



Un caso di applicazione tecnologica per risolvere un imprevisto geologico

## UN MICROTUNNEL CON PERFORAZIONE A SCUDO APERTO PER SUPERARE UN IMPREVISTO GEOLOGICO

Movimento Terra

Alessandro Olcese\*

Nell'ambito della diffusione e dello sviluppo delle Tecnologie Trenchless è interessante documentare un caso di applicazione tecnologica che, ricercando una soluzione ottimale tra le tecniche No Dig, è riuscita a risolvere una particolare problematica dovuta ad un imprevisto geologico. Non sempre, infatti, le indagini preliminari condotte nell'ambito delle normali ed adeguate prassi geognostiche consentono di prevedere l'esatta situazione del sottosuolo.



Una foto aerea del luogo dell'intervento - Deposito di Fegino

**N**ell'ambito della razionalizzazione dei trasporti petroliferi nell'area genovese, la Seapad, Azienda partecipata ENI, ha realizzato un nuovo collegamento tra il Porto Petroli di Miltedo (GE) e il Deposito di Idrocarburi di Fegino (GE) tramite l'utilizzo di due tubazioni esistenti - un tempo proprietà ERG - per il rifornimento dell'ex impianto nell'area di Campi, connesse a brevi tratti di nuove condotte.

I nuovi tratti di tubazioni dovevano attraversare un dosso roccioso che separa la valletta del Rio Boschetto e quella in cui sorge il Deposito di Fegino per potersi collegare a quelle esistenti che dovevano essere intercettate proprio all'uscita della galleria denominata "Boschetto".

Il dosso roccioso era già percorso da altre tubazioni per il trasporto di idrocarburi gassosi e liquidi, per cui lo spazio a disposizione per posare le due nuove condotte (DN 600 e DN 800) era assolutamente ridotto; non solo: l'acclività del versante in sinistra orografica del Rio Boschetto, che avrebbe dovuto essere oggetto di scavi per la posa delle nuove condotte, avrebbe certamente comportato problemi di sicurezza per le altre tubazioni citate.

Si decise perciò di progettare l'attraversamento del dosso da parte delle due nuove condotte mediante l'utilizzo di Tecnologie Trenchless, avviando così una fase di indagini geognostiche per giungere alla definizione delle più opportune modalità operative.

### L'assetto geomorfologico e situazione geolitologica

Il settore collinare dell'immediato entroterra genovese, nella zona di interesse, fa parte del versante destro del bacino idrografico del Torrente Polcevera e, in particolare, risulta compreso tra le piccole vallate del Rio Fegino, del Rio Giunchea - in cui confluisce il Rio Campi de Rossi - e il Rio Boschetto.

Tutti i corsi d'acqua citati, ad eccezione del Rio Campi de Rossi, sono affluenti di destra del Polcevera e hanno dato luogo a vallate il cui asse è mediamente acclive, con pendenze tra il 5% e il 10% nella porzione di valle ma con versanti laterali piuttosto ripidi, con pendenze anche dell'ordine del 50%. E' il caso del versante sinistro del Rio Boschetto, al cui piede esiste il portale di uscita della galleria "Boschetto", da cui fuoriescono numerose tubazioni in parte ancora utilizzate per il trasporto di idrocarburi liquidi.

Il versante opposto di questo dosso - cioè verso il Deposito di Fegino - è invece leggermente meno acclive, con pendenze medie attorno al 30% e rappresenta il passaggio all'ambito vallivo dei Rii Giunchea e Campi de Rossi in cui sorge il Deposito Petroli.

L'asse del dosso è allungato in direzione SO-NE ed è pressoché parallelo all'andamento del Rio Boschetto.

In corrispondenza del dosso, affiora estesamente la formazione delle "Argilliti di Mignanego", di età Cretacica (Barremiano-Neocomiano Superiore, cfr Carta Geologica d'Italia, F 82 - Genova).





La formazione rocciosa è rappresentata da "argilloscisti e arenoscisti con intercalazioni di straterelli arenacei"; detti litotipi sono a lucchi coperti da deboli spessori di coltri eluvio-colluviali di natura prevalentemente argillosa. Si tratta, in generale, di una formazione assai tettonizzata durante le fasi orogenetiche, assumendo una struttura scistosa, caratterizzata da pieghe, fratture e faglie che ne interrompono il regolare andamento.

