

## Bologna - Firenze

### L'alta velocità sotterranea attraverso gli Appennini

Per il grande cantiere attraverso gli Appennini è il momento dei bilanci, considerando che sulla tratta emiliana mancano solo 500 metri di galleria, su 29 chilometri complessivi.

Ma sono bilanci notevoli, di assoluta valenza nazionale, che interessano l'insieme delle modalità di realizzazione sia per il tipo di approccio industriale - la più estesa applicazione mai realizzata di una metodologia di scavo molto recente - sia per i sistemi di sicurezza adottati, che in pochi anni hanno modificato il lavoro dei minatori.

#### Un grande cantiere di scavo

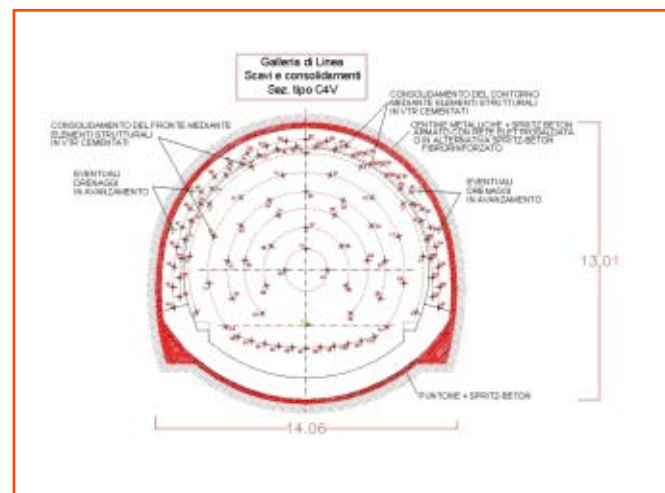
Quando il progetto della rete ad alta velocità italiana prende corpo, negli anni Ottanta, risulta evidente il problema dell'attraversamento degli Appennini, sia perché la linea deve inserirsi in un ampio territorio collinare non urbanizzato, dove però si concentrano infrastrutture di primaria importanza per i



binario, che fanno dell'asse appenninico il più grande cantiere di opere in sotterraneo del mondo, tanto più importante se si considera che comprende 12 chilometri di opere accessorie (finestre di scavo e cunicoli di servizio) e le si affiancano i circa 25 chilometri di gallerie degli attraversamenti dei nodi di Firenze e Bologna.

#### Il salto di qualità progettuale

Il primo insegnamento della Bologna-Firenze è la capacità tecnica raggiunta dal nostro Paese - spiega Alessandro Focaracci, allora responsabile di progetto per le gallerie della linea - perché dimostra che oggi è possibile concepire e realizzare in sicurezza lunghi percorsi sotterranei, mentre solo alcuni anni fa sarebbe stato impensabile. La svolta è dovuta a un salto di qualità nei metodi progettuali e nelle tecnologie costruttive, da cui deriva l'industrializzazione del lavoro di scavo, il suo svolgimento nel rispetto dei tempi programmati e in condizioni di sicurezza per chi vi lavora: è il metodo Adeco-Rs, messo a punto da Pietro Lunardi, cioè di un sistema integrato di progettazione e costruzione applicabile a tutte le situazioni geologico-geomeccaniche possibili, indipendentemente dalla natura del terreno e dalla profondità.



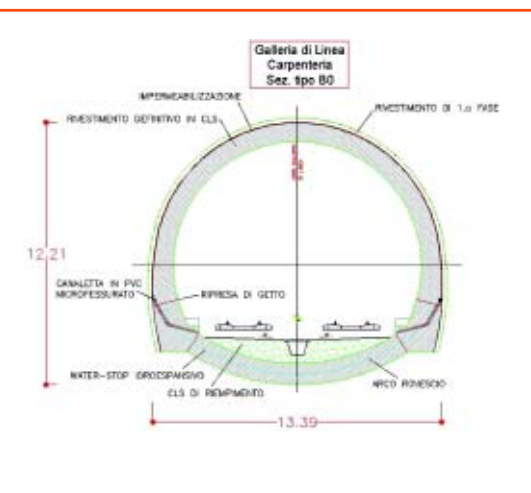
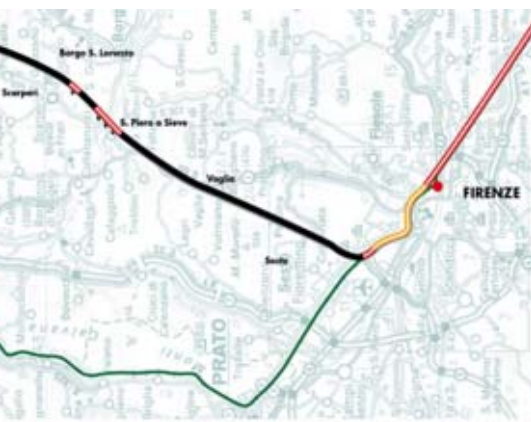
Il metodo introduce il concetto di precontenimento del cavo, attuato mediante l'inserimento nel terreno di una rete di elementi di sostegno, definita caso per caso, ma soprattutto distingue nettamente il momento della progettazione da quello della costruzione, con la relativa possibilità di pianificare attendibilmente i tempi e i costi.

