

**ON SITE**

**Pali di fondazione nel cantiere TAV Chiomonte  
in Val di Susa**

# LE “FONDAMENTA” del progresso

*di Daniele Smiraglia*

Due perforatrici Comacchio CH 450 sono state impiegate dall'impresa torinese TERRA.CON a Chiomonte, in val di Susa, per la realizzazione di pali di fondazione per le pile del viadotto che consentirà il transito dei mezzi d'opera per lo scavo del tunnel di base dell'Alta Velocità. Il risultato? Indubbi benefici sia in termini economici che logistici rispetto all'impiego di macchine di taglia superiore

Il cantiere del tunnel di base del Moncenisio, con il suo cuore pulsante a Chiomonte, rappresenta uno dei progetti infrastrutturali più ambiziosi e controversi d'Europa. Quest'opera, destinata a collegare Torino a Lione attraverso una galleria ferroviaria sotterranea, promette di rivoluzionare i trasporti transalpini, offrendo un'alternativa più rapida e sostenibile al trasporto su



strada. La scelta di Chiomonte come punto nevralgico di questo mega-cantiere non è casuale: situata in una valle alpina strategica, questa località rappresenta l'imbocco italiano del tunnel di base e la sua posizione geografica, sebbene abbia comportato sfide ingegneristiche notevoli, è fondamentale per garantire la realizzazione di un collegamento ferroviario efficiente e competitivo.

### **Le sfide affrontate**

I lavori a Chiomonte procedono a ritmo serrato, ma non sono esenti da complessità. Gli scavi, che si estendono per chilometri all'interno della montagna, richiedono l'impiego di tecnologie all'avanguardia e di un'organizzazione logistica impeccabile. Tra le principali sfide affrontate dai costruttori si possono citare: la complessità geologica (il terreno alpino presenta caratteristiche

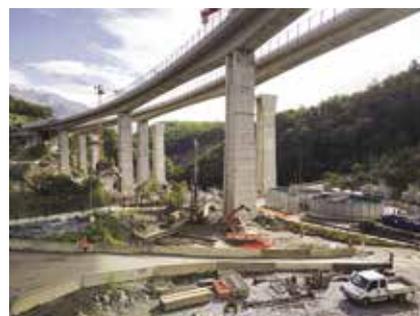
geologiche molto variabili, che richiedono continui adattamenti dei piani di lavoro); l'impatto ambientale (la tutela dell'ambiente è una priorità assoluta e sono state messe in atto numerose misure per minimizzare l'impatto del cantiere sull'ecosistema alpino); le critiche e le proteste (il progetto ha suscitato numerose polemiche, con movimenti ambientalisti e locali che ne contestano la necessità e la sostenibilità).

## Benefici e futuro

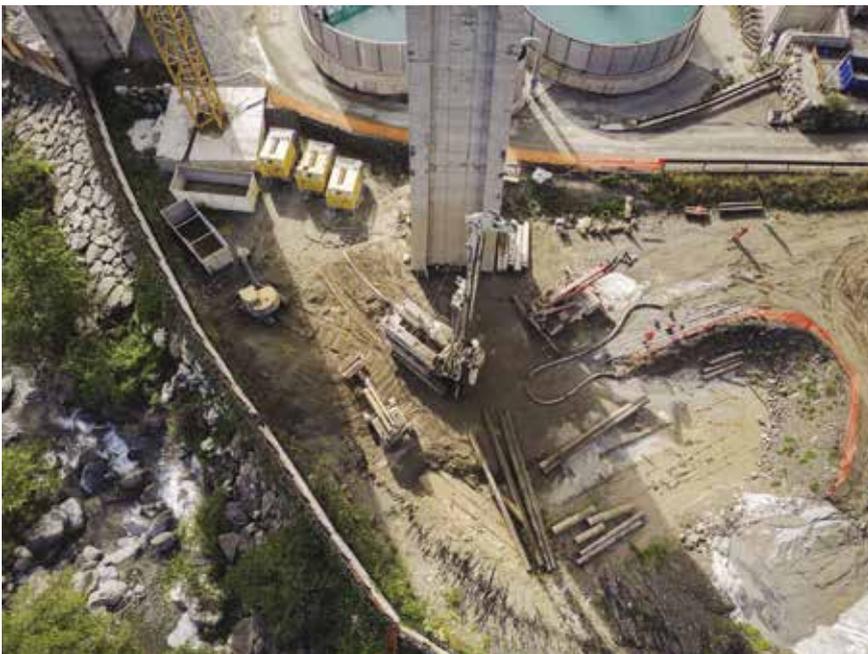
Una volta completata, la nuova linea ferroviaria ad Alta Velocità Torino-Lione porterà numerosi benefici: riduzione dei tempi di percorrenza (i viaggi tra Torino e Lione saranno molto più rapidi, favorendo gli scambi commerciali e turistici tra Italia e Francia); diminuzione dell'inquinamento (il trasferimento di una parte significativa del traffico merci e passeggeri dalla strada alla ferrovia contribuirà a ridurre le emissioni inquinanti); sviluppo economico (la nuova infrastruttura sarà un volano per lo svi-

