BOLOGNA-FIRENZE, L'ALTA VELOCITÀ NEL RISPETTO DELL'AMBIENTE

* Prof. Ing. Pietro Lunardi
** Dott. Ing. Alessandro Focaracci

La linea ferroviaria ad alta velocità che collegherà Bologna e Firenze corre per oltre il 90% della sua lunghezza in sotterraneo per uno sviluppo di 73 Km. Tale opera ha fatto dell'asse appenninico uno dei più grandi cantieri di opere sotterranee, di grande interesse sia per ragioni tecniche sia per ragioni di compatibilità con l'ambiente.
L'opera sarà completata dai nodi di Bologna e di Firenze che comprenderanno altri 11,5 Km di opere sotterranee

Soluzioni costruttive sostenibili

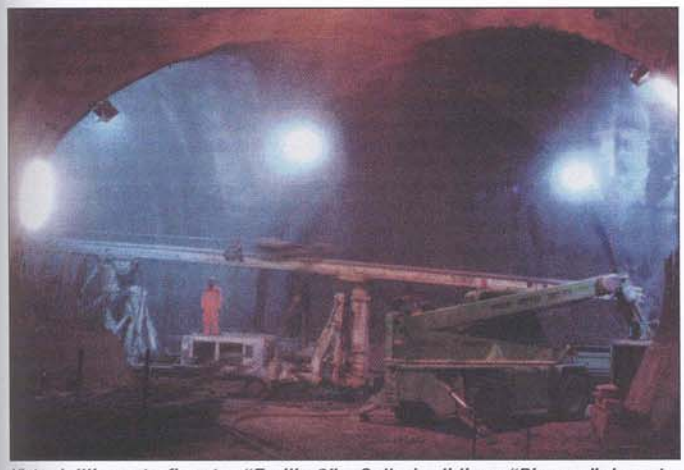
La progettazione ambientale integrata con il progetto tecnico per le gallerie artificiali e le opere all'aperto della linea ferroviaria Bologna-Firenze è stata affidata a Fiatengineering. Tutte le attività di conservazione dell'ambiente sono state, invece, monitorate e seguite dall'Osservatorio Ambientale, che ha visto anche l'adesione delle Agenzie per l'ambiente nazionali e regionali e che ha svolto la funzione di garante della corretta esecuzione delle opere.
In fase di progettazione esecutiva sono stati sviluppati i progetti di inserimento ambientale e paesaggistico della linea ad alta velocità tenendo conto degli studi iniziati nel 1986, delle prescrizioni del Ministero dell'Ambiente, delle osservazioni del Ministero dei Beni Culturali e Architettonici e delle indicazioni degli Enti responsabili della gestione del territorio.

Pianoro Sud: vista del cassero per il getto del rivestimento definitivo di calcestruzzo

Vista dell'inbocco "Pianoro Sud" durante le lavorazioni

La verifica dell'impatto dell'opera sull'ambiente ha viso un'attenta analisi del paesaggio, dell'ambiente idrico superficiale e sotterraneo, dell'atmosfera, del rumore e delle vibrazioni e dell'inquinamento elettromagnetico.
Gli studi per il mantenimento e la riqualificazione delle configurazioni paesaggistiche hanno coinvolto le valli del Savena, Laurinziano, Idice, Diaterna e Santerno. Di particolare rilevanza sono stati quelli effettuati per l'inserimento della linea ferroviaria nell'area del Mugello, tra l'Autodromo e l'imbocco nord della galleria di Vaglia.
Gli interventi per diminuire l'impatto dell'infrastruttura ferroviaria hanno seguito molteplici criteri tra cui l'ottimizzazione della funzione paesaggistica dell'elemento vegetale (forme delle chiome, colori stagionali, ecc.), la scelta di specie vegetali autoctone, le verifica delle caratteristiche biotecniche delle piante, in particolare per i terreni franosi, le modalità di riproduzione delle specie, la verifica delle condizioni di sicurezza con riferimento agli imbocchi delle gallerie.
Un esempio che può essere esemplificativo delle problematiche ambientali affrontate per minimizzare l'impatto della linea ad alta velocità è quello di Sesto Fiorentino.

