

Il directional drilling: la tecnologia e le applicazioni

Il directional drilling rappresenta sicuramente la più diffusa tra le tecnologie No-Dig. Questa sua diffusione è legata soprattutto a tre fattori determinanti quali la flessibilità d'impiego, l'elevata produttività e l'economicità. Trattandosi della tecnologia No-Dig più utilizzata e con lo scopo di approfondire adeguatamente quest'argomento, abbiamo scelto di suddividere quest'articolo in due parti. La prima, che viene sviluppata in questo numero della rivista, è relativa alla descrizione della tecnologia in se, alle sue applicazioni nonché alle attività che precedono l'esecuzione dei lavori (indagini preliminari, progetto, ecc.). La seconda parte, che invece verrà pubblicata sul numero di maggio de Le Strade, descrive alcuni interessanti e recenti case history relativi ad applicazioni di directional drilling in Italia.

Renzo Chirulli

LA TECNOLOGIA DI BASE

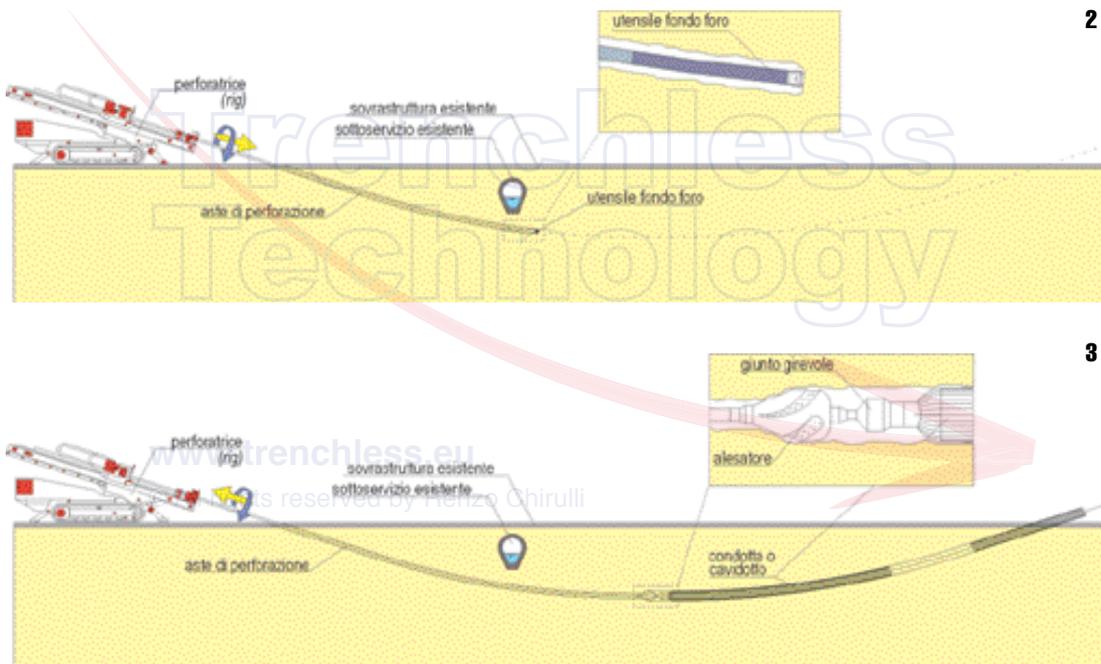
Nel seguito con il termine directional drilling intenderemo quella tecnologia di perforazione, con controllo attivo della traiettoria, che viene utilizzata nelle applicazioni di installazione e sostituzione di servizi interrati, bonifica ed isolamento di siti inquinati ed inquinanti e stabilizzazione di pendii in frana.

Questa precisazione è necessaria perché nella letteratura internazionale il termine directional drilling si riferisce tradizionalmente alle tecnologie di perforazione guidata utilizzate in campo petrolifero.

Ed in effetti il directional drilling, per impieghi civili, è una tecnologia derivata dal settore petrolifero.

L'espressione "directional drilling" o anche semplicemente DD, è un'abbreviazione di horizontal directional drilling (HDD). In italiano quest'espressione ha trovato diverse traduzioni, che oggi, nella terminologia tecnica, vengono utilizzate in maniera equivalente. Le principali espressioni che in italiano identificano il directional drilling sono: perforazione orizzontale controllata, trivellazione orizzontale controllata (TOC), trivellazione orizzontale teleguidata (TOT), perfo-