luppo economico delle regioni interessate, generando nuovi posti di lavoro e attirando investimenti). Nonostante le difficoltà incontrate, il progetto della Torino-Lione continua ad avanzare, seppure con qualche ritardo rispetto alle previsioni iniziali. La sua realizzazione rappresenta una scommessa importante per il futuro dei trasporti europei, ma anche una sfida per conciliare le esigenze dello sviluppo economico con la tutela dell'ambiente e del territorio. Nell'ambito della realizzazione del tunnel di base della TAV Torino-Lione

- che nel mese di dicembre 2023 è passato dalla fase di progettazione a quella concreta grazie all'apertura del cantiere a Chiomonte, in Val di Susa, e al conseguente avvio degli scavi del tunnel sul versante italiano - l'impresa torinese TERRA.CON è stata protagonista nelle opere anticipatorie propedeutiche alla cantierizzazione del Tunnel di Base nell'area Chiomonte-Maddalena, consistenti in particolare nella realizzazione di due rampe di svincolo dal viadotto Clarea dell'autostrada A32 che collegano quest'ul-



 IL PROGETTO DELLA LINEA FERROVIARIA AD ALTA VELOCITÀ TORINO-LIONE RAPPRESENTA UNA SCOMMESSA IMPORTANTE PER IL FUTURO DEI TRASPORTI EUROPEI, MA ANCHE UNA SFIDA PER CONCILIARE LE ESIGENZE DELLO SVILUPPO ECONOMICO CON LA TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO. NEL 2023 È IL PROGETTO È PASSATO DALLA FASE DI PROGETTAZIONE A QUELLA CONCRETA GRAZIE ALL'APERTURA DEL CANTIERE A CHIOMONTE, IN VAL DI SUSÀ, E AL CONSEQUENTE AVVIO DEGLI SCAVI DEL TUNNEL SUL VERSANTE ITALIANO



◀ L'IMPRESA TORINESE TERRA.CON È STATA PROTAGONISTA DELL'ESECUZIONE DEI PALI DI FONDAZIONE PER LE 14 PILE CHE SORREGGERANNO IL NUOVO VIADOTTO, COSTRUITO PROPRIO DI FIANCO AL VIADOTTO GIÀ ESISTENTE DELL'AUTOSTRADA A32 CHE COLLEGA LE CITTÀ DI TORINO E BARDONECCHIA E CHE PASSA SOPRA IL RIO CLAREA

### **Efficacia automontante**

La perforatrice idraulica CH 450 si conferma uno dei modelli di punta della gamma Comacchio pensati per il grande diametro. Le dimensioni compatte e la facilità e rapidità con le quali questa macchina può essere trasportata su cantiere e allestita anche in situazioni di spazio ridotto la rendono una soluzione ideale per siti di difficile accesso e caratterizzati da condizioni logistiche particolarmente "sfidanti", come quelle che ha affrontato la squadra di TERRA.CON. La CH 450, infatti, è concepita come unità totalmente automontante, trasportabile in un unico pezzo: una volta sul posto, la perforatrice viene semplicemente scaricata e messa in funzione senza l'ausilio di gru di servizio o di altre attrezzature esterne. La CH 450 - che rientra nella classe di peso delle 45 t, fornisce