- Nella tratta tra i chilometri 82 e 83, la galleria e parte della trincea tagliano le linee di flusso della falda che da Monte Morello va verso il bacino dell'Arno; per questo settore sono state progettate misure di abbattimento degli effetti dell'opera sul deflusso idrico.
- Per quanto riguarda le emissioni acustiche il tratto in trincea sino alla stazione di Firenze-Castello è stato bonificato progettando una copertura che ospita anche un piccolo centro commerciale.



Vista dell'innesto finestra "Emilia 2" - Galleria di linea "Pianoro" durante le lavorazioni (Maggio 1999)

Tale copertura ha consentito di contenere le emissioni proteggendo tutto il quartiere a nord del parco ferroviario e nel contempo è stata integrata con un sistema sperimentale di produzione di energia elettrica a celle fotovoltaiche.

- Nel tratto di Sesto Fiorentino è presente una sottostazione elettrica che alimenta la linea Bologna-Firenze (linea interamente a trazione elettrica). Per la progettazione e la realizzazione di questa sottostazione sono state rispettate le norme di sicurezza più rigorose oltre che una meticolosa verifica delle emissioni elettromagnetiche in fase di esercizio della linea.
- La progettazione esecutiva ha inoltre tenuto conto dell'impatto vibrazionale; gli studi sono risultati determinanti per la definizione delle caratteristiche strutturali della linea nel tratto di Sesto Fiorentino. Per l'analisi è stato definito un corridoio critico dell'ampiezza di 100 m a cavallo della linea di percorrenza. Gli edifici all'interno di tale area sono stato censiti e per ogni costruzione sono stati verificati i livelli vibrazionali; la procedura di previsione è stata automatizzata attraverso lo sviluppo di uno specifico software applicativo nel quale sono state assegnate ad ogni edificio le caratteristiche rilevate durante il censimento. Sulla base dei risultati ottenuti è stata evidenziata la necessità di introdurre dispositivi antivibrazione intervenendo sui sistemi di armamento. Tra i sistemi analizzati ha prevalso la scelta di un armamento flottante pesante (massa superiore a 3.000 ÷ 4.000 Kg/m di binario) realizzabile mediante manufatti flottanti in calcestruzzo armato di massa elevata dotati di sospensioni in gomma o di molle elicoidali in acciaio e smorzatori viscosi. Tale armamento ha significato una riduzione dei livelli vibrazionali dell'ordine di 10-20 dBp nel caso di spettro tipo alta velocità, azzerando il rumore solido.

Un cantiere in sicurezza

Cavet, il Consorzio Alta Velocità Emilia Toscana, uno degli attori impegnati nella progettazione e realizzazione dell'opera, ha avuto da sempre tra i suoi obiettivi quello della tutela ambientale. Uno dei problemi che maggiormente hanno coinvolto gli Enti territoriali e l'Osservatorio Ambientale è stato quello relativo alla quantità di materiale derivante dallo scavo delle gallerie e quello del traffico conseguente al trasporto dello smarino e dei materiali da costruzione.

Per limitare i disagi si è provveduto a scegliere i depositi di smarino in siti a basso impatto e prossimi alle gallerie, e a realizzare nuove viabilità per ridurre il traffico sulle arterie già interessate dai transiti locali e provinciali.

Per ridurre la polvere dei mezzi di trasporto si è intervenuti attuando programmi di pulizia e innaffiatura che impedissero il diffondersi di materiale nell'aria.Sono inoltre in esercizio costante, sulle strade interessate dai trasporti Cavet, sei spazzolatrici e nove autobotti innaffiatrici.