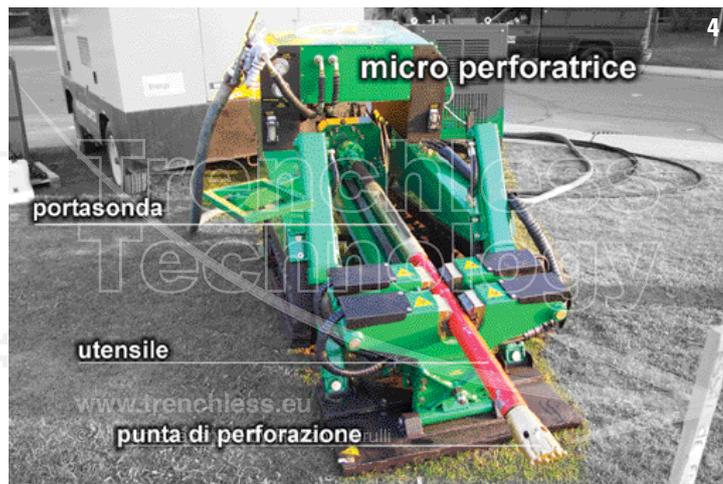
- 2 1. Schema di una perforatrice da directional drilling
2. Foro pilota
3. Alesatura e tiro
4. Micro perforatrice da directional drilling

razione teleguidata, perforazione direzionale. Ma nell'uso comune non è raro leggere in determinati capitolati di gara l'espressione "microtunneling" riferita al directional drilling. In questo caso più che di sinonimo si tratta di un vero e proprio errore terminologico, essendo il microtunneling una tecnologia No-Dig profondamente diversa dal directional drilling (Le Strade - marzo 2005).

Nel seguito continueremo ad utilizzare l'espressione "directional drilling" o eventualmente l'espressione italiana perforazione orizzontale controllata, che riteniamo essere la più corretta. Abbiamo detto che il directional drilling è sostanzialmente una tecnologia di perforazione del terreno con controllo attivo della traiettoria.

Ma cosa significa controllo attivo della traiettoria?

Significa che, combinando un sistema di localizzazione della punta di perforazione con l'uso di utensili di perforazione direzionabili, è possibile controllare la traiettoria che l'utensile di perforazione segue in avanzamento. In altri termini mentre con il sistema di localizzazione otteniamo informazioni sulla posizione assunta nel sottosuolo dalla punta di perforazione (essenzialmente coordinate x, y e z, inclinazione ed orientamento dell'utensile e della punta), da cui possiamo trac-



ciare la traiettoria seguita, con gli utensili direzionabili possiamo attuare delle manovre che permettono di mantenere la batteria di fondo foro lungo la traiettoria di perforazione prestabilita (drilling path).

Questa è la caratteristica peculiare del directional drilling, ovvero la possibilità di eseguire delle perforazioni seguendo un percorso prestabilito che può contenere anche curve piano-altimetriche, il cui raggio di curvatura può raggiungere, se l'attrezzatura e le caratteristiche del terreno lo consentono, anche valori molto piccoli (nell'ordine anche di pochi metri).

Questa caratteristica permette l'utilizzo del directional drilling per l'in-

stallazione di tubazioni interrate potendo aggirare, entro certi limiti, gli ostacoli eventualmente presenti nel sottosuolo, oppure sottopassare, partendo dalla superficie ed arrivando in superficie, zone d'interferenza (come infrastrutture di trasporto, zone sensibili da un punto di vista ambientale, aree in cui non è ammessa alcuna interferenza di superficie, aree caratterizzate da elevato rischio per il personale operante in cantiere, ecc.).

Con riguardo alle installazioni di tubazioni o cavi interrati, nonché con riguardo anche alle sostituzioni di queste infrastrutture sotterranee (effettuabili con macchine da directional drilling), come per tutte le altre tecnolo-

5. Inizio della perforazione pilota - sistema di perforazione con sistema di guida di tipo walk-over

6. Termine della perforazione pilota nella buca di arrivo



gie No-Dig, anche nel directional drilling il principale elemento caratterizzante è proprio la possibilità di effettuare queste applicazioni limitando drasticamente o eliminando del tutto gli scavi a cielo aperto.

L'altro enorme vantaggio specifico del directional drilling è che tutte queste operazioni possono essere svolte operando dalla superficie e senza alcun presidio umano al fondo foro.

Ma vediamo più nel dettaglio in cosa consiste la tecnologia del directional drilling.

Le componenti principali di un impianto da directional drilling sono es-

senzialmente quattro:

- 1) una perforatrice direzionale (da superficie o da buca) detta anche macchina di perforazione (in inglese rig);
- 2) una batteria di fondo foro che comprende le aste di perforazione, gli utensili di perforazione direzionale e gli utensili per l'alesatura ed il tiro;
- 3) un sistema di guida;
- 4) un sistema per la produzione, l'immissione in foro e l'eventuale recupero, filtraggio e ricircolo dei fluidi di perforazione;

In funzione della tipologia di fluidi di perforazione impiegati viene fatta un'ulteriore distinzione tra:

- sistemi a liquido (quando i fluidi di perforazione sono in fase prevalentemente liquida - si parla in questo caso di wet boring);
- sistemi a secco (quando i fluidi di perforazione sono in fase prevalentemente aeriforme - si parla in questo caso di dry boring o anche di dry directional drilling o DDD).

