono **monoblocco** in cemento armato precompresso da 2,6 m e 355 kg l'una, messe a 60 cm l'una dall'altra. Esse sono posate sopra una massicciata in pietrisco (ballast) ottenuto da pietra viva frantumata con resistenza minima alla compressione di 160 MPa.
- I **deviatori** poggiano su traverse in cemento armato precompresso o in legname, e sono dei seguenti tipi:
 - tra i binari di corsa della linea 60 UNI/3000-i/0,022 con cuore a punta mobile da 160 km/h in deviata a comando oleodinamico, utilizzati in PJ, PC e PM;
 - tra i binari di corsa e di precedenza 60 UNI/400/0,074 con cuore a punta mobile a comando oleodinamico, utilizzati nei PM;
 - per i tronchini di salvamento e l'accesso al parco di servizio 60 UNI/250/0,092 a comando elettromeccanico, utilizzati sui binari di precedenza dei PM;
 - nei parchi di servizio 60 UNI/250/0,12 a comando elettromeccanico.

9. Impianti tecnologici

Oltre alle opere civili e all'armamento, che ne costituiscono l'ossatura, ci sono gli impianti tecnologici, che sono il "cuore" delle linee ferroviarie. Essi sono raggruppati come segue.

- **Sottoinsieme energia:**
 - Linee Primarie (LP) ad Alta Tensione;
 - Sottostazioni Elettriche (SSE) a **2x25 kV in corrente alternata** e **3 kV in corrente continua**;
 - Posti di Parallelo Doppi (PPD) e Semplici (PPS);
 - Posti di cambio alimentazione (POC) da 25 kVca e 3 kVcc;
 - Cabine Trazione Elettrica (TE) 3 kVcc;
 - Linea di Contatto (LC) a 2x25 KVca e 3 kVcc;
 - Telecomando Enti Periferici Trazione Elettrica (TP);
 - Luce e Forza Motrice (LFM) lungo linea, nei fabbricati e sui piazzali.
- **Sottoinsieme segnalamento:**
 - Gestione della via (GdV)
 - Distanziamento treni (SDT);
 - Rilevamento Temperatura Boccole calde (RTB);
 - Centraline di manovra deviatori oleodinamiche ed elettromeccaniche;
 - Riscaldamento dei deviatori in caso di temperature rigide;
 - Sottosistema a bordo treno (fornito dal costruttore del materiale rotabile).

- **Sottoinsieme Telecomunicazioni (TLC):**

- Trasmissione dati a Lunga Distanza (LD) – Rete trasmissione dati a fibra ottica con tecnologia *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH);
- Comunicazioni Terra-Treno (TT) – Rete di telefonia mobile cellulare GSM-R per telefoni di servizio e pubblici;
- Telefonia selettiva e commutata;
- Sincronizzazione oraria;
- Sistema gestione reti di telecomunicazioni.

- **Impianti Speciali:**

- Antintrusione e telesorveglianza (AN-TVCC);
- Antincendio (AI);
- Climatizzazione – Ventilazione – Riscaldamento (HVAC);
- Monitoraggio Opere Civili ed Armamento;
- Impianti di sicurezza nelle gallerie ferroviarie.

10. Sottoinsieme energia

I treni passeggeri veloci, ed in futuro (previsti dalla seconda metà degli anni '20, ndr) anche i treni merci veloci e pesanti, che hanno bisogno di più energia, hanno imposto di rivedere il sistema di trazione elettrica, che ha anche l'esigenza di essere adeguato al traffico interoperabile europeo. La scelta fatta è stata quella di adottare il sistema già in esercizio in Francia, passando dall'impianto di trazione a 3 kV in corrente continua all'impianto di trazione 2x25 kV in corrente alternata.

Il nuovo impianto presenta le seguenti caratteristiche:

- **Distanziamento** delle SSE aumentato ad un passo di 50 km grazie ai PPD che raccolgono il ritorno delle correnti di trazione dai binari verso le SSE garantendo minori cadute di tensione.
- **Cambio tensione** in prossimità delle interconnessioni realizzato mediante PCO (tratti senza corrente sulla linea di contatto) alimentati da PPS, che i convogli attraversano per inerzia senza assorbire corrente, per passare da alimentazione c.c. a c.a. e viceversa.
- **Linea di contatto** alleggerita, in quanto l'elevata tensione alternata a 25 kV consente l'adozione di fili più piccoli, per una sezione totale di 270 mm² (150 mm² filo di contatto e 120 mm²), in luogo dei 540 mm² del 3 kVcc; nonché uno snellimento dei sostegni in linea, con un complessivo risparmio economico.
- **SSE alimentate** da Stazioni Elettriche - di TERNA o RFI - in alta tensione a 132 o 150 kVca, spesso costruite ex novo. La loro costruzione è stata concordata in concerto con progettisti ed Enti Locali in sede di Studio di Impatto Ambientale e Conferenza di Servizi, anche considerando l'impatto elettromagnetico studiando percorsi lontani da centri abitati ed edifici.