La maggiore pendenza verso il Rio Boschetto può, di fatto, significare una prevalente disposizione della scistosità a reggipoggio verso questo rio e a franapoggio sul versante opposto verso il Rio Campi de Rossi.

## Le caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche dell'ammasso roccioso

Oltre allo studio geologico di superficie, per meglio indagare sulle caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche dell'ammasso roccioso e al fine di scegliere la Tecnologia Trenchless da utilizzare per la posa delle nuove tubazioni, fu eseguito un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, orizzontale, in asse con il possibile andamento di una perforazione guidata.

Il sondaggio, la cui lunghezza fu stabilita in 30 m, doveva dare maggiori conferme sulla continuità del litotipo roccioso osservabile in superficie e permettere di ottenere alcuni parametri di resistenza meccanica necessari a definire il metodo di attraversamento. In effetti il sondaggio, eseguito a partire dal lato del Rio Campi de Rossi, ha confermato la successione degli argilloscisti, fratturati, con piani di sfaldatura evidenti, attraversati da venature calcitiche anche decimetriche e tracce, nelle porzioni più prossime alla parete del versante, di possibili percolazioni idriche.

Dal punto di vista geomeccanico le caratteristiche dell'ammasso roccioso sono quelle tipiche di una roccia metamorfica ad elevata scistosità. In particolare vanno menzionati i seguenti parametri:

- ◆ Resistenza a compressione uniassiale -  $\sigma_{ci}$  = 30 MPa;
- ◆ Angolo di resistenza al taglio  $\varphi'$  = 22,2°;
- ◆ Modulo di deformazione  $E_m$  = 1.700 MPa;
- ◆ Indice di resistenza geologico GSI = 30 ± 5.

## Le scelte progettuali

Sulla base delle indagini eseguiti si sono aperte due possibili scelte nell'utilizzo di Tecnologie Trenchless, ovvero la realizzazione di un microtunnel nel quale inserire poi i nuovi tratti di tubazioni o la posa delle stesse tramite la tecnica del Directional Drilling.

In entrambi i casi si è trattato di attraversare il dosso roccioso in una posizione prossima al piede dei due opposti versanti, con perforazioni lunghe circa 250 m. Considerazioni legate ai tempi e ai costi dei lavori da eseguire spinsero a decidere per l'utilizzazione del Directional Drilling per perforare il dosso roccioso e posare i due tratti di condotta.

## L'imprevisto geologico

La perforazione del primo foro pilota del Directional Drilling procedette regolarmente, fino ad attraversare completamente il dosso roccioso.

Le vere difficoltà iniziarono già durante la fase di alesaggio, con la rottura delle aste di tiro dell'alesatore (evento di per sé molto raro) ma più ancora si manifestarono, ad alesaggio finito, durante il tiro della prima tubazione DN 600.

Ripetuti tentativi - falliti attorno alle progressive 110-130 m dal lato del versante del Rio Boschetto -, la con-

statazione che detti fallimenti erano legati a crolli di materiale in foro e a venute d'acqua attorno a dette progressive e l'analisi dello stato del foro con altri alesaggi opportunamente effettuati convinsero gli operatori che, attorno alla parte mediana del dosso roccioso, fosse presente una frattura riempita di materiale detritico cataclastico, probabilmente originatosi per movimento lungo un piano di faglia. Certamente sarebbe diventato problematico impedire il crollo del materiale in foro e sarebbe quindi stato pressoché impossibile poter proseguire nel lavoro intrapreso. Sostanzialmente era intervenuto un vero e proprio imprevisto geologico non ipotizzabile sulla base delle indagini effettuate e dell'apparente situazione geolitologica costante pur nell'ambito di litotipi fortemente tettonizzati. Va detto inoltre che ben difficilmente sarebbe stato possibile individuare una struttura di faglia-frattura con normali indagini quali il sito sembrava richiedere.