Sebbene le fasi di lavoro siano simili, esistono tuttavia profonde differenze tra wet boring e dry directional drilling, che non risiedono solo nel differente stato fisico dei fluidi impiegati durante la perforazione (liquido nel primo, aeriforme nel secondo), ma anche e soprattutto nella diversa modalità di escavazione e nella differente possibilità di impiego a seconda delle condizioni litologiche presenti.

Solo come cenno, segnaliamo che mentre nel wet boring la perforazione avviene attraverso una rimozione pressoché totale del terreno perforato, nel DDD invece gran parte del terreno vie-

ne dislocato e compattato piuttosto che rimosso. Inoltre mentre con tecniche di wet boring la perforazione di materiali rocciosi avviene con l'ausilio di speciali attrezzature quali i mud-motors ovvero le turbine a fango (eccezion fatta la ghiaia che con questi sistemi non è perforabile), nel dry directional drilling, ove si fa prevalentemente uso di martelli pneumatici fondo foro a rotazione, la perforazione di banchi rocciosi o di ghiaia è possibile. Naturalmente nel caso di perforazione in roccia con DDD, questa viene polverizzata piuttosto che dislocata.

Le fasi essenziali del directional drilling

L'installazione di una tubazione interrata mediante directional drilling avviene secondo uno schema esecutivo generale che prevede tre fasi fondamentali:

- perforazione pilota (pilot bore)
- alesatura (backreaming)
- tiro (pullback)

Nel caso d'installazione di tubazioni di piccolo diametro (in genere non superiori ai 180-200 mm) le ultime due fasi (alesatura e tiro) possono essere effettuate contemporaneamente riducendo ulteriormente i tempi di esecuzione.

La perforazione pilota rappresenta una sorta di tracciamento tridimensionale del percorso d'installazione, con la quale si realizza un perforo di piccolo diametro (in genere 4-6 pollici - 100-150 mm) seguendo una traiettoria prestabilita da progetto.

Le caratteristiche geometriche della traiettoria di perforazione (e quindi essenzialmente lo sviluppo del tracciato ed i valori dei raggi di curvatura) sono il risultato di un calcolo che tiene conto delle caratteristiche meccaniche del prodotto da installare (tubazione o cavo), delle attrezzature utilizzate nonché delle caratteristiche geomeccaniche del terreno (la metodologia di calcolo utilizzata nel directional drilling sarà ampiamente illustrata nel vol. 3 del manuale "Progetto No-Dig" pubblicato dalla casa editrice La Fiaccola).

Naturalmente avrà altresì influenza sulla forma e sullo sviluppo del trac-

ciato di perforazione anche la presenza di oggetti interrati quali: altri sottoservizi, strutture interrate, ipogei, ecc.

Per eseguire la perforazione pilota la perforatrice direzionale (da superficie o da buca) viene posizionata in un punto o sezione di partenza. L'operazione di perforazione propriamente detta può avvenire, a seconda della natura litologica dei terreni presenti, mediante diverse tecniche (perforazione rotativa, idromeccanica, rotopercussiva, mista).

Il perforo può essere realizzato sia a partire direttamente dalla superficie sia partendo da una buca di servizio.

Una volta intestata la perforazione nel punto iniziale, si procede seguendo il tracciato indicato e operando, quando necessario, le manovre di deviazione. Le deviazioni vengono effettuate compatibilmente con le variazioni di inclinazione percentuale che derivano dai raggi di curvatura calcolati da progetto. Man mano che la perforazione pilota procede, per prolungare la batteria di perforazione si montano nuove aste di perforazione, sino a raggiungere la lunghezza finale del perforo così come da progetto. Le aste di perforazione sono essenzialmente dei tubi in acciaio speciale dotati alle estremità di terminazioni filettate (i manicotti o tool-joints). Le aste svolgono l'importante funzione di trasferimento delle forze e dei fluidi di perforazione dalla perforatrice al fondo foro. Esse sono sufficientemente flessibili da consentire curvature della batteria di perforazione anche piuttosto elevate (e quindi piccoli raggi di curvatura).