Il rumore dovuto ai mezzi d'opera (impianti di betonaggio e officine) è stato contenuto realizzando sistemi di barriere fonoassorbenti fisse e mobili.

Ove necessario gli impianti sono stati completamente insonorizzati (San Ruffillo, Sesto Fiorentino). Sono inoltre stati rilevati gli edifici più sensibili (come scuole ed asili) e nei casi in cui la vicinanza non era compatibile è stata prevista la realizzazione di nuovi edifici nei quali hanno trovato alloggio anche i dipendenti dell'azienda che si sono trasferiti con la famiglia per lavorare alle gallerie.

Rispetto al problema del trattamento delle acque reflue, ogni campo industriale è dotato di impianti di depurazione posti agli imbocchi delle gallerie. Sul cantiere della linea Bologna-Firenze sono installati 25 impianti dotati di vasche di accumulo, sezione di abbattimento delle parti solide, sezione di trattamento e depurazione delle acque addensamento dei materiali solidi di risulta. Anche i ventilatori installati agli imbocchi delle gallerie sono dotati di appositi silenziatori e su ciascuna installazione sono state predisposte protezioni insonorizzanti. Per alcune tratte sono stati adottati impianti di ventilazione in pozzo che consentono una maggiore efficacia e una riduzione dei consumi energetici.Grande cura è stata posta anche alla salvaguardia dei lavoratori nei cantieri e negli ambienti in sotterraneo.

Tutte le macchine utilizzate in sotterraneo sono dotate di impianti che ne diminuiscono le emissioni di gas nocivo e sono state sottoposte ad un rigoroso piano di manutenzione preventiva. Le macchine operatrici (pale, escavatori, dumpers) sono dotate di cabine climatizzate e pressurizzate e tutti i mezzi di perforazione sono provvisti di sistemi per l'abbattimento e l'aspirazione delle polveri. Di innovazione si può parlare nel caso del sistema per l'abbattimento di fumi e polveri mediante un impianto che crea una barriera di acqua nebulizzata nelle immediate vicinanze del fronte di scavo, così come innovativo è l'impianto di vibrazione dei casseri, che centralizza i comandi degli stessi vibratori in un'apposita cabina insonorizzata, abbattendo i livelli di inquinamento acustico.

Il cantiere

Il sistema adottato per la costruzione ha previsto l'avanzamento in galleria a piena sezione, per una superficie di 140 mq, e una successione delle opere per blocchi di 36 m di lunghezza comprendenti tre fasce di lavorazioni contemporanee (di 12 m ciascuna) e altrettanti tipi di intervento: getto dell'arco rovescio, impermeabilizzazione delle pareti della galleria, getto della calotta in calcestruzzo in continuità con l'ultima realizzata.

Lavorazioni al fronte di scavo della finestra "Emilia 1

AGGIORNAMENTI BOLOGNA-FIRENZE

Bologna-Firenze

Oltre 70 Km di gallerie

La linea si sviluppa per 78,4 Km - di cui circa 73 in galleria - ed attraversa il territorio di 12 Comuni. L'interconnessione con la rete storica, lunga 1,5 Km, è a San Ruffillo, a sud di Bologna. I lavori, affidati dal General Contractor Fiat al Cavet, sono iniziati nel Giugno 1996, escluso il tratto terminale lato Firenze che è stato approvato a Luglio '98 e i cui lavori sono iniziati nel Giugno dell'anno successivo.

Attualmente l'avanzamento complessivo dei lavori ha raggiunto il 41% (51% sui primi 64 Km e 20% sui restanti 14 del tratto terminale lato Firenze): sono stati già realizzati 43 Km di nuovi binari, 37 dei quali in galleria. Nei 28 cantieri aperti lavorano circa 3.000 persone.

Bologna

Una nuova stazione per i treni veloci

Una gara internazionale è prevista per la realizzazione della nuova stazione per i treni veloci. La stazione sarà realizzata su cinque livelli di cui tre sotterranei; l'apertura del cantiere è prevista per Settembre 2001. È invece stato aperto il cantiere industriale Zanardi destinato alla realizzazione della galleria naturale tra la stazione per i treni veloci e il deposito delle locomotive.