tima con il cantiere de La Maddalena. Il nuovo svincolo ha la funzione di consentire il transito di mezzi d'opera per il trasporto dei materiali estratti dallo scavo del tunnel di base di Saint-Jean-de-Marienne, in Francia, a Susa/Bussoleno in Italia e, a cantiere chiuso, di consentire l'accesso alla centrale di ventilazione. Parliamo di interventi piuttosto complessi, anche per via della particolare tipologia del terreno,

particolarmente ricco di depositi alluvionali e caratterizzato dalla presenza di massi rocciosi di grandi dimensioni. Avviati per conto della società SITAF, quale Committenza Delegata, e della società ITINERA (appaltatore dei lavori per conto di SITAF), i lavori hanno richiesto l'utilizzo congiunto di due perforatrici idrauliche Comacchio CH 450 allestite in una speciale configurazione "micropalo".

209 kW di potenza ed è grado di sviluppare 190 kNm di coppia - nasce come unità "multifunzione", in grado di coprire un vasto spettro di lavorazioni, che includono i pali trivellati con aste kelly, i pali a elica continua (CFA), i pali FDP (Full Displacement Piles), i trattamenti di Soil Mixing e i micropali. Una progettualità polivalente, quindi, che si basa sull'utilizzo di un sistema di controllo "Full CANBus" e "pull-down" ad argano che permette di modificare l'allestimento della macchina in funzione della tecnologia prescelta, intervenendo di volta in volta sul gruppo rotary e adattando i parametri di controllo attraverso il software proprietario CCS (Comacchio Control System), utilizzato per gestire l'intera operatività del mezzo.

"Le CH 450 messe a disposizione di TERRA.CON, società specializzata nel settore delle opere speciali di fondazione, del consolidamento e rinforzo dei terreni e delle rocce, sono state proposte con allestimento a micropalo", spiega Flavio Durigan, direttore vendite di Comacchio. "Questa speciale configurazione è progettata per la realizzazione di micropali fino a 610 mm di diametro, può essere allestita in versione testa singola o doppia, in base alle esigenze del cliente. La configurazione 'MP' (micropalo) prevede alcuni settaggi e accessori specifici: tramite il sistema di controllo CCS si interviene sull'idraulica della rotary, portando la curva di coppia a un valore di 57 kNm e a una velocità di 51,5 giri/min. Alla testa viene applicato

l'albero flottante e un girevole aria/acqua; al mast viene invece aggiunto un gruppo morse con carrello estrattore a brevetto Comacchio che permette di agevolare le operazioni di recupero dei rivestimenti. Un dettaglio chiave è rappresentato dal sistema di radiocomando proprietario Comacchio, che permette all'operatore di lavorare stando all'esterno della cabina, mantenendo la visibilità completa del foro e di tutta l'area circostante".

"Abbiamo scelto di realizzare le perforazioni richieste per la costruzione dei pali di fondazione delle pile del viadotto utilizzando un martello fondo foro di grande diametro. Più che di micropali si potrebbe parlare in questo caso di 'mediopali'", interviene l'Ing. Marco Framarin, direttore tecnico di TERRA.CON. "Le valutazioni che ci hanno portato a scegliere questo tipo di soluzione e che hanno richiesto, di conseguenza, l'impiego delle due CH 450 in configurazione MP, erano legate alla particolare morfologia del sito sul quale si andranno a edificare i nuovi svincoli. L'area non è

esente da rischi legati a fenomeni franosi e il terreno sottostante, di natura alluvionale, è caratterizzato dalla presenza di blocchi ciclopici, su un substrato roccioso parzialmente disarticolato. Per riuscire a inglobare questi massi ciclopici si sarebbe dovuti ricorrere all'utilizzo di macchine da pali di taglia molto superiore, aumentando il diametro dei pali stessi, con conseguente aumento dei costi e delle complicazioni da gestire sul piano logistico. Le nostre CH 450 allestite a micropalo, grazie all'utilizzo del martello fondo foro, danno la possibilità di 'distuggere' anche massi di grosse dimensioni tramite la percussione. Questo è il motivo per cui abbiamo richiesto a Comacchio questo tipo di soluzione, che avevamo utilizzato precedentemente in diversi interventi, sempre legati a opere infrastrutturali".

