

Renzo CHIRULLI

Dry Directional Drilling

Perforazione Orizzontale Controllata con limitato impiego di fluidi di perforazione in fase liquida.

Sommario

Il Dry Directional Drilling (DDD) sembra avere le caratteristiche più idonee per coniugare, anche in presenza di materiali rocciosi estremamente resistenti e duri, ottime rese con bassissimi livelli di impatto ambientale. Quest'ultima caratteristica costituisce senza dubbio l'elemento caratterizzante del DDD. Tuttavia, affinché questa tecnologia si renda matura per applicazioni di significativo impegno, sia sotto l'aspetto dimensionale (diametri e lunghezze perforabili) sia sotto l'aspetto della possibilità di impiego in materiali che necessitano di condizionamento, sarebbe necessario stimolare una opportuna attività di ricerca e sperimentazione sul campo, il cui esito lascia prevedere concrete e credibili possibilità di successo.

1. Introduzione

La tecnologia del directional drilling è stata sperimentata, nella posa di condotte e servizi interrati in genere, a partire dai primi anni ottanta.

Da allora le tecnologie connesse con questo genere di applicazioni sono rimaste, almeno sino a pochi anni fa', praticamente invariate.

Questo ha significato che per anni il directional drilling è stato associato all'uso di fanghi di perforazione bentonitici.

L'introduzione del directional drilling nel settore delle installazioni di servizi interrati in aree urbane ha reso possibile il raggiungimento di obiettivi non conseguibili operando con tecnologie di posa tradizionali (ovvero con scavo a cielo aperto), permettendo un significativo abbattimento degli impatti delle operazioni di installazione sulle attività di superficie (traffico, residenza, commercio, ecc.), una riduzione degli effetti ambientali negativi, un incremento della produttività.

L'esigenza di ridurre ulteriormente gli impatti ambientali e, in generale, di poter disporre di una metodica di perforazione con limitato uso di liquidi, ha spinto verso lo sviluppo di tecnologie, per il directional drilling, con le quali fosse possibile eliminare del tutto l'uso di fanghi bentonitici.

Le tecnologie di perforazione orizzontale controllata che permettono di conseguire tale obiettivo vengono dette “a secco” in quanto in esse vi è un limita-

to o nullo impiego di fluidi di perforazione in fase liquida.

Nel seguito riferendoci alla perforazione con fluidi in fase liquida (fanghi bentonitici, acqua, ecc.) parleremo in generale di **wet boring**, al contrario riferendoci alla perforazione con limitato o nullo impiego di fluidi in fase liquida, parleremo in generale di **dry boring** o di **dry directional drilling** o più semplicemente **DDD**.

2. La tecnologia del Dry Directional Drilling.

Il fattore che caratterizza il DDD è naturalmente costituito dall'assenza o dal limitato uso (in realtà limitatissimo uso) di fluidi di perforazione in fase liquida. Il fluido impiegato nel DDD è semplicemente aria compressa a bassa pressione (in genere non superiore ai 25 bar).

Essa viene messa in pressione utilizzando un normale compressore a motore endotermico (fig. 1), ed in casi particolari a motore elettrico, per essere quindi convogliata direttamente nella batteria di perforazione, e da questa, fondo al foro, all'utensile di perforazione.

Nel DDD l'utensile di perforazione impiegato è in genere il martello pneumatico fondo foro.

Nel martello (fig.2), che è una macchina pneumatica, l'energia di pressione posseduta dall'aria, viene trasformata in energia cinetica di una massa battente in acciaio (pistone) che si muove,

entro una camicia metallica valvolata, avanti e indietro lungo un percorso lineare di pochi centimetri (corsa), andando ad impattare, ad ogni fine corsa, contro la testa di una punta di perforazione, opportunamente conformata, che a sua volta trasferisce la propria energia cinetica al terreno, in corrispondenza del fronte di perforazione.

Il moto alternativo della massa battente si ripete ciclicamente un numero di volte variabile in funzione del tipo di martello e della pressione di alimentazione. Questo valore, che esprime il numero di colpi per minuto che il martello è in grado di sviluppare, può variare da qualche centinaio a qualche migliaio di unità (blow per minute).

Ad esempio un martello da 4" (diametro esterno del cilindro reversibile o camicia) alimentato con 16 m³ di aria al minuto a 12 bar, sviluppa mediamente circa 1400 colpi al minuto.

L'azione percussiva esercitata dal martello pneumatico è estremamente efficace in presenza di materiali molto duri e per questo anche piuttosto fragili. Questi materiali oppongono in genere una elevata resistenza alla compressione (>2000 kg/cm²), all'abrasione ed al taglio, ma tendono a frantumarsi se sottoposti ad un'azione di tipo percussivo, o, con una terminologia più corretta, se soggetti ad urto.

Tipici materiali che presentano un comportamento del genere sono le rocce magmatiche intrusive (graniti, dioriti, ecc.) oppure taluni calcari molto compatti, così come taluni materiali artificiali come il calcestruzzo.