Partendo dal fondo foro (ovvero dal fronte di scavo), la batteria di perforazione si compone quindi dei seguenti elementi principali:

- punta di perforazione
- utensile di perforazione (che può essere dotato di movimenti autonomi come nei mud-motors o turbine a fango o come nei martelli fondo foro pneumatici o idraulici)
- sezione fondo foro del sistema di guida (si tratta in genere di un complesso di sensori e di un sistema per la trasmissione dei dati dal fondo foro alla superficie)
- aste di perforazione

A questi componenti principali vanno poi aggiunti, a seconda delle esigenze, altri elementi complementari quali cross-over, stabilizzatori, bent-sub, ecc.

Durante la perforazione pilota il sistema di guida fornisce, sezione per sezione, profondità della sonda, inclinazione sull'orizzontale (detta pitch), orientamento dell'asimmetria dell'utensile (tool face orientation), e posizione planimetrica della sonda.

Le modalità con le quali questi dati vengono raccolti e restituiti all'operatore dipendono dal tipo di sistema di guida utilizzato.

Solo a livello di cenno, diciamo che i sistemi di guida per il directional drilling, destinato all'installazione di servizi interrati, sono fondamentalmente di due tipi:

- sistemi walk-over,
- sistemi magnetici (MGS - Magnetic Guidance System).

I sistemi di tipo walk-over, ed in particolare quelli radio, si basano sull'impiego di trasmettitori radio mon-



7. Preparazione della tubazione per la fase di tiro



8. Inizio della fase di alesatura e tiro con indicazione dei componenti del treno di alesatura e tiro

tati solidalmente alla punta di perforazione.

Il trasmettitore radio, chiamato comunemente "sonda" (sonde), viene alloggiato in un particolare portasonda (sonde housing), che non è altro che una sorta di asta di perforazione corta e tozza, dotata di un vano interno speciale per l'alloggiamento del trasmettitore.

Un opportuno ricevitore (receiver), manovrato in superficie da un operatore (strumentista) che si muove in prossimità della verticale del

trasmettitore di fondo foro (da qui il nome di sistemi walk-over), riceve una serie di informazioni elaborate dal software dello strumento, e che consistono essenzialmente nella distanza del trasmettitore dal ricevitore (e quindi la profondità rispetto alla superficie del suolo), nell'inclinazione (pitch) sempre del trasmettitore rispetto all'orizzontale e nell'orientamento del trasmettitore rispetto all'asse di rotazione della batteria di perforazione (tool-face).

La posizione planimetrica dello



9. Arrivo della tubazione nella sezione di partenza (termine dell'installazione)

10. Perforazione pilota lungo un tracciato contenente una stretta curva planimetrica (raggio di curvatura = 30 m)



strumentista, quando questi si trova esattamente sulla verticale del trasmettitore, determina anche la posizione planimetrica del trasmettitore e quindi della punta di perforazione. In questo modo sono note le tre coordinate spaziali x, y, z (con origine ad esempio rispetto alla perforatrice), nonché l'inclinazione e l'orientamento della punta.

I sistemi walk-over non sono in grado di effettuare misure degli angoli azimutali, e pertanto le coordinate spaziali vengono ricavate in maniera indiretta, proprio grazie alla posizione che lo strumentista raggiunge sul campo, per portarsi sulla verticale precisa

del trasmettitore. Nei sistemi walk-over la profondità massima di ricezione dei segnali emessi dal trasmettitore, nei sistemi più avanzati oggi disponibili, non supera i 15-20 metri e questo è un limite sufficientemente ampio per la maggior parte delle applicazioni che riguardano l'installazione di servizi interrati ma può costituire un limite restrittivo per certe altre applicazioni.

I sistemi di guida magnetici (MGS) permettono di effettuare la guida in remoto perché sono in grado di restituire tutte le misure posizionali della sonda di fondo foro, incluso l'angolo azimutale.

In questi sistemi la posizione della punta di perforazione viene determinata utilizzando una complessa sensoristica che viene posizionata in un'apposita sezione della batteria di fondo foro, in prossimità della punta di perforazione.

La sensoristica fondamentale di

tendo di ricostruire la traiettoria seguita, nonché l'orientamento degli utensili.

Si tratta pertanto di sistemi più complessi e costosi di quelli walk-over il cui uso è destinato ad applicazioni particolari in cui i walk-over non sono utilizzabili.

I dati raccolti dal sistema di guida servono sia a controllare che la perforazione proceda lungo il percorso prestabilito, sia a stabilire le eventuali manovre correttive atte a mantenere la perforazione entro tale percorso. La lettura dei dati provenienti dal sistema di guida viene di regola effettuata a batteria di perforazione ferma ed in genere ogni qual volta si interrompe la perforazione per montare in batteria una nuova asta di perforazione.

La perforazione pilota termina quando l'utensile di perforazione emerge nel punto indicato nel progetto come punto o sezione di arrivo. A questo punto l'utensile di perforazione ed il sistema di guida vengono smontati, mentre la batteria di aste di perforazione resta nel perforo.