Dal punto di vista esecutivo questo si traduce, fra l'altro, in un avanzamento a "piena sezione" e nella realizzazione dell'arco rovescio già a ridosso del fronte di scavo, chiudendo subito l'anello strutturale: questa scelta tecnica aumenta la stabilità a breve e a lungo termine della galleria, e quindi la sicurezza, mentre l'avanzamento a piena sezione richiede l'abbattimento di quantità enormi di materiale in una sola volta, che per la galleria di linea significano circa 130/140 metri quadrati per un metro di profondità, ma consente l'industrializzazione del cantiere, con una successione



collegamenti nord-sud, sia perché gli standard di progetto impongono ampi raggi di curvatura (7/8 chilometri in genere) e pendenze non superiori al 15/18 per mille.

Da qui nasce una linea lunga circa 78 chilometri, con nove gallerie a doppio



precisa e predeterminata di interventi, ciascuno compiuti da macchine specifiche, spesso di grandi dimensioni.

### Un nuovo approccio alla sicurezza

L'aspetto sicurezza è un altro elemento caratterizzante di questo cantiere, perché la tipologia dello scavo dà garanzie molto alte - sottolinea Franco Perini, Direttore del tronco emiliano - tanto che la Bologna-Firenze può considerarsi a pieno titolo come uno dei luoghi di lavoro più sicuri, con un'incidentalità bassissima (e nessun incidente grave sui fronti di scavo) nonostante si lavori sotto terra, con una molteplicità di macchine e, fino a pochi mesi fa, in decine di cantieri contemporaneamente; la costruzione della "Diretissima", l'attuale linea Bologna-Firenze, un progetto d'avanguardia per l'epoca in cui stata realizzata, fra il 1911 e il 1931, con una galleria di 18 chilometri seconda solo a

quella del Sempione, ha registrato la tragica media di un morto al chilometro fra i minatori.

A questo si unisce lo sviluppo di procedure specifiche e una diversa consapevolezza verso tutto quanto ruota attorno al problema della sicurezza - precisa Andrea Marchetti, Direttore dei cantieri emiliani - che sulla Bologna-Firenze hanno fatto passi avanti enormi rispetto agli standard nazionali: le Regioni Emilia Romagna e Toscana hanno ritenuto infatti anacronistico applicare a un'opera così grande l'unica legge cogente in Italia in tema di gallerie, cioè il Dpr 320 del 1956, e hanno quindi emesso specifiche normative interregionali, messe a punto da gruppi di lavoro dedicati.

Le direttive toccano tutti gli aspetti di questo tipo di lavoro: vivibilità nei campi base; specifiche dei mezzi d'opera; uso dei dispositivi di protezione individuale; gestione delle emergenze; uso di esplosivo; attività e sistemi di controllo in ambiente grisuto (cioè in presenza di grisù, un pericoloso gas inodore che si sviluppa nelle miniere e può incendiarsi ed esplodere in miscela con l'aria).

La nuova normativa, introdotta con la legge 626/94 e la successiva 494/97, rappresenta un cambiamento radicale per la sicurezza nei cantieri, innanzitutto di metodo e di rapporti tra impresa, sindacato e autorità pubblica preposta al controllo (le Unità sanitarie locali).

Di fatto, nei cantieri della Bologna-Firenze si sta realizzando un'esperienza unica nel suo genere, peraltro difficile perché la legge tende a modificare il metodo di direzione del cantiere, così come il ruolo delle Usl, portandole da un atteggiamento meramente repressivo a un rapporto di confronto con le aziende, specie nella fase preventiva di analisi e studio delle diverse situazioni.