## I dettagli operativi

Per quanto riguarda la fase operativa vera e propria del progetto, in primo luogo sono state realizzate le opere di sostegno provvisoriamente tramite berlinesi

“ IL TUNNEL DI BASE DEL MONCENISIO, CON IL SUO CUORE PULSANTE A CHIOMONTE, RAPPRESENTA UNO DEI PROGETTI INFRASTRUTTURALI PIÙ AMBIZIOSI E CONTROVERSI D'EUROPA, MA PROMETTE DI RIVOLUZIONARE I TRASPORTI TRANSALPINI OFFRENDO UN'ALTERNATIVA PIÙ RAPIDA E SOSTENIBILE AL TRASPORTO SU STRADA ”



dotate di tiranti, propedeutiche all'esecuzione delle pile dei pali di fondazione e delle rampe di accesso al cantiere. "Complessivamente sono stati costruiti circa 13.000 m di berlinesi ancorate con tiranti a trefoli (7.000 m), costituite da micropali dal diametro esterno di 244 mm inseriti a una profondità variabile fino a un massimo di 25 m, eseguiti con perforatrici Comacchio della nostra flotta MC 12, MC 15 e MC 22", ha sottolineato Marco Framarin. "I tiranti, invece, hanno un diametro esterno di 180 mm, profondità variabili da 24 a 36 m (di cui 12-18 m di bulbo) e inclinazione di 25°/30°. Successivamente sono state predisposte le fondazioni per i pilastri, per i quali erano previste due configurazioni diverse: per le pile del viadotto posizionate a fianco di quelle esistenti la soluzione progettuale delle fondazioni prevedeva uno schema policentrico che comprendeva 64 mediopali, 22 dei quali formavano il perimetro interno e 42 quello esterno; le fondazioni delle pile per così dire 'assistenti', invece, seguivano uno schema concentrico fatto di 40 mediopali, di cui 20 esterni e 20 interni. In entrambi i casi si trattava di pali realizzati a roto-percussione rivestiti, caratterizzati da un diametro di 609 mm e 508 mm e da una profondità variabile da 17 a 25 m, eseguiti con rivestimento provvisorio accompagnato e trascinato simultaneamente all'avanzare del bit. Per queste lavorazioni ci siamo avvalsi di due perforatrici idrauliche



## PERFORAZIONI E INGEGNERIA DEL CONSOLIDAMENTO

TERRA.CON, fondata nel 2005, ha sede a Carmagnola, in provincia di Torino, e opera nel settore delle opere speciali di fondazione, consolidamento e rinforzo



dei terreni e delle rocce. La flessibilità dei servizi erogati rappresenta un'esigenza primaria e imprescindibile, finalizzata al completo soddisfacimento delle richieste del cliente. In virtù della combinazione tra pluriennali esperienze di attività imprenditoriale nel settore e l'entusiasmo di giovani preparati e attivi, l'azienda porta avanti progetti innovativi nel campo delle perforazioni e delle iniezioni di consolidamento puntando a sviluppare tecnologie sofisticate di controllo della qualità del prodotto. TERRA.CON esegue i propri lavori con il supporto di studi di fattibilità, ricerche e valutazioni di congruità tecnico-economiche grazie a una fitta rete di sinergie con professionisti del settore e studi d'ingegneria con i quali collabora quotidianamente. Opera nel settore pubblico e privato, in appalto diretto e in regime di subappalto per importanti realtà del mondo delle costruzioni, in interventi legati al dissesto idrogeologico e al consolidamento di edifici, in grandi opere infrastrutturali, sia in contesti urbani che in ambito autostradale e ferroviario, in iniziative immobiliari per la valorizzazione e il miglioramento del tessuto urbano. La società, in particolare, si occupa di pali di grosso, medio e piccolo diametro con iniezioni a bassa, media e alta pressione, utilizzando tutte le tecniche di consolidamento esistenti (riempimento a gravità, iniezioni ripetute a sezioni/pressioni e quantità controllate), di tiranti di ancoraggio attivi e passivi con le stesse tecnologie di iniezione sopraelencate, di iniezioni di intasamento e consolidamento di cemento, di colonne di terreno consolidato e di microdreni per il drenaggio profondo delle falde acquifere. TERRA.CON realizza inoltre prove di carico, spritz beton, opere in cemento armato, bio-stuoie e reti ancorate, barriere paramassi, opere in parete, opere di ingegneria naturalistica e interventi di movimento terra.