L'alesatura (in inglese back reaming), che è la fase immediatamente successiva, consiste essenzialmente nell'allargamento a ritroso del foro pilota (generalmente per tiro e rotazione semplice) sino ad ottenere un diametro del perforo sufficiente al passaggio del prodotto da installare (tubazione o cavo).

Viene effettuata montando all'estremità della batteria di aste un utensile allargatore detto alesatore che viene posto in rotazione con la batteria di aste di perforazione e quindi tirato a ritroso nel perforo. Se il diametro finale del perforo è rilevante, l'alesatura viene effettuata in più passaggi successivi, incrementando ad ogni passaggio il diametro dell'alesatore, secondo una sequenza che rappresenta il risultato di un calcolo.

In questi casi in coda all'alesatore viene montata una seconda batteria di aste di perforazione, che segue (senza ruotare - grazie alla presenza di un giunto folle) l'alesatore nel moto a ritroso entro il perforo.

Una volta che l'alesatore raggiunge la sezione di partenza (ovvero la perforatrice) viene smontato e la bat-

teria di aste che è stata trascinata nel perforo viene collegata alla perforatrice da una parte e dall'altra ad un alesatore più grande che viene a sua volta tirato a ritroso nel perforo (in un moto roto-traslattivo), e così via sino ad ottenere il diametro desiderato.

Durante tutta questa fase il materiale escavato viene allontanato mediante il fluido di perforazione che per questo motivo viene mantenuto in circolazione forzata diretta. Se il terreno richiede anche un sostegno (perché le pareti tendono a crollare) allora si utilizzerà un fluido di perforazione in grado di assolvere anche a questa importante funzione (ovvero sostentamento delle pareti del perforo). Quando non si opera con sistemi a secco (DDD), il fluido di perforazione è in genere fango bentonitico opportunamente formulato in funzione delle caratteristiche specifiche del terreno da perforare.

Una volta ottenuto l'allargamento desiderato si procede al tiro della tubazione. In particolare questa viene agganciata sempre nella sezione di arrivo della perforazione e collegata alla batteria di aste già presente nel perforo con interposizione di un giunto girevole reggispira (che evita che la tubazione si metta a ruotare insieme con la batteria di perforazione), e quindi tirato a ritroso dentro il perforo (in inglese questa fase viene infatti denominata pullback).

Come già accennato, quando il diametro della tubazione da installare è ridotto, allora l'alesatura può essere effettuata in un solo passaggio durante il quale si può anche procedere al tiro della tubazione da installare, in modo da ridurre i tempi di esecuzione.

Tutte queste operazioni avvengono in sequenza, e rappresentano la fase esecutiva di un progetto che prevede due step propedeutici, quali:

- 1) indagini in sito per la mappatura del sottosuolo e la caratterizzazione dei terreni
- 2) progetto di perforazione

Non rientra negli scopi di questo articolo, entrare nel dettaglio delle metodologie d'indagine e di calcolo. Tuttavia riteniamo estremamente utile dare un cenno sullo scopo di queste at-



11. Aste di perforazione da directional drilling



12. Alesatore da roccia di grandi dimensioni per directional drilling

tività e sui risultati che si ottengono.

Naturalmente l'obiettivo fondamentale delle attività di progettazione è quello di garantire che l'applicazione di directional drilling possa essere effettuata con successo assicurando il rispetto di costi, tempi, qualità dell'applicazione e livelli di sicurezza prestabiliti.

Le indagini preliminari consistono essenzialmente nella ricerca di servizi interrati preesistenti nell'area nella quale si intende effettuare l'installazione, nonché di altri possibili oggetti presenti, quali: strutture interrato, ipogei, cavità naturali, serbatoi, ordigni inesplosi, ecc.

Queste operazioni di indagine finalizzate alla mappatura del sottosuolo sono il complesso di una serie di attività distinte quali:

- a) raccolta di dati storici presso enti gestori di servizi a rete

- b) indagine di superficie per l'identificazione di elementi riconducibili alla presenza nel sottosuolo di servizi interrati o di altri oggetti interrati,
- c) indagini strumentali mediante sistemi radar o altri sistemi di localizzazione di sottoservizi ed oggetti interrati.

È l'integrazione dei risultati rilevanti dal complesso di attività appena elencate a poter garantire una certa affidabilità della mappatura del sottosuolo. Nessuna delle metodiche prima elencate, utilizzate singolarmente senza il conforto dei risultati ottenuti con le altre, è in grado di garantire un sufficiente livello di affidabilità dei risultati dell'indagine.