Il risultato è che oggi nessuno sarebbe capace di tornare indietro - rivela Andrea Marchetti - perché tutti hanno adeguato il proprio modo di lavorare, dai dirigenti all'ultimo minatore, facendo proprio un metodo più procedurato, ordinato, sicuro, mentre all'inizio era ritenuto folle ed eccessivamente rigido: dieci



anni fa era necessario costringere i minatori a mettersi l'emmetto, perché considerato un fastidio; oggi nessuno si sogna di entrare in una galleria senza un giubbotto ad alta visibilità addosso, le scarpe anti-infortunistiche e l'elmetto in testa. Tutto questo sembra ovvio, ma nell'Italia del 1997 non era per nulla radicato nella cultura di chi operava in cantiere - ribadisce Franco Perini - tanto che all'inizio è stato imposto dalla procedura; oggi la procedura è la stessa, ma non si sente più come sacrificio e imposizione.

### Una crescita anche per i servizi d'emergenza

Parte integrante della sicurezza è la formazione di tutti i lavoratori alla conoscenza specifica dei rischi connessi alle varie fasi di lavorazione; per questo nei cantieri Cavet sono stati effettuati più di cento corsi presso la scuola edile di Bologna, con esperti Usl, docenti universitari, specialisti ed esperti del servizio di emergenza sanitaria unificato 118. Parallelamente, per i servizi di pronto



soccorso è stato siglato un accordo tra Cavet e assessorati alla Sanità delle due regioni, tradotto poi in due convenzioni da cui nasce un sistema integrato di soccorso tra servizio pubblico e azienda privata, anch'esso unico nel suo genere. Così oggi tutti i cantieri sono dotati di una moderna organizzazione di pronto

soccorso sanitario, gestito dalle Usl, in grado di ricevere comunicazioni e intervenire in pochi minuti anche sul fronte di scavo; inoltre sono state attrezzate specifiche infermerie, presidiate da personale paramedico, e acquistate ambulanze con quattro ruote motrici, capaci quindi di muoversi in ogni parte dei cantieri.

Così, fermo restando che non si sono mai registrati incidenti gravi sui fronti di scavo - sottolinea Perini - derivati cioè all'instabilità strutturale dell'opera (grazie all'approccio progettuale), le procedure di sicurezza si sono rivelate vitali e hanno risolto situazioni difficili. Fra gli esempi si segnala un capocantier colpito infarto in galleria, subito soccorso dalle strutture mediche e dopo pochi minuti portato in ospedale; oppure, in uno dei pochi incidenti seri, quando l'esplosione di una piccola sacca di grisù ha ustionato gravemente cinque minatori all'interno della galleria Monte Bibele (in pieno Appennino), l'intervento immediato di medici, vigili del fuoco ed elicotteri ha consentito una prima medicazione sul posto e poi il trasporto, nell'arco di dieci minuti, in centri specializzati della regione, uno nel reparto Grandi ustionati del Bufalini di Cesena, gli altri all'ospedale di Parma.

### La prima volta dell'ISO 9000 nelle opere sotterranee

Un'altro primato di questi lavori è che per la prima volta in Italia, per opere in sotterraneo di queste dimensioni, la progettazione e la costruzione delle gallerie avviene in Assicurazione di qualità, secondo i dettami dalla norma ISO 9000. L'approccio per fasi permette infatti di individuare con chiarezza i momenti per i controlli (riesami e verifiche) - ricorda Alessandro Focaracci - necessari per la validazione del progetto in un ambito di Assicurazione di qualità, rispondono in questo modo alla richiesta esplicita del committente (Tav, e per essa Italfer).

Si tratta di una novità non indifferente per questo tipo di lavori, considerando che negli anni Novanta l'Assicurazione di qualità veniva già ampiamente applicata, ma in settori come la progettazione

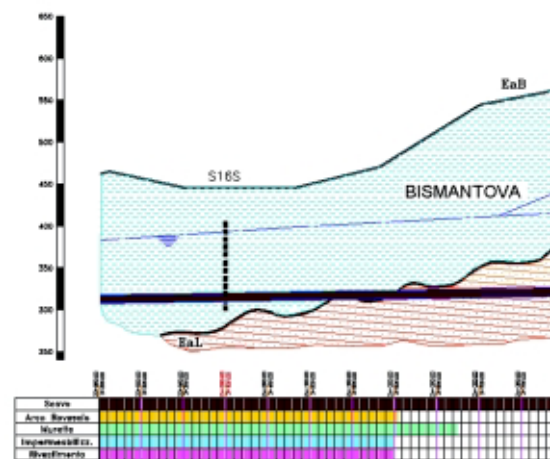
e produzione in campi come il nucleare, l'aeronautico, il meccanico, l'elettrotecnico, dove cioè i materiali lavorati hanno in genere caratteristiche fisiche note e il prodotto geometrie e tolleranze ben definite.

