

Un'importante opera in sotterraneo

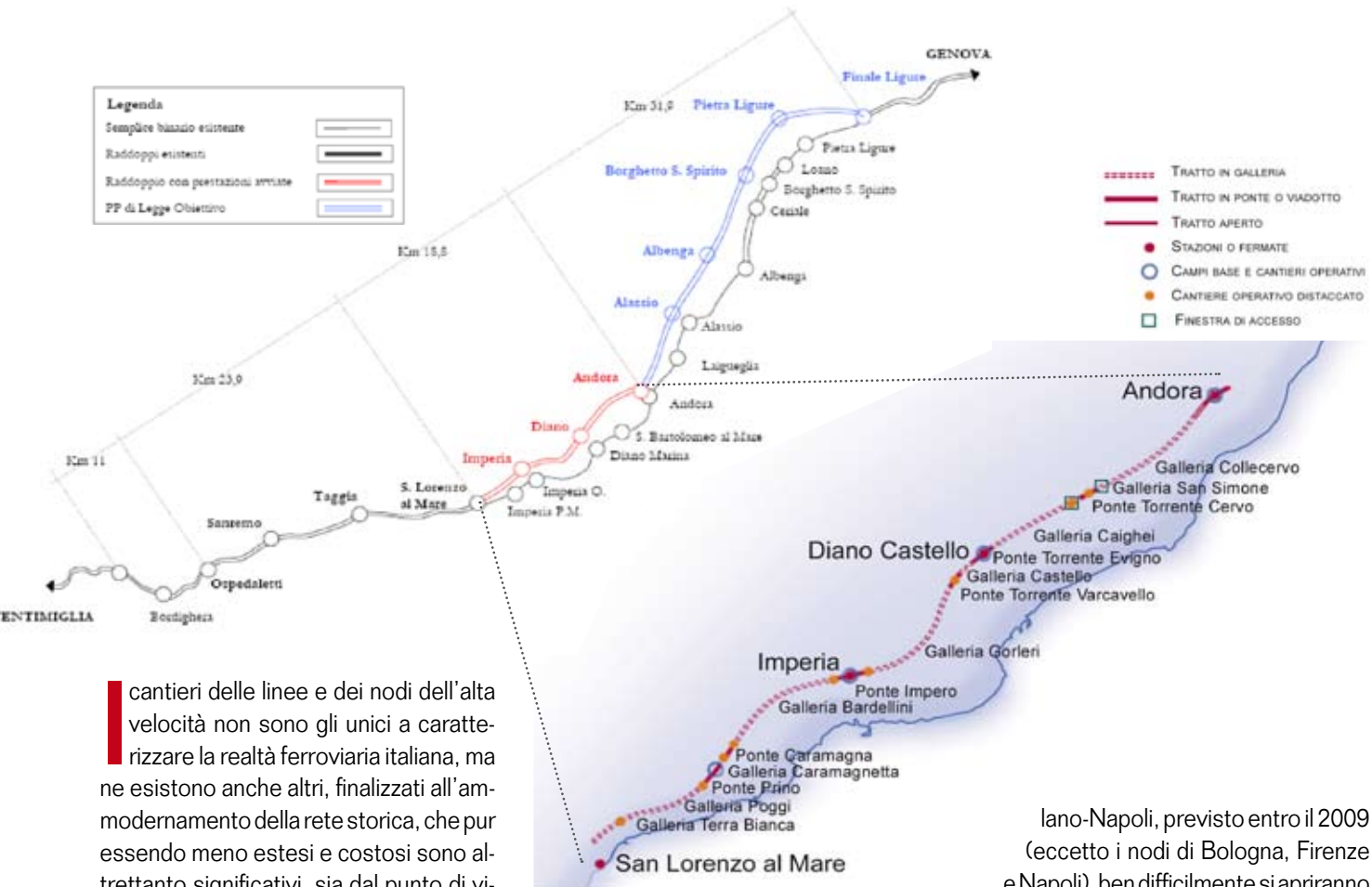
# La nuova linea Andora-San Lorenzo

FABRIZIO BONOMO

Il raddoppio della Genova-Ventimiglia ha compiuto un'ulteriore passo avanti con il completamento dello scavo della galleria Gorleri, a ridosso della nuova stazione di Imperia, la penultima che rimaneva da scavare nella tratta oggi in costruzione e parte di una delle più importanti opere ferroviarie attualmente in corso in Italia, che sposta nell'entroterra oltre 50 chilometri dell'attuale litoranea, liberando le aree lungo la costa ormai fortemente urbanizzate e creando un tracciato quasi tutto in sotterraneo, costituito da una successione di gallerie piccole e medie, realizzate prevalentemente con una fresa Tbm da quasi 12 metri di diametro



La caduta dell'ultimo diaframma della galleria Gorleri nel febbraio scorso



I cantieri delle linee e dei nodi dell'alta velocità non sono gli unici a caratterizzare la realtà ferroviaria italiana, ma ne esistono anche altri, finalizzati all'ammodernamento della rete storica, che pur essendo meno estesi e costosi sono altrettanto significativi, sia dal punto di vista cantieristico (piccolo non è detto che sia più semplice, anzi) sia da quello del potenziale miglioramento dei servizi passeggeri e merci.

Si tratta in particolare del raddoppio della

Genova-Ventimiglia, che per oltre un terzo cambia sede e si sposta nell'entroterra, liberando le aree lungo la costa ormai fortemente urbanizzate, e dell'allargamento

di due gallerie lungo la linea Adriatica, che entro pochi anni consentirà il trasporto dei container su ferrovia dai porti del Sud – a partire da Gioia Tauro (e dal ponte di Messina) – ai valichi alpini e da qui al nord Europa.

Da un certo punto di vista questi interventi rappresentano anch'essi un salto di qualità della rete e in ogni caso i pochi cantieri ferroviari di un certo rilievo aperti nei prossimi tre anni, perchè dopo il completamento dell'asse AV Torino-Mi-