Inoltre è bene specificare che non è sufficiente specificare in un capitolo che occorre effettuare tali attività, ma è necessario indicare nel dettaglio anche come queste attività devono es-



13. Sistema di guida dell'ultima generazione derivato da un sistema di tipo walk-over con lettura azimutale e trasmissione dati via cavo
(per gentile concessione della Digital Control Inc.)

sere condotte e con quale tipologia di mezzi.

È giusto il caso delle indagini radar per la localizzazione e la mappatura di servizi interrati.

Comunemente, ed erroneamente, questo genere di indagini ed il relativo sistema d'indagine viene detta georadar. Purtroppo nella pratica comune, e a causa della mancanza di capitoli e norme tecniche adeguate e specifiche, molte volte la ricerca servizi è stata effettuata mediante sistemi georadar (ovvero sistemi nati e dedicati ad indagini di tipo geognostico). I sistemi radar per la ricerca servizi interrati, che rappresentano una specializzazione dei più generali sistemi GPR, sono concepiti ed hanno un'architettura e delle funzionalità, completamente differenti da quelle dei tradizionali sistemi georadar. Il loro sviluppo si è avuto nella seconda metà degli anni '90. Tuttavia solo oggi si incomincia a fare un distinguo in alcune norme tecniche (nemmeno troppo adeguato), tra sistemi georadar tradizionali e sistemi radar per la ricerca servizi.

Quanto al progetto di perforazione, in questo caso esistono una standardizzazione ed una conoscenza ancora meno spinte di quanto esiste per le indagini preliminari.

Il progetto di perforazione ha come risultato la geometria del percorso di perforazione, ovvero di quel perfo-

ro entro cui verrà tirato il prodotto da installare (tubazione singola, pacco tubi o cavo).

Poiché per arrivare al tiro della condotta e quindi alla sua installazione finale, occorre effettuare una serie di operazioni che chiamano in causa la resistenza del terreno, la resistenza delle attrezzature di perforazione e del prodotto da installare, le performance del sistema in termini di deviazibilità, si intuisce che la geometria del percorso di perforazione è il risultato di un complesso di verifiche di calcolo che chiamano in causa tutti i fattori appena elencati.

Ma non solo. Il progetto include anche la definizione di un volume di sottosuolo perforabile perché sufficientemente distante da ciò che è già presente nel sottosuolo. Non sarebbe infatti sicuro far passare a distanza molto ravvicinata una perforazione da una tubazione in alta pressione del gas, o in adiacenza ad un cavo interrato dell'alta tensione.

Queste circostanze impongono il ricorso ad adeguati franchi di sicurezza, che possano garantire che non insorgano interferenze pericolose tra la perforazione in atto e gli oggetti interrati preesistenti.

Tutti questi criteri e verifiche di calcolo sono oggetto di una metodologia complessiva e coerente che abbiamo appunto chiamato progetto di perforazione e che è illustrata in dettaglio

nel 3° volume del manuale "Progetto No-Dig" pubblicato dalla casa editrice La Fiaccola.

LE APPLICAZIONI DEL DIRECTIONAL DRILLING.

Il directional drilling trova oggi impiego in moltissime applicazioni, quali:

- installazione senza scavo a cielo aperto di tubazioni interrate;
- sostituzione senza scavo a cielo aperto di tubazioni interrate (pipe reaming) - di cui daremo un cenno alla fine del presente articolo;
- difesa ambientale (decontaminazione di siti inquinati o inquinanti);
- difesa del suolo (installazione di drenaggi nel sottosuolo per la stabilizzazione di pendii in frana).

Certamente l'installazione senza scavo a cielo aperto di tubazioni interrate costituisce la principale applicazione di questa tecnologia, sebbene anche gli altri campi di impiego stiano progressivamente crescendo.

Le tubazioni interrate installabili mediante directional drilling possono essere destinate ai più svariati impieghi, quali:

- a) cavidotti per telecomunicazioni,
- b) condotte per il trasporto e la distribuzione dell'acqua,
- c) condotte fognarie,
- d) condotte per il trasporto e la distribuzione di gas ed olii combustibili,
- e) cavidotti elettrici,
- f) tubazioni per il teleriscaldamento,
- g) tubazioni per drenaggi.

Recentemente il directional drilling è stato anche utilizzato per installare senza scavo a cielo aperto cavi elettrici nudi direttamente nel terreno (ovvero senza cavidotto in plastica).

Si tratta di una nuova e promettente applicazione che potrebbe semplificare notevolmente e rendere particolarmente economiche le operazioni di interrimento dei cavi elettrici in media ed alta tensione.

I materiali che più si prestano ad essere installati mediante directional drilling sono essenzialmente quelli duttili, e quindi polietilene (a bassa ed alta densità) ed acciaio.