## La soluzione adottata

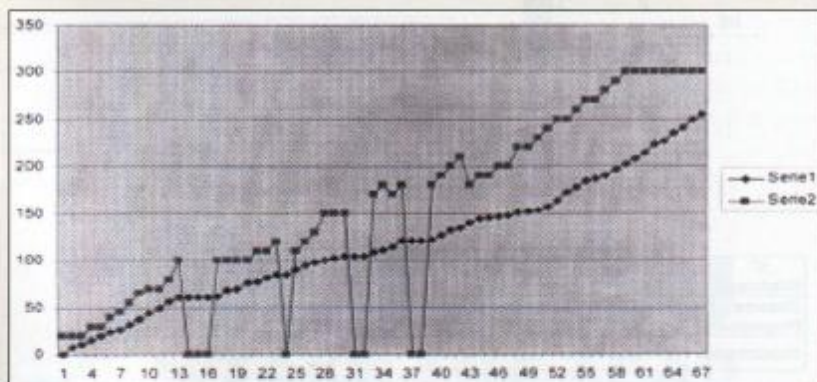
L'analisi circostanziata dell'accaduto ha portato, di fatto, a decidere di cambiare tecnologia, di utilizzare cioè quella del microtunnel con scudo di perforazione aperto, in quanto, non operando sotto falda, avrebbe consentito di far avanzare la struttura in c.a. in maniera sicura e di avere la possibilità, arrivati in prossimità della progressiva in cui era stato rinvenuto il problema geologico, di operare sul fronte di scavo per gli opportuni consolidamenti.

La soluzione scelta prevedeva quindi di realizzare un microtunnel lungo circa 253 m, rivestito da tubi in c.a. con diametro interno pari a 1.800 mm; la pendenza costante sarebbe stata circa dell'1,4% con la risalita verso la valle del Rio Boschetto in modo che la stazione di spinta, ubicata all'interno del Deposito di Fegino, risultasse a quota leggermente inferiore. L'asse del microtunnel sarebbe stato posizionato a circa 10 m da quello della perforazione non riuscita con Directional Drilling.

Con questa soluzione sarebbe stato possibile posare all'interno del tunnel, oltre alle due condotte DN 600 e DN 800, anche una di riserva DN 300, in modo da rendere più flessibile la nuova soluzione in vista di possibili evoluzioni nelle scelte riguardanti il trasporto di idrocarburi.

## I risultati conseguiti

La realizzazione del microtunnel con scudo di perforazione di tipo Herrenknecht modello M-522M MHSM2 direzionabile e provvisto di una fresa puntuale di potenza pari a 100 kW è stata completata nell'arco di circa due mesi, incontrando terreni generalmente più consistenti rispetto a quelli attraversati nel corso della perforazione con Directional Drilling. Ciò a dimostrazione dell'estrema variabilità, anche laterale, delle caratteristiche geomeccaniche di un ammasso roccioso, peraltro costituito da uno stesso litotipo.



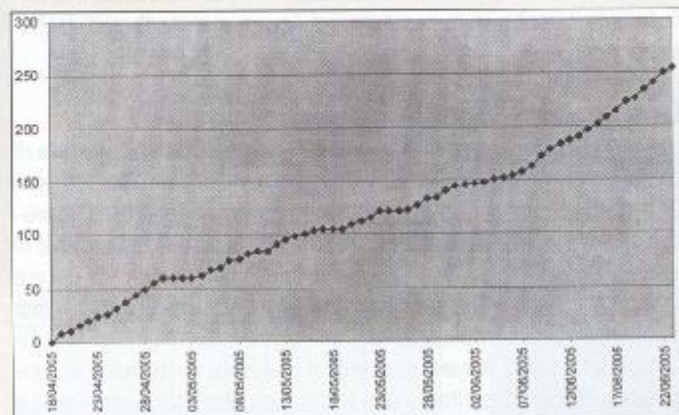
L'avanzamento e le pressioni utilizzate nei giorni





Come previsto da questo progetto alternativo, la fresa puntuale era stata attrezzata con microsonda tipo Comacchio MC 200, per indagare, una volta in prossimità, il settore a rischio prima di procedere con la perforazione. Sono stati perciò effettuati alcuni fori spia in avanzamento rispetto al fronte di scavo che, in corrispondenza della progressiva fatale all'altra perforazione, hanno trovato un pacco di strati argillitici più duri. Questo pacco di strati costituisce probabilmente il piano di scorrimento della vicina faglia attraversata a pochi metri di distanza.

Le Figure 1 e 2 danno l'idea dell'avanzamento e delle pressioni utilizzate nel corso dei lavori.



L'avanzamento nei giorni

Al termine della costruzione, prima della posa delle tubazioni di linea in acciaio, sono state eseguiti controlli topografici di precisione per verificare l'accettabilità del lavoro in funzione della successiva fase di posa dei tubi in acciaio.