In materiali di questo tipo l'azione combinata di percussione e rotazione (*impressa al martello dalla rotary della perforatrice, attraverso le aste di perforazione*) si traduce in una elevata velocità di avanzamento dell'utensile attraverso il materiale perforato.

La punta, che è poi l'elemento attraverso cui tutte queste azioni si esplicano, è costruita con acciai speciali opportunamente trattati termicamente o termochimicamente, al fine di ottenere un'adeguata durezza superficiale del corpo punta.

Inoltre, sulle facce della punta che dovranno impattare direttamente con il materiale da perforare, è previsto in genere il montaggio di "bottoni" o inserti in carburi metallici sinterizzati¹, in numero e di geometria adatta al tipo di materiale che è necessario perforare (figg. 3 e 4). Questi inserti presentano una durezza variabile nel campo che va dai 74 ai 78 HRC, sono quindi quasi il 100% più duri del corpo punta, e pertanto la loro presenza e tipologia diventa essenziale per il raggiungimento di elevati livelli di produttività della perforazione.

Nel DDD con martello pneumatico fondo foro, così come in tutte le tecnologie per directional drilling, la punta di perforazione presenta una geometria così detta "direzionabile" (fig.16).

Con riferimento generale al directional drilling, com'è noto le geometrie direzionabili degli utensili fondo foro sono caratterizzate da un'asimmetria che può essere fondamentalmente di due tipi:

- *asimmetria longitudinale*
- *asimmetria trasversale*

L'*asimmetria longitudinale* (fig.5) consiste in una distorsione (*in genere una deviazione angolare*) del tratto terminale della batteria di perforazione rispetto all'asse longitudinale della batteria stessa. Tipicamente nella perforazione con mud motors (*turbine a fango*), di esteso impiego nel directional drilling petrolifero e civile, si utilizza questo genere di asimmetria, con deviazioni angolari di un tratto terminale della batteria di perforazione ottenute per interposizione, tra turbina e trasmissione, di un opportuno giunto angolare regolabile. Questa deviazione varia in genere nel campo $0^\circ \div 2^\circ$.

L'*asimmetria trasversale* (fig.6) caratterizza invece la punta di perforazione,

¹ Si tratta di polveri di carburi metallici come il WC (*carburo di tungsteno*) il TiC (*carburo di titanio*) il TaC (*carburo di tantalio*) o ancora il NbC (*carburo di Niobio*), che vengono compresse ad altissima pressione e con l'ausilio della temperatura a formare un compatto di forma desiderata (*sinterizzazione*).

che tipicamente presenta una superficie inclinata (*scarpa direzionale*) rispetto all'asse longitudinale della batteria di perforazione, offrendo al contatto punta-terreno, una superficie parzializzata trasversalmente. Questa geometria è quella tipicamente utilizzata nelle lance a getto.

In entrambi i casi finché la batteria di perforazione si mantiene in rotazione, la risultante delle azioni sul fronte di perforazione è assiale, e pertanto la batteria avanza lungo il proprio asse con moto rettilineo. Quando invece si arresta la rotazione e si applica unicamente una spinta, le azioni sul fronte risultano: o deviate rispetto all'asse longitudinale della batteria (*come nel caso dell'asimmetria longitudinale*) oppure asimmetriche rispetto al fronte di perforazione, col risultato comune di generare un momento deviante di estremità di entità dipendente dalla geometria dell'utensile, dalle forze applicate e dall'entità dell'attrito al contatto utensile-terreno.

È interessante soffermarsi sul meccanismo che consente la deviazione dell'utensile, e quindi la direzionabilità, nel caso di asimmetria trasversale.

Se analizziamo il bilancio di forze al contatto punta terreno, ed in particolare quelle che si generano al contatto tra la superficie inclinata (*scarpa*) ed il terreno, osserviamo immediatamente che esiste una relazione che lega tra loro l'angolo di inclinazione α della scarpa rispetto all'asse longitudinale della batteria di perforazione, il coefficiente di attrito f al contatto scarpaterreno, e la spinta assiale S esercitata sulla batteria dalla perforatrice.

Non rientra negli scopi di questa memoria entrare nel dettaglio di questo argomento, ne tantomeno analizzare la situazione reale nella quale possono esservi anche due superfici di contatto in punta, una lungo la quale avviene lo scorrimento direzionale (*scarpa*), e l'altra in corrispondenza della quale avviene la demolizione vera e propria del materiale.

Qualche utile considerazione può peraltro essere fatta con riferimento al caso di unica superficie di contatto, quale quella localizzata lungo la scarpa direzionale.

Nel caso in esame (fig.7), grazie all'inclinazione della scarpa, esiste una componente della spinta applicata S che agisce lungo la superficie di contatto, favorendo lo scorrimento della punta lungo tale superficie. A causa dell'attrito esistente al contatto scarpaterreno, una parte della spinta applicata (*ed in particolare quella ortogonale alla scarpa*) concorrerà, in ragione del coefficiente di attrito statico f , a far

decrescere la componente a favore dello scorrimento, quando la punta è in incipiente stato di movimento lungo il piano contenente la scarpa.