Firenze

Nuove opere di viabilità

In concomitanza della linea ferroviaria ad alta velocità, a Firenze saranno realizzate una serie di opere viarie: il raddoppio del sottopasso Belfiore in zona Fortezza da Basso, la linea tranviaria Firenze-Scandicci e la Peretola-Novoli-Santa Maria Novella. Tali opere sono state previste dagli accordi sottoscritti da T.A.V. SpA, la Società delle Ferrovie dello Stato concessionaria per la progettazione e la realizzazione delle nuove linee ferroviarie veloci.

SALVAGUARDIA DELL'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

A cura dell'Ing. Alessandro Focaracci, coordinatore operativo Gruppo Idrogeologia e Problematiche Ambientali Consorzio Cavet

L'attraversamento dell'Appennino tosco-emiliano con le linee veloci ha visto un forte impegno anche sul fronte dell'impatto idrogeologico, comportando delle analisi che individuassero rischi di intercettazione di falde e sorgenti e definendo alcuni degli interventi di salvaguardia delle fonti idriche delle aree coinvolte. La metodologia di studio elaborata si basa sulla valutazione degli impatti non escludibili per arrivare ad individuare preventivamente tipologie di interventi alternativi in grado di sopperire ai bisogni acquedottistici, irrigui e ambientali. Tale metodologia associa all'esame geostrutturale, combinato in superficie e in galleria, criteri di analisi probabilistica ed ha costituito, assieme ad uno studio condotto dall'Università di Firenze sui bacini acquiferi superficiali e profondi in rapporto all'ecosistema che li ospita, la base per la seconda revisione del Codice di Scavo, che stabilisce le procedure e le sequenze delle operazioni alternate di monitoraggio e di scavo.

L'analisi ha definito anche un quadro dei possibili effetti sulle sorgenti che alimentano gli acquedotti dei centri abitati e, rispetto al tratto che si sta scavando, è stato messo a punto un piano di interventi tutti mirati al riutilizzo delle acque fuoriuscenti da alcune gallerie.

Queste portate d'acqua potranno coprire l'esigenza antincendio della T.A.V., il bisogno idropotabile di alcuni comuni oltre le necessità irrigue delle zone pianeggianti.

GLI ATTORI DELL'OPERA

Committente:	**Ferrovie dello Stato**
Concessionaria:	**T.A.V. SpA**
Alta Sorveglianza:	**Italferr SpA**
General Contractor:	**Fiat SpA**
Progetto esecutivo e costruttivo:	**Fiatengineering, Rocksoil SpA***
Progettazione e realizzazione:	**Cavet (Consorzio Alta Velocità Emilia Toscana)**
	Impregilo, Fiatengineering
	Cooperativa muratori e cementisti
	Consorzio ravennate
	Cooperative produzione lavoro

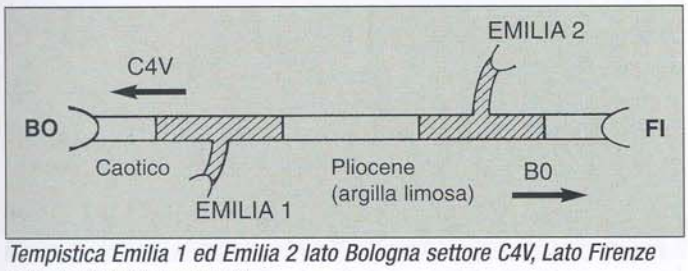
**Per le opere in sotterraneo con Fiatengineering*

Squadre all'opera su due dei fronti di scavo

Emilia 1, lato Bologna

Settore tipo C4V

Fronte	argilla caotica
Ciclo continuo	
Squadre tipo	
Consolidamento	3 persone
Avanzamento	6 persone (lancista, caposquadra e minatori)
	2 operatori (palista ed escavatore)
Trasporto smarino	3 camion
Scavo con ripper	escavatore FH450