lano-Napoli, previsto entro il 2009 (eccetto i nodi di Bologna, Firenze e Napoli), ben difficilmente si apriranno a breve gli altri cantieri AV che ancora rimangono, cioè la Milano-Venezia-Trieste e la Milano-Genova, visto lo stato di avanzamento della progettazione e le ingenti risorse necessarie.

## La nuova Genova-Ventimiglia

Il raddoppio della Genova-Ventimiglia, è una delle più importanti opere in sotterraneo in corso nel nostro Paese, che pur essendo frammentata in tante gallerie più o meno corte presenta caratteristiche non molto differenti da quelle, ad esempio, della nuova linea AV Bologna-Firenze.

Infatti, entrambe hanno gallerie di circa 13 metri di diametro (pari a una sezione di scavo di circa 120 metri quadrati), per



una linea a canna unica a doppio binario, e sono integrate da cameroni di notevole dimensione: quelli liguri hanno una sezione di scavo di circa 400 metri quadrati, che ospitano parte della nuova stazione di Imperia e l'innesto dei suoi quattro binari, più piccoli di quello di Firenzola sulla Bologna-Firenze, che ha il doppio dei binari, ma certamente non usuale.

Il raddoppio, che dovrebbe essere completato nel 2012 e ha compiuto un'altro passo significativo nel febbraio scorso con la caduta dell'ultimo diaframma della galleria Gorleri (lunga poco più di 3 chilometri), interessa circa 51 dei 145 chilometri totali, quelli cioè dove la litoranea è ancora a binario singolo.

Più precisamente, il progetto di raddoppio riguarda la tratta fra Finale Ligure e San Lorenzo al Mare, per un investimento complessivo stimato in oltre 2 miliardi di euro, dei quali 1,54 per la tratta Andora-Finale ligure (32 chilometri di cui 25 in galleria), che oggi è a livello di progettazione definitiva.