Stanno tuttavia aumentando le installazioni di tubazioni in PVC giunta-

te a freddo e si comincia a sperimentare anche l'installazione di tubazioni in ghisa.

I diametri installabili mediante directional drilling variano da 1" (25.4 mm) a 60" (ca. 1500 mm) con lunghezze che possono raggiungere e superare anche i 1000 metri.

In applicazioni particolari i limiti indicati sono stati anche superati, realizzando dei veri e propri record, per raggiungere i quali sono state impiegate macchine speciali, espressamente costruite per quei particolari progetti.

Nella pratica corrente, e soprattutto utilizzando macchine standard di serie, le applicazioni spaziano in un range dimensionale più ridotto, che può essere convenientemente indicato: per i diametri nell'intervallo 2"-24" (50 - 600 mm) e per le lunghezze nell'intervallo 10-500 m.

All'aumentare del diametro e della lunghezza di installazione, aumenta in generale la dimensione della macchina di perforazione, ed in particolare aumentano le capacità di tiro/spinta della macchina e la sua torsione, e corrispondentemente il suo ingombro ed il suo peso.

Una classificazione delle macchine da directional drilling, piuttosto diffusa, è quella che individua quattro classi, in funzione della massima forza di tiro sviluppabile:

- 1) MICRO - perforatrici con forza di tiro fino a 6 t,
- 2) MINI - perforatrici con forza di tiro da 6 a 12 t,
- 3) MIDI - perforatrici con forza di tiro o da 12 a 24 t,
- 4) MAXI - perforatrici con forza di tiro oltre le 24 t.

In Italia il directional drilling è stato inizialmente utilizzato quasi esclusivamente nel campo della costruzione di oleodotti e metanodotti ed in particolare per la realizzazione di grandi attraversamenti fluviali. In questi casi sono state utilizzate macchine di perforazione non standard, di grandi dimensioni (maxi oltre le 50 tonnellate di tiro).

Successivamente, circa una decina di anni fa, si è dato un particolare impulso all'uso del directional drilling per l'installazione di cavidotti per reti di telecomunicazione



(cavi coassiali e fibra ottica), conseguendo grandi vantaggi sul piano della maggiore compatibilità ambientale degli interventi nonché sul piano dei costi di costruzione.

Per queste applicazioni si è fatto ricorso a perforatrici di serie di dimensione medio piccola (e quindi midi, mini e micro rigs).

Il trend di crescita dell'uso del directional drilling nel settore delle telecomunicazioni è cresciuto di pari passo con l'espansione delle reti interrato nei grandi centri urbani che si è avuta nella seconda metà degli anni '90, seguendone però anche la successiva parabola discendente che ha coinciso con la crisi che ha colpito internazionalmente il settore delle telecomunicazioni, verso l'inizio del 2000.

L'attenzione verso l'utilizzo il directional drilling si è quindi spostata su altri settori, e principalmente quello elettrico e quello idrico.

Se si escludono quei casi in cui non esistono alternative confrontabili con il directional drilling (come negli attraversamenti fluviali, stradali, ferroviari, aeroportuali, ecc.) nei quali questa tecnologia è particolarmente efficace ed economica, in termini generali possiamo dire che questa tecnologia risulta ancora particolarmente vantaggiosa sia sotto l'aspetto economico che produttivo quando ricorre uno o più dei seguenti casi:

- a) installazioni sotto pavimentazioni di pregio o quando le interferenze con il soprasuolo sono particolarmente rilevanti (es.: strade ad intenso traffico, piazze storiche, siti naturali vincolati, ecc.);
- b) installazione di tubazioni in pressione o di servizi a secco (cavidotti) con diametri non superiori ai 450 mm e lunghezze di installazione non superiori ai 250 m;
- c) profondità di installazione superiore ai 2 metri.

Potrebbe invece non risultare conveniente quando si tratta di installazioni di grandi diametri (superiori ai 1200 mm), su lunghezze molto ridotte (inferiori ai 20 m) oppure eccessivamente elevate (superiori ai 1000 m), oppure quando è richiesta un'elevata precisione di installazione in termini di pendenza (come nel caso delle fognature a gravità).

In quest'ultimo caso (fognature a gravità) l'uso del directional drilling è ancora possibile e conveniente a patto che non si superino certi diametri (in genere 600 mm) e che non si vada al di sotto di pendenze dello 0.5 %.

Risulta invece non utilizzabile quando si tratta di installazioni urbane di grande diametro (oltre 1000 mm) o quando le pendenze richieste sono inferiori allo 0.5 %. Quando ricorrono queste condizioni sfavorevoli per l'impiego del directional drilling, è ancora possibile fare applicazioni di tipo

14. Lavori di installazione di cavidotti per telecomunicazioni nel centro di Milano
(per gentile concessione della F.Illi Esposito Srl)



15

15. Installazione di cavi elettrici nudi mediante directional drilling

No-Dig ricorrendo ad altre tecnologie come ad esempio al microtunneling.