Tempistica Emilia 1 ed Emilia 2 lato Bologna settore C4V, Lato Firenze settore B0 (ciclo continuo)

Emilia 2, lato Bologna

Settore tipo B0

Fronte:	pliocene (argilla limosa)
Squadre tipo:	

Avanzamento

Tre squadre così composte
1 caposquadra, 3 minatori, 2 escavatoristi,
2 palisti, 1 lancista

Scavo ml 1,40 con escavatore FH 450 e utensile martellone	5 ore
Posa centina B0 con posacentine doppio cestello senza allargatori	70 minuti
Spritz beton con pompa Cifa CSS-2	55 minuti
Scavo arco rovescio 30 ml con escavatore FH450 e utensile martellone e carico mediante escavatore con benna	12 ore
Casseratura smorza e canalette metalliche a. r. mediante autogrù	4 ore
Getto arco rovescio e massetto delle pendenze con pompa cls	14 ore

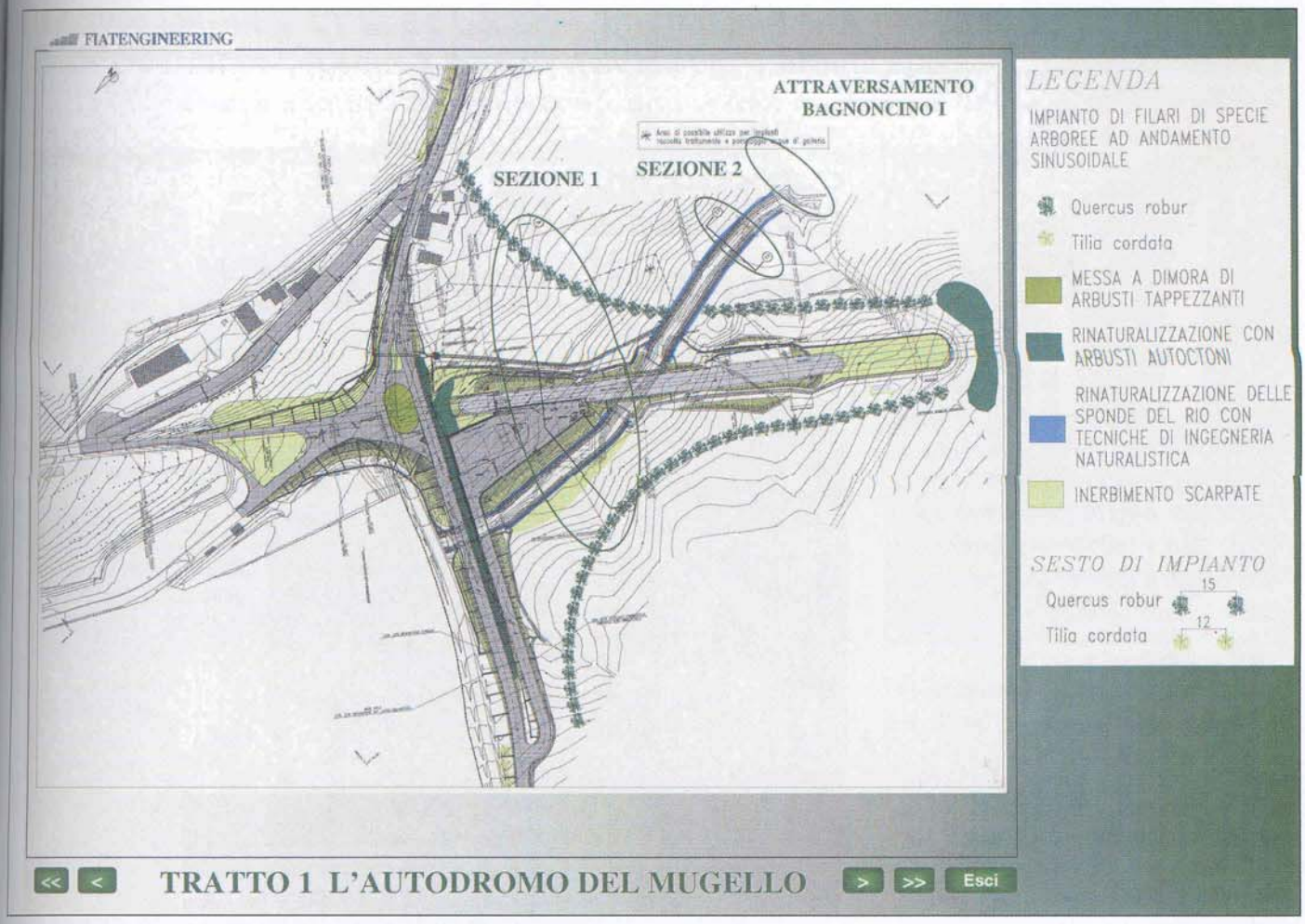


Figura 7 - Tratto 1. L'Autodromo del Mugello. Di particolare interesse sono gli studi fatti per l'inserimento della linea ferroviaria nella zona del Mugello, dall'area dell'Autodromo all'imbocco nord della galleria di Vaglia

Impermeabilizzazione
Una squadra così composta
3 operatori
Posa TNT e pvc per impermeabilizzazione murette, predisposizione drenaggi, 2 fasce da 25 ml — 4 ore
Posa TNT e pvc per impermeabilizzazione calotta mediante carro a tutta sagoma su gomme, predisposizione drenaggi, un concio da 12,5 ml — 8 ore
Rivestimento definitivo murette
Una squadra così composta
1 caposquadra, 4 carpentieri, 1 pompista
Preparazione piano di posa dei casseri tramite escavatore con benna — 2 ore
Disarmo e spostamento di 2 casseri da 12,5 ml mediante autogrù — 2 ore