Gli altri 524 milioni di euro sono per la tratta da Andora a San Lorenzo, di 19 chilometri, di cui 16 in galleria, dove le opere civili sono ormai quasi completate e manca essenzialmente lo scavo della galleria Bardellini, lunga circa 2,6 chilometri.



Particolare del nastro trasportatore che collega direttamente il fronte di scavo all'area di deposito dello smarino

### Aspetti caratterizzanti

La Andora-San Lorenzo, affidata all'Ati Ferrovial Agroman - Cossi Costruzioni, che ha sviluppato anche il progetto esecutivo (è un appalto integrato), si articola in dieci gallerie, compresi i cameroni di Imperia, che hanno una lunghezza variabile fra da 3,2 a 2,6 chilometri.

Le gallerie sono intercalate da sei ponti e viadotti, dei quali il più significativo è quello sul torrente Impero, una struttura speciale a due impalcati sovrapposti che ospitano rispettivamente la nuova stazione di Imperia e un collegamento viario tra le due sponde (il progetto è illustrato ampiamente nel numero di febbraio 2007 di Quarry and Construction).

Un'altra galleria, artificiale, lunga 60 metri, salda in un'unica struttura le gallerie Poggi e la Terra Bianca, alla fine della tratta, poco prima di San Lorenzo a Mare.

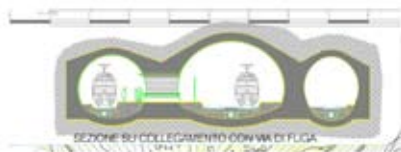
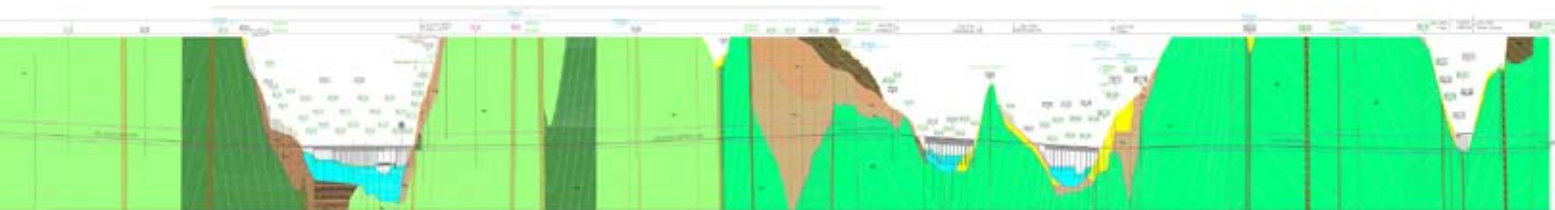
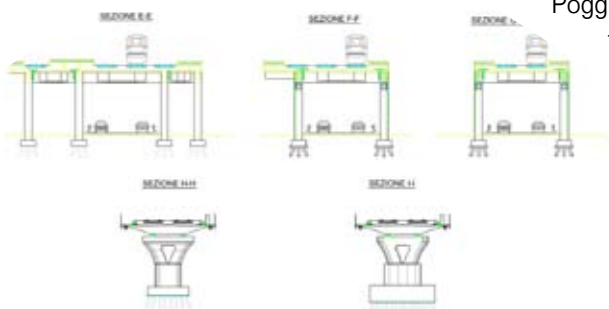
I 16 chilometri di gallerie sono scavati prevalentemente con una fresa scudata Tbm da roccia, circa per un totale di circa 12 chi-

lometri, ed è questo che caratterizza i lavori, non tanto per la macchina, che pure si segnala per le dimensioni, quanto per l'intercalarsi fra tratti in sotterraneo e tratti all'aperto, che impongono di volta in volta lo smontaggio e il rimontaggio dello scudo e del treno retrostante;

un'operazione che richiede settimane di lavoro e particolare cura nel valutare se i rilevati o i viadotti sono in grado di sostenere il peso della fresa.