Nelle opere in sotterraneo - continua Focaracci - il materiale da costruzione principale è invece il terreno, che determina in larga misura le caratteristiche dell'opera; le sue particolarità fisico-meccaniche sono di difficile previsione (specie in continuità), variabili nel tempo e insieme agli stati tensionali incidono notevolmente sul comportamento a breve e lungo termine della galleria, così che, di fatto, i valori previsti per i parametri da utilizzare nella progettazione possono non corrispondere alle caratteristiche reali dell'ammasso, rilevate in corso di costruzione.

Anche in questo caso, come per le procedure di sicurezza, è cambiato l'atteggiamento delle persone - rivela Perini - e ormai tutti sanno che bisogna operare in qualità, con precisi standard per ciascun lavoro: un'evoluzione culturale che ha portato a un aumento di responsabilità dei ciascuno e oggi, ad esempio, il singolo assistente ai getti ritiene normale che un capocantier gli parli di programmazione e lo accetta come fatto assodato, così come è normale che il suo getto venga valutato (mentre prima era ritenuta un'intrusione) e se qualcosa non è corretto si devono riparare gli errori. Il caposquadra - continua Perini - sa che si deve fermare per realizzare i campioni; sa che se la betoniera sta ferma più di un determinato tempo dal confezionamento deve essere rimandare indietro, così come è cosciente di avere la possibilità/obbligo di prendere una decisione, sapendo che nessuno lo rimprovererà (mentre anni prima non sarebbe stato così semplice).

### Sono rimasti gli scavi più difficili

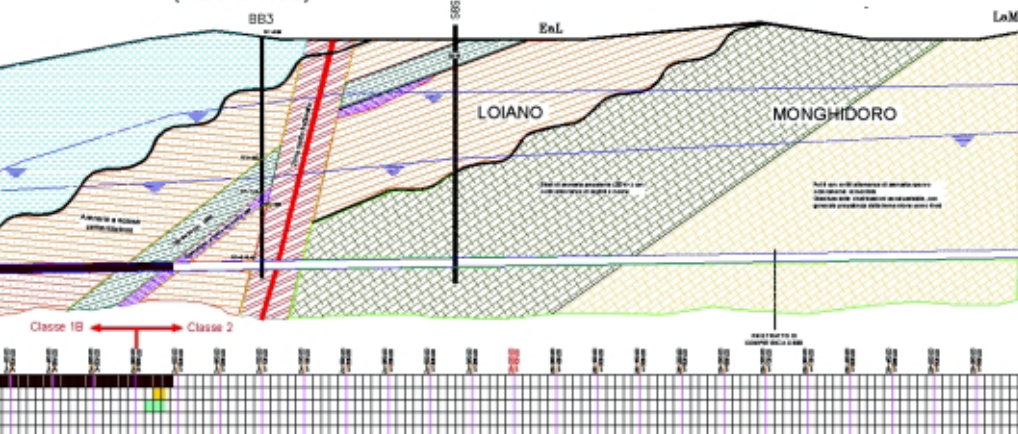
I lavori sulla tratta emiliana - tre gallerie e altrettanti brevi viadotti (un totale di 60 metri) - iniziati nel giugno 1996, sono oggi in dirittura d'arrivo, consi-



derando che mancano 500 metri di scavo su 27 chilometri totali: circa 210 metri della galleria di Pianoro, all'inizio della tratta, e 290 metri della Monte Bibele, nella parte più alta della linea, mentre la galleria Scheggianico è stata completata nel 2001. A questo va aggiunta la variante dell'interconnessione, inserita in seguito. La galleria Pianoro, inizialmente attaccata da sei fronti (nord, sud e due finestre intermedie, ciascuna su due fronti), viene oggi scavata da nord; la Monte Bibele, attaccata originariamente da quattro fronti, vede aperti oggi i due fronti principali.