Il controllo, effettuato con strumento GPS (Leica System 500), ha consentito di verificare

uno scostamento minimo tra asse di progetto e asse del microtunnel realizzato sia planimetricamente sia verticalmente, decisamente all'interno dei limiti di accettabilità previsti.

La successiva fase di varo delle condotte all'interno della struttura realizzata ha quindi potuto svolgersi regolarmente, in fasi successive, dopo avere dotato il cavo predisposto di adeguati supporti di varo.

\* Vice Presidente dell'Italian Association for Trenchless Technology

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Olcese, A. Aula - "Microtunnelling di grande diametro per il Genoa Debottlenecking Project" - Estratto da Trenchless Technologies in Italia: esperienze nella posa, manutenzione e sostituzione dei servizi a rete, pagg. 75-91.

## Ringraziamenti

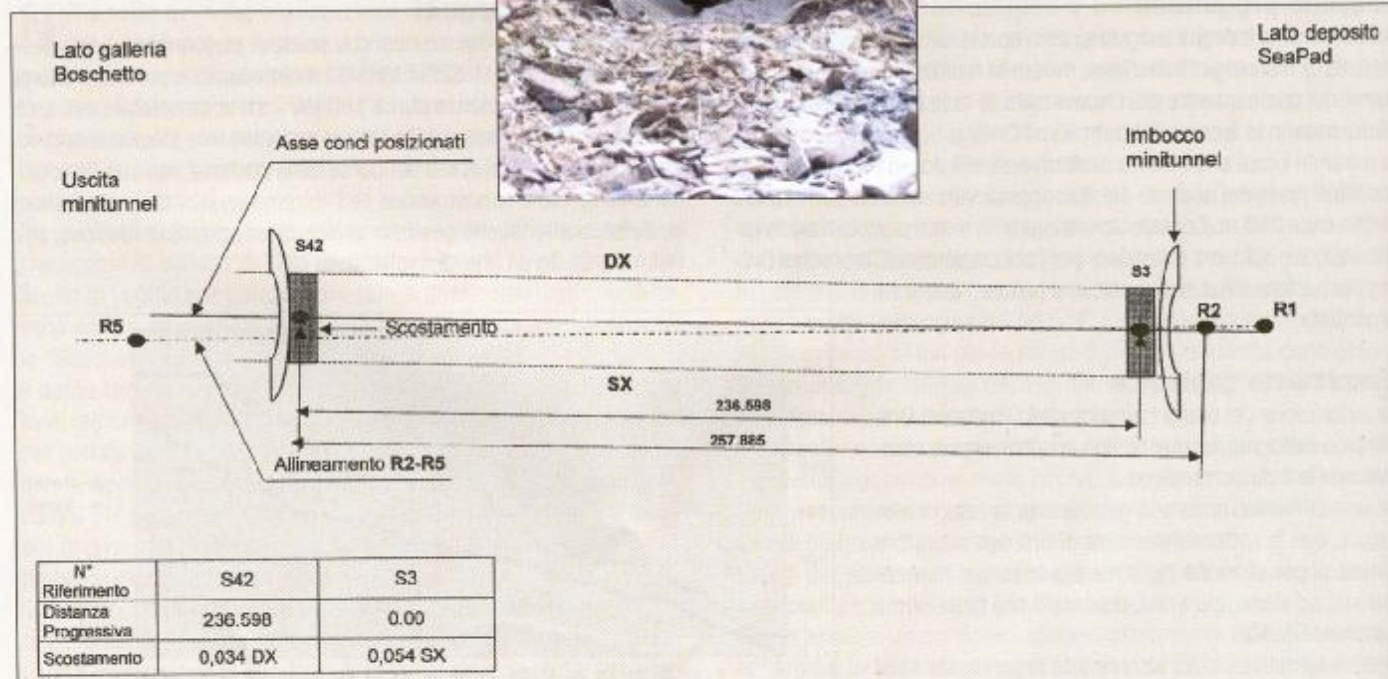
Il ringraziamento per la felice conclusione di quest'opera va a tutti coloro che, a vario titolo, hanno collaborato alla realizzazione di quest'importante struttura, dai Progettisti ai Fornitori, dai Sub-appaltatori alle Maestranze che, nel corso dei vari anni, si sono susseguite sino a vederla realizzata e ora pienamente recuperata, pronta ad entrare in esercizio.



L'uscita della fresa



Il microtunnel realizzato



Lo scostamento tra asse di progetto e asse del microtunnel realizzato