Fissaggio casseri e predisposizione fondi per nicchie, fori, trecce, pozzetti — 6 ore
Getto murette con pompa cls — 6 ore

Rivestimento definitivo calotta
Due squadre così composte
1 caposquadra, 4 carpentieri
Disarmo e spostamento carro getto su rotaie — 4 ore
Posizionamento carro e cassaforma idraulica, fissaggio predisposizione membrane, intasamenti — 8 ore
Getto concio 12,5 ml con pompa cls carrellata motore elettrico — 12 ore

** Prof. Ing. Pietro Lunardi*
Studio di Progettazione Lunardi - Milano
*** Ing. Alessandro Focaracci*
Direttore Tecnico Rocksoil SpA - Milano

COSTRUIRE GALLERIE. A MILANO IL CONGRESSO MONDIALE

La Società Italiana Gallerie e la Swiss Tunnelling Society hanno organizzato il prossimo Congresso mondiale AITES-ITA, "Progress in Tunnelling After 2000", che si terrà a Milano dal 10 al 13 Giugno 2001.
Le sessioni affronteranno diversi temi tra i quali: storia ed archeologia, industrializzazione nella costruzione di gallerie, valutazione dei rischi per il project financing, riqualificazione e durabilità, gallerie e ambiente, grandi opere in corso.
Al Congresso parteciperanno progettisti, costruttori, committenti e autorità. Al termine del Congresso i partecipanti potranno intraprendere le escursioni ai cantieri sia svizzeri sia italiani: tunnel nord del Lötschberg, tunnel del Gottardo, galleria della TAV Bologna-Firenze, cantieri della metropolitana di Torino e visita alla centrale in caverna di Pont Ventoux.

Per maggiori informazioni:
Tel. 02.566011 - Fax 02.56609045
aites-ita2001@mgr.it - www.aites-ita2001.org