Comacchio CH 450 con allestimento a micropalo, ma con due differenti tipologie di attrezzatura. Le caratteristiche dei mediopali erano infatti tali da richiedere un dimensionamento molto attento. In funzione del diametro abbiamo utilizzato aste carenate da 355 e 219 mm di diametro, in lunghezza 1,5 o 3 m, tubi di

rivestimento filettati da 508 e 609,6 mm con spessore 14,2 mm, agganciati al trascinatore della rotary, martello fondo foro da 14" con bit 450 e 540 mm rispettivamente per i rivestimenti D500 e D600. L'armatura dei mediopali è stata realizzata con tubi in acciaio S355, diametro 355,6 x 11 mm (parte inferiore) e 355,6 x 25 mm e 406,2 x 32 mm (parte superiore). Le armature, composte da più spezzoni a seconda della lunghezza, prevedevano delle giunzioni realizzate con nippli adeguati alle differenti misure dei tubi. I tubi di armatura presentavano inoltre delle forature nella parte bassa, per consentire la fuoriuscita del calcestruzzo durante la risalita del tubo getto", ha precisato Framarin. "Inizialmente le perforazioni venivano effettuate utilizzando un bit di tipo convenzionale; tuttavia, la complessità del contesto geologico non permetteva di raggiungere una velocità di avvanza-

UNA DELLE DUE PERFORATRICI COMACCHIO CH 450 UTILIZZATE IN CANTIERE È STATA ALLESTITA CON UN TUBO RIVESTIMENTO DA 508 MM E CON UNO SPECIALE BIT DA 470 MM DI TIPO "DURAWING-HYUNDAI", DOTATO DI ALLARGATORI SOTTO LA SCARPA DEL TUBO RIVESTIMENTO ESTERNO. QUESTA SOLUZIONE SI È RIVELATA IN CORSO D'OPERA MOLTO PIÙ EFFICACE RISPETTO AL SISTEMA TRADIZIONALE, GRAZIE ALLA MAGGIORE CAPACITÀ DI PENETRAZIONE OFFERTA DAGLI ALLARGATORI NELLA FASE DI ATTRAVERSAMENTO DEI MASSI DI GRANDI DIMENSIONI



LO SPECIALE BIT DI TIPO "DURAWING-EVERDIGM HYUNDAI" UTILIZZATO SULLE PERFORTRICI CH 450 È STATO UTILIZZATO ANCHE SU UNA PERFORTRICE COMACCHIO MC 12 IMPEGNATA NELLA REALIZZAZIONE DEI TIRANTI SULLE BERLINESI. COMPLESSIVAMENTE SONO STATI COSTRUITI CIRCA 13.000 M DI BERLINESI ANCORATE CON TIRANTI A TREFOLI (7.000 M), COSTITUITE DA MICROPALI DAL DIAMETRO ESTERNO DI 244 MM E INSERITI A UNA PROFONDITÀ VARIABILE FINO A UN MASSIMO DI 25 M. I TIRANTI AVEVANO INVECE DIAMETRO ESTERNO 180 MM E PROFONDITÀ VARIABILI DA 24 A 36 M

*mento adeguata e comportava un'elevata usura delle corone. Si è deciso quindi di passare a un bit di tipo 'Durawing-Everdigm Hundai', dotato di allargatori sotto scarpa del tubo rivestimento esterno. Questa soluzione si è rivelata in corso*

*d'opera molto efficace rispetto al sistema tradizionale, grazie alla maggiore capacità di penetrazione offerta dagli allargatori nella fase di attraversamento dei massi di grandi dimensioni. Siamo riusciti ad ottenere dei picchi di produzione di 60 m al giorno. Il medesimo tipo di Bit è stato utilizzato, nello stesso cantiere, anche dalla perforatrice Comacchio MC 12*