Infine, un ulteriore aspetto significativo riguarda il sistema adottato per il deposito dello smarino: lo scavo meccanizzato permette di concentrare la maggior parte del materiale di scavo – oltre 1 milione di metri cubi – in un'unica area all'inizio della tratta, collegata direttamente al fronte di scavo con un nastro trasportatore; in questo modo si evita il transito di centinaia di mezzi pesanti sulle strade di un territorio montuoso, densamente urbanizzato e rilevante dal punto di vista paesaggistico e turistico.

Ormai ci sono 10 chilometri di nastro, ancorato alla calotta della galleria, che porta all'esterno lo smarino direttamente dalla macchina.





## Lo scavo meccanizzato

Lo scavo con Tbm interessa sei gallerie, tutte sulla parte orientale, da Andora fino a poco oltre Imperia: Collocervo-San Simone (3.366 metri), Caignei (2.618), Castello (485), Gorleri (3.075) e Bardellini (2.613 metri).

Qui ci sono terreni perfettamente chiusi, in arenarie calcaree compatte, presenti in circa il 70 per cento dell'intera tratta, adatte quindi allo scavo meccanizzato con scudo da roccia; solo verso San Lorenzo si cominciano a trovare materiali stratificati, che hanno sì delle zone in calcare, ma alternate con parti di terreno degradate o terreni argillosi con blocchi di flysch di Sanremo all'interno.

Di fatto, la qualità dell'ammasso è ottima sul lato di Andora e peggiora verso San Lorenzo, dove non a caso lo scavo avviene prevalentemente in tradizionale, se si fa eccezione alla galleria Bardellini, scavata con Tbm ma, appunto, con un supplemento di attenzione sulla consistenza del terreno, in particolare negli ultimi 300 metri, dove sono in corso analisi più approfondite per valutare se procedere con dei consolidamenti, così da permettere alla fresa di avanzare senza interruzioni.

## La Tbm

La macchina utilizzata è una Herrenknecht a scudo semplice, dal diametro di 11,83 metri, attrezzato con cutter da roccia; ha una velocità di avanzamento media di 14-15 metri al giorno (con punte massime possibili di 20-25 metri), ottenuta grazie a una potenza totale installata di 4.000 chilowatt che da forza a un sistema di 40 martinetti idraulici dalla capacità di spinta fino a 65.600 kN.

I martinetti, che fanno forza sul retrostante rivestimento definitivo in conci di cemento armato, sono anche lo strumento per orientare la fresa lungo l'asse di progetto della galleria, gestiti attraverso un sistema computerizzato che fornisce indicazioni all'operatore sulla direzione dello scavo, comparando la posizione della macchina rispetto all'asse teorico. Il rivestimento definitivo, posato dopo ogni singolo avanzamento (essendo una Tbm a scudo semplice è necessario



interrompere lo scavo nella fase di posa dei conci), è costituito da anello lungo 1,7 metri (che determina le singole fasi di avanzamento), composto sette conci prefabbricati, in genere quattro normali, due conci di controchiave e un concio di chiave.

Lo spessore dell'anello è di 40 centimetri, per un diametro netto di 10,74 metri all'intradosso.