**POSTO DI PARALLELO
DOPPIO (PPD)
DI CARISIO SULLA LINEA AC
TORINO-MILANO**

11. Sottoinsieme segnalamento

In questo sottoinsieme vi è stata una vera e propria rivoluzione rispetto al passato, sia a causa delle alte velocità in gioco - che non permettono di percepire con sicurezza segnali all'esterno e che devono avere dei sistemi sicuri di controllo del traffico - sia per il fatto di rendere interoperabile tutto il traffico europeo.

E' stato implementato il sistema europeo del tipo [ERTMS/ETCS di livello 2](#), divenuto oggi standard per le reti AV europee, la cui gestione del traffico presenta le seguenti peculiarità:

- L'ERTMS/ETCS L2 realizza sinteticamente un sistema di gestione, controllo e protezione del traffico ferroviario e relativo segnalamento a bordo, del tipo "Automatic Train Control" (ATC). Gli impianti sono privi di segnali luminosi e supportati da una rete GSM-R che garantisce un intervallo teorico tra due treni successivi di [2 minuti e 30 secondi](#).
- Questo sistema ha consentito la centralizzazione del traffico dei treni, passando da una gestione distribuita basata su Posti Periferici Fissi ad una [gestione centralizzata](#) basata su un Posto Centrale Operativo (PCO).
- La [protezione dei treni](#) è basata sulla radiotrasmissione: tutti i treni segnalano automaticamente e ad intervalli regolari la propria posizione ad un "Radio Block Center" (RBC), ubicato nel PCO, mediante rete GSM-R. A terra esistono ancora delle boe (Eurobalise), che sono passive e servono solo per correggere eventuali errori di misura del percorso.
- I [circuiti di binario](#) sono codificati digitalmente e alimentati ad audiofrequenza, in modo da essere indipendenti dalla tipologia di elettrificazione della linea. A mezzo di essi viene attuata la localizzazione dei treni, verificata l'integrità, controllato che non ci siano rotture di rotaie e immobilizzati i deviatori.

12. Gestione integrata del progetto

Un progetto come quello di una linea AV/AC è molto complesso e ricco di interfacce. E' quindi indispensabile avere una struttura funzionale di *project management* che, quasi come un direttore di orchestra, riesca a coordinare le esigenze talora molto diverse del progettista civile, di quello impiantistico, delle imprese realizzatrici delle opere e di tutti gli enti pubblici e privati aventi causa sulla approvazione e realizzazione delle opere.

Il tutto deve poi tenere conto delle osservazioni e richieste del Committente.

In linea generale l'organizzazione del progetto si organizza sui seguenti tre livelli.

- *Organizational Breakdown Structure (OBS)*: è la struttura organizzativa di carattere più generale, e coinvolge committente, ITALFERR e general contractor.
- *Product Breakdown Structure (PBS)*: è la disaggregazione del progetto in sottosistemi tecnologici globali.
- *Work Breakdown Structure (WBS)*: è la suddivisione a livello realizzativo delle opere distinte per singole opere civili, armamento, parti degli impianti tecnologici. Questo livello è molto importante perché è legato anche al pagamento degli stati di avanzamento lavori alle imprese costruttrici. Il progettista, pur avendo importanti collegamenti nelle fasi OBS e PBS, opera principalmente in questa fase.

Il presente ed il futuro della progettazione prevede un maggior utilizzo dello strumento BIM (*Building Information Modelling*), che utilizza la modellazione 3D consentendo una maggiore accuratezza dei progetti, maggior precisione nei costi e migliori opzioni di manutenzione e gestione dell'infrastruttura.

Tratto da

“Linee guida ed esemplificazioni per la progettazione e realizzazione delle linee e della rete ferroviaria di alta velocità a livello di sistema integrato” dell’Ing. Michele Pantaleo, sintesi dell’ing. Gilberto Zara, in dicembre 2022- giugno 2023, con revisione prof. B. Dalla Chiara, luglio 2023