*impegnata nella realizzazione dei tiranti sulle berlinesi, con diametro esterno da 180 mm". L'alimentazione dei martelli è invece avvenuta tramite l'ausilio di tre compressori in batteria per ciascuna CH 450, con capacità variabile tra i 24.000 e i 30.000 l a 16 bar di pressione. Questa soluzione ha permesso di garantire un flusso di 81 m<sup>3</sup>/min a 16 bar, a fronte di*



L'IMPRESA TERRA.CON DI CARMAGNOLA (TO) OPERA NEL SETTORE DELLE OPERE SPECIALI DI FONDAZIONE, DEL CONSOLIDAMENTO E RINFORZO DEI TERRENI E DELLE ROCCE E VANTA UNA PLURIENNALE ESPERIENZA IN QUESTI SETTORI, PROMUOVENDO PROGETTI INNOVATIVI NEL CAMPO DELLE PERFORAZIONI E DELLE INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO E PUNTANDO A SVILUPPARE TECNOLOGIE SOFISTICATE DI CONTROLLO DELLA QUALITÀ DEL PRODOTTO, COME DIMOSTRATO ANCHE NELL'ESECUZIONE DI QUESTO DELICATO PROGETTO



un consumo medio di gasolio degli stessi compressori di circa 500-600 l/giorno. “Quest’ultima scelta si è rivelata vincente rispetto alla prospettiva iniziale di utilizzare soltanto due compressori che, per effetto del maggiore sforzo in fase operativa, consumavano fino a 1.000 l/giorno per avere un minore risultato produttivo”, ha concluso Framarin.

Le due perforatrici Comacchio CH 450 in versione WPD (con argano di “pull down”) impegnate nel cantiere di Chiomonte, come ha spiegato il direttore tecnico di TERRA.CON, sono caratterizzate da una corsa di 14,5 m, che ha permesso di utilizzare un’asta di partenza lunga 9 m, a cui sono stati aggiunti tubi e rivestimenti in funzione della differente profondità da raggiungere. La riuscita del lavoro era determinata dalla meticolosa pianificazione di tutte le fasi operative. “Una volta terminata la fase di perforazione, con conseguente raggiungimento da parte delle macchine della profondità di progetto, il rivestimento veniva lasciato in sede, per poi procedere all’estrazione della batteria interna di aste e dell’asta di partenza dotata di martello. Successivamente, all’interno del tubo di rivestimento veniva inserito il tubo di armatura con l’ausilio di un sollevatore telescopico e di apposite testine di sollevamento. All’interno dei tubi di armatura veniva poi calato il tubo di getto.

Per quanto concerne la fase d’iniezione e miscela, l’impresa torinese ha utilizzato calcestruzzo adattato con classe di resistenza superiore ai 30 Mpa, con inerte fine e una pompa per calcestruzzo che convogliava direttamente il materiale di riempimento nel medio palo attraverso un tubo di getto fino a fondo palo. Quest’ultimo veniva estratto a foro pieno, garantendo sempre la corretta posa del calcestruzzo dal fondo verso l’alto. “Una volta terminata la prima fase di riempimento si procedeva all’estrazione delle camicie provvisorie, dopodiché sulla macchina veniva rimontata l’asta di partenza, completa di martello e rivestimento, pronta per essere spostata sul foro successivo”, specifica Marco Framarin. “A conclusione di quest’operazione veniva fatto il rabbocco finale dall’alto, assicurando la completa cementazione del tubo di armatura”.

## LA SCHEDE TECNICA

### La perforatrice Comacchio CH 450

<b>Motore:</b>	Cummins B6.7 - Stage V
<b>Potenza motore:</b>	209 kW a 2.200 giri/min
<b>Coppia nominale:</b>	190 kNm
<b>Argano principale:</b>	160 kN
<b>ALLESTIMENTO “MICROPALO”</b>	
<b>Corsa utile:</b>	14.500 mm
<b>Forza di stiro/spinta:</b>	240 kN
<b>Coppia max.:</b>	57 kNm
<b>Giri max.:</b>	51,5 giri/min
<b>Diametro min/max presa:</b>	120-620 mm
<b>Peso operativo senza utensile:</b>	43,4 t