Il problema vero è che questi scavi riguardano la parte più difficile del tracciato, soprattutto per la Monte Bibele, dove non solo si incontrano terreni disomogenei e disaggregati - e quindi soggetti a frane - ma vi è anche presenza di grisù e infiltrazioni d'acqua, sommando cioè tre fra gli elementi più critici di uno scavo in galleria.

Dal punto di vista operativo questo comporta un costante consolidamento del fronte e impone il cambio quasi quotidiano delle sezioni di progetto, cioè l'insieme degli interventi da attuare, predefiniti secondo il tipo di situazione geologico-geomeccanica dei terreni: delle 15 sezioni tipo previste per l'intera linea, già molto diverse fra loro (indice di una forte disomogeneità di tutta la Bologna-Firenze), in soli 400 metri si hanno sette possibili sezioni tipo applicabili, mentre in altre tratte già realizza-

GALLERIA MONTE BIBELE DA NORD  
(WBS-GN03B)

te una sezione poteva essere replicata per uno o due chilometri, sostituita spesso da altre molto simili.

Questo porta a un abbattimento dei tempi di produzione, tanto che si possono raggiungere, con fatica, dai 20 ai 30 metri al mese, contro i circa 120 metri in terreni meno scadenti.

### Volumi da primato

Come tutti i lavori dell'alta velocità, anche per il tratto emiliano della Bologna-Firenze si parla di grandi numeri, siano esse persone impiegate o materiali o tecnologie.

Per quanto riguarda l'occupazione, si sono raggiunte punte di circa 900 persone nei tre campi base della tratta (con potenzialità di circa 300 posti ciascuno).

Il cantiere è oggi in progressiva smobilitazione, perchè ormai alle fasi finali, ma nel pieno della sua attività sono stati almeno una decina i fronti attivi contemporaneamente, che scavavano gallerie a piena sezione a un ritmo di 120 metri al mese ciascuno; questo significa decine di migliaia di metri cubi al mese di calcestruzzo ed enormi flussi di centine, e oltre 5 milioni di metri cubi di smarino.

Per quanto riguarda le macchine, su ogni fronte aperto ne operano almeno una decina fra quelle pesanti operative, con punte di circa 150/200 al mese su un totale di oltre 700 macchine impiegate nella tratta, di cui circa il 30 per cento in configurazione Antideflagrante, cioè modificate per operare in presenza di gas.

### Operatività 24 ore su 24

Un'ultimo importante elemento caratterizzante del cantiere appenninico riguarda il ciclo dell'attività di scavo, eseguito 24 ore al giorno, sette giorni su sette, con pause solo nei giorni festivi, oltre a due settimane estive e invernali e una a Pasqua.

Questo significa la presenza di una struttura di gestione che opera in continuo, ben diversa quindi di altre opere, anche se grandi e con turni di lavoro lunghi, ma soprattutto la concezione dei cantieri come realtà autosufficienti, capaci di garantire sempre l'operatività di tutti i fronti di lavoro: ogni cantiere ha una propria officina meccanica e una elettrica - precisa Marchetti - in grado di risolvere la quasi totalità dei problemi ordinari e straordinari di macchine e attrezzature.



Solo in presenza di problemi abnormi si richiede l'intervento di un tecnico specializzato, ad esempio per le macchine, ma comunque in cantiere, perchè nessun mezzo viene spostato per interventi di riparazione. Questa è una scelta strategica, che permette di programmare meglio e dare continuità ai lavori - ribadisce Marchetti - anche se l'impegno è notevole, perchè significa dimensionare un'officina meccanica con elettrauti specializzati, ad esempio in impianti antideflagranti, o meccanici in grado di affrontare una vasta casistica di interventi su mezzi complessi come sono quelli presenti nei cantieri; oppure vuol dire attrezzare e approvvigionare costantemente magazzini per tutta la ricambiistica e il materiale di consumo - dal fil di ferro alla minuteria, ai chilometri di cordolino idroespansivo - sempre per evitare che la produzione venga messa in crisi. Allo stesso modo, ogni cantiere dispone di un proprio impianto di betonaggio per disporre di una fornitura continua ed esclusiva, concessi in gestione a società affidatarie ma di proprietà Cavet, così come è il Cavet che li rifornisce di inerti, sempre per evitare problemi nella tempistica, e le società di gestione si occupano solo del confezionamento.