Veduta del cantiere del Viadotto Prino



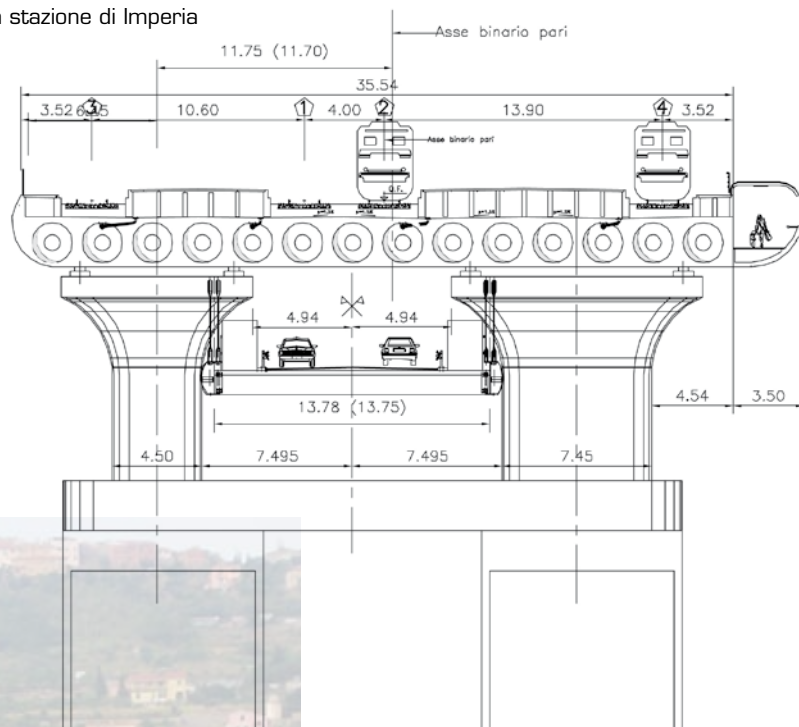
L'area di produzione  
dei conci

### Gli impianti interni

I conci sono messi in opera da un braccio ad azionamento idraulico, che li aggancia con un sistema a formazione di vuoto ed è in grado di posizionarli ruotando su tutto il perimetro della galleria. Immediatamente dopo, attraverso fori predisposti nei conci, viene iniettato un riempimento composito nello spazio fra l'estradosso del rivestimento e quello dello scavo, per compattare la struttura e impedire il crollo dei blocchi di roccia isolati dallo scavo; questo riempimento comprende un primo strato di malta, nella parte bassa, seguito da uno di p-gravel



Sezione Pila 3 della  
nuova stazione di Imperia



nel cosiddetto back-up: una lunga struttura metallica lunga 150 metri, che avanza con la fresa scorrendo su appositi binari montati direttamente sul rivestimento definitivo, grazie ad appoggi appositi, riposizionati ad ogni avanzamento.

Nel back-up – che un peso complessivo di circa 616 tonnellate – si trova la cabina di comando, gli impianti (elettrico, oleodinamico, lubrificazione, ventilazione, raffreddamento ecc.), la zona di carico dei conci e il nastro trasportatore dello smarino.

### Produzione dei conci

L'impianto per la prefabbricazione dei conci, entrato in funzione nell'autunno, si trova nei piazzali della futura stazione di Andora, all'inizio della tratta, così da consentire un collegamento diretto con la fresa.

Consiste in un sistema a carosello di produzione Cifa fortemente automatizzato, con centrale di betonaggio, linea di finitura e gestione gabbie di armatura; dispone di 42 car-

(ghiaietto monogranulare iniettato a pressione) e infine un intasamento della calotta, ancora con malta.

Come misura di sicurezza aggiuntiva, chiesta nelle specifiche di progetto, il p-gravel viene iniettato anche con la malta, per creare un collegamento migliore fra l'anello e il cavo.

Il braccio meccanico che posa i conci (erettore) fa parte della testa di scavo, che da sola pesa 1.200 tonnellate (disco fresante+scudo+gruppo di trasmissione + erettore), ma alle spalle si trova una serie di altre attrezzature meccaniche ed elettromeccaniche, collocate



relli con casseri e carrello vuoto, in grado di produrre in media 8-9 anelli al giorno, a regime, con punte di 15 anelli al giorno, su tre turni da 8 ore.