Anche dal punto di vista della natura dei terreni attraversabili, se si escludono le torbe che non garantiscono una sufficiente portanza per le deviazioni degli utensili, con le attuali attrezzature da directional drilling è possibile perforare qualsiasi materiale, inclusa la roccia dura.

Particolarmente interessante è anche l'attenzione che è stata prestata in questi anni, da parte dell'industria del directional drilling, allo sviluppo di tecniche esecutive e materiali orientati al conseguimento di un impatto ambientale sempre più ridotto. Per cui il directional drilling, così come è oggi, non solo da questo punto di vista batte abbondantemente le tecniche tra-

dizionali con scavo a cielo aperto, risultando sempre più spesso più conveniente anche sotto l'aspetto economico, ma è decisamente migliorato rispetto alle applicazioni che si facevano anche solo quindici anni fa.

Applicazioni non convenzionali del directional drilling

Abbiamo accennato al fatto che il directional drilling possa essere applicato anche in settori diversi da quello dei servizi interrati, come ad esempio il settore della difesa ambientale ed in quello della difesa del suolo, così come nella sostituzione No-Dig di tubazioni interrate preesistenti.

Qualche cenno può aiutare a comprendere i vantaggi che derivano da queste applicazioni.

In particolare quando si parla di applicazione del directional drilling nella difesa ambientale ci si riferisce ad applicazioni di bonifica del terreno in sito. Queste applicazioni si basano tradizionalmente sull'utilizzo di pozzi verticali che permettono di drenare e di attuare una ventilazione del terreno.

La possibilità di realizzare pozzi ad andamento suborizzontale può rendere ancora più efficaci questi interventi, sia perché aumenta la capacità del pozzo di drenare sia perché si riescono a raggiungere volumi di terreno difficilmente raggiungibili dalla superficie (pensiamo ad esempio al terreno sottoposto ad un grosso serbatoio di idrocarburi).

Questa possibilità risulta particolarmente interessante nel caso delle discariche, nelle quali la massa dei rifiuti può essere o sottopassata da una fitta rete di drenaggi che captano ad esempio il percolato, oppure attraversata da dreni suborizzontali che catturano il biogas.

E la stessa tecnica può essere impiegata per realizzare ad esempio degli strati impermeabilizzanti per isolare masse o siti inquinanti, combinando ad esempio il directional drilling con il jet-grouting secondo una tecnica già sperimentata in altri paesi da qualche anno.

La possibilità di installare dreni suborizzontali, controllando la traietto-

ria di installazione, risulta particolarmente interessante quando si intende stabilizzare un pendio in frana controllando il livello di falda. Abbassare il livello di falda significa procurare un aumento della resistenza a taglio del terreno e di conseguenza incrementare il coefficiente di sicurezza allo scivolamento delle masse in frana lungo le superfici di scorrimento. Queste applicazioni sono già state utilizzate in altri paesi. Nel nostro restano a livello puramente sperimentale.

La sostituzione di tubazioni interrate mediante attrezzature da directional drilling avviene seguendo uno schema piuttosto simile a quello esaminato per le nuove installazioni, con la differenza che in questo caso il foro pilota è costituito dalla condotta da sostituire. Pertanto non si fa altro che infilare la batteria di aste nella tubazione da sostituire (lancio pilota). Una volta raggiunta la sezione di arrivo si monta un alesatore con eventuale batteria di aste a seguire e si alesano, in questo caso demolendo la tubazione preesistente ed allargando (se del caso) il foro. L'ultima fase consiste nel tiro della nuova condotta. Con questa tecnica (detta di pipe reaming) è possibile sostituire condotte in materiale lapideo come calcestruzzo non armato, gres, condotte in muratura.

CONCLUSIONI

Il directional drilling è una tecnologia semplice ed efficace. Permette di risolvere una molteplicità di problemi applicativi legati all'installazione ed alla sostituzione di servizi interrati, così come nel campo della bonifica ambientale e nella stabilizzazione di pendii in frana.

Il principale vantaggio risiede nella sua flessibilità e relativa semplicità d'uso, a cui corrispondono un'elevata produttività ed economicità, che ne consente l'utilizzo in moltissimi casi, a vantaggio anche e soprattutto di una migliore compatibilità ambientale degli interventi.

Tuttavia il suo utilizzo è subordinato ad una adeguata conoscenza sia della tecnica esecutiva che, soprattutto, delle metodologie di progetto che risultano necessarie per garantire il successo delle applicazioni. ■