La linea di lavoro ha 6 postazioni: il disarmo del concio, la pulizia del cassero e l'applicazione del disarmante, il posizionamento della gabbia d'armatura, l'applicazione di inserti, il controllo finale dei casseri, getto e vibrazione, la finitura superficiale del calcestruzzo fresco. Un forno, contenente 36 casseri in 4 linee, consente la maturazione a vapore dei conci che, dopo 9 o 12 ore circa (rispettivamente nel periodo estivo e in quello invernale), raggiungono la resistenza di 15 Mega Pascal (MPa). Due piattaforme semoventi situate all'inizio e alla fine della linea di lavoro consentono infine il trasferimento dei casseri dalla linea di lavoro al forno e viceversa.

### Passaggi intermedi

Una caratteristica propria del cantiere Andora-San Lorenzo è l'alternarsi di gallerie piccole e medie e quindi la necessità di traslare la Tbm tra una galleria e l'altra, cosa che richiede tempo e attenzione in base alla lunghezza e al tipo di struttura da attraversare (rilevato o viadotto).

Ad esempio, per la traslazione dalla Goreri alla Bardellini, attualmente in corso, si prevedono circa 2 mesi, perchè il disco fresante, cioè la parte più pesante (essendo una Tbm da roccia, l'80 per cento del peso è concentrato nel disco in acciaio), deve essere smontato in più parti e caricato su un carrellone gommato; lo scudo viene invece trasportato in un'unica soluzione, mentre del backup si smonta il piano inferiore; poi va allungato il nastro trasportatore e gli altri impianti; infine tutto deve essere rimontato.

Questo però è un caso particolare, perchè si deve attraversare il viadotto della futura stazione di Imperia, che non può essere sovraccaricato.

In altri casi l'operazione è più semplice,



Veduta del Camerone Bardellini

come nel passaggio dalla prima alla seconda galleria, il tratto da attraversare è corto e su un rilevato in grado di sostenere il peso della fresa, così la macchina non è stata smontata ma fatta procedere a vuoto, dopo il posizionamento dei conci della mezzaluna inferiore.

### Gli scavi in tradizionale

Lo scavo in tradizionale riguarda i due camerone della Bardellini (che insieme alle zone di transizione sono lunghi circa 311 metri) e le gallerie di linea Caramagnetta (197), Poggi (2.080) e Terra Bianca (466 metri), tutte nell'area verso San Lorenzo, dove come già segnalato la qualità dell'ammasso peggiora. L'avanzamento, contrariamente a quello con Tbm, avviene da entrambi i fronti, intervenendo con martellone (non è previsto l'uso di esplosivo) sulla base di tre differenti sezioni di scavo, che prevedono consolidamenti più o meno

pesanti e un rivestimento armato o no. Lo spessore del rivestimento di calotta è di circa 90/100 centimetri, quello del priverivestimento in centine e spritz-beton di 25/30 centimetri; il diametro netto all'interno del rivestimento è di 10,50 metri, mentre quello di scavo è di circa 12/13 metri, per una sezione

di scavo complessiva di circa 125 metri quadrati (100 per calotta e piedritti 25 per l'arco rovescio). In questo quadro spiccano i camerone della galleria Bardellini, realizzati circa un anno fa e situati fra la galleria omonima e la nuova stazione: per un tratto di circa 500 metri ospita infatti quattro binari del lato ovest, cioè le due vie di corsa centrali e le due laterali di inserimento/precedenza, il pari e il dispari, a singolo binario, che si inseriscono sfalsati nel camerone principale. Le dimensioni sono notevoli, perchè il camerone ha una sezione di circa 350 metri quadrati, di cui 50 per l'arco rovescio, contro i 125 della sezione tradizionale e i 110 della Tbm. Lo scavo è avvenuto a piena sezione: prima una parte estesa della calotta, per circa 150/200 metri quadrati, poi i due piedritti laterali e infine la parte centrale; successivamente, posato il rivestimento provvisorio, è stata la volta della parte relativa all'arco rovescio, scavato e gettato subito dopo. ■



Simulazione della nuova stazione di Imperia