La risultante di queste forze, se diversa da zero, avrà un momento rispetto ad un punto caratteristico della batteria di perforazione che fungerà da polo per l'inflessione della parte terminale².

Questa risultante, agente lungo la superficie di scorrimento, potrà essere a sua volta scomposta in due componenti: la prima parallela all'asse di perforazione e quindi con nullo o scarso peso sul valore finale del momento deviante, la seconda, ortogonale all'asse della batteria di perforazione, avente al contrario un grande peso sul valore del momento deviante.

Quest'ultima rappresenta la così detta componente deviante S_d .

In particolare, con i termini ed i simboli sin qui introdotti, risulta che:

$$S_d = S \cdot \sin\alpha (\cos\alpha - f \cdot \sin\alpha) = S \cdot \xi \quad [1]$$

avendo indicato con ξ quello che chiamiamo *coefficiente di azione deviante*³.

Se b indica la distanza (*braccio*) tra baricentro della scarpa e punto d'inflessione della batteria, allora l'azione deviante sarà un momento M_d pari a:

$$M_d = S \cdot b \cdot \xi \quad [2]$$

che abbiamo appunto chiamato *momento deviante*.

Nel grafico riportato in fig.8 è mostrato l'andamento di ξ in funzione dell'angolo di inclinazione α della scarpa e del valore del coefficiente di attrito f .

Come per tutte le tecniche di directional drilling che fanno uso di utensili dotati di asimmetria trasversale, anche nel dry directional drilling è possibile direzionare l'utensile, e quindi inflettere la batteria di perforazione, arrestando la rotazione ed esercitando un'azione di demolizione asimmetrica sul fronte di perforazione, causando in tal modo una deviazione controllata.

Nelle fasi in cui la batteria di perforazione è in rotazione, il martello fondo

² La posizione di questo punto potrà essere forzata (*attraverso il montaggio in batteria di opportuni pad*) oppure essere determinata dai rapporti di rigidità flessionale delle differenti parti che compongono la batteria di perforazione.

³ Osserviamo espressamente che sebbene l'espressione [1] possa assumere, da un punto di vista matematico, valori negativi, nella realtà del fenomeno valori di ξ inferiori a zero stanno a significare unicamente che non avviene alcuno scorrimento lungo la scarpa direzionale.

foro esplica un'intensa azione rotoperlussiva sul materiale, restituendo una elevata produttività (in termini di metri perforati nell'unità di tempo) in materiali generalmente di bassa perforabilità.

Ecco perché in genere il DDD con martelli pneumatici fondo foro trova largo impiego nella realizzazione di perforazioni in materiale roccioso.

Al fine di attuare un più efficace raffreddamento degli utensili fondo foro ed una lubrificazione delle pareti del perforo l'aria può eventualmente essere arricchita da piccole quantità di acqua nebulizzata, alla quale vengono addizionate opportune sostanze schiumogene ad alta biodegradabilità (>95%).

Queste sostanze possono portare alla formazione, in corrispondenza delle pareti del perforo, di una sorta di gel che, comportandosi come strato impermeabile, o almeno poco permeabile all'aria, può consentire un certo condizionamento del foro, purché sia garantita, all'interno dell'anulus tra batteria e pareti del perforo, una sufficiente pressione dell'aria⁴.

Le produttività possibili con DDD variano naturalmente in funzione di molti parametri tra i quali ricordiamo in particolare:

- natura del terreno
- caratteristiche della punta (geometria e materiali)
- caratteristiche dell'utensile (martello)
- pressioni e portate di alimentazione dell'aria.

Ad esempio in calcare compatto, un martello da 4" alimentato con aria a 12 bar con una portata di 16 m³/min, può produrre dai 6 ai 10 metri all'ora.

3. Confronto tra wet boring e dry directional drilling.

È utile ricordare, preliminarmente, che indipendentemente dal fluido di perforazione impiegato l'installazione di una condotta effettuata mediante directional drilling prevede in generale tre fasi operative principali, quali (figg.9 e 10):

- perforazione pilota (pilot boring)
- alesatura (back reaming)
- tiro della condotta o del cavidotto (pull back)

In questo confronto parlando di wet boring, si farà prevalente riferimento alla metodologia di perforazione con fanghi bentonitici.

Una parte finale del presente paragrafo verrà dedicata ad una breve disamina della perforazione ad acqua con martelli idraulici fondo foro (di recente introduzione).

Una prima differenziazione tra dry directional drilling e wet boring è rappresentata dalla composizione dell'impianto di cantiere.

Con l'uso di fanghi bentonitici è infatti quasi sempre necessario disporre:

- di materie prime quali acqua e bentonite e quindi delle necessarie zone di stoccaggio (fig.11);
- di una serie di additivi che svolgono essenziali funzioni per la buona resa del fango;
- di una centrale di miscelazione dei fanghi (fig.12);
- di un gruppo pompa per il pescaggio e la messa in pressione del fango;
- di due buche (una alla partenza ed una all'arrivo) per il recupero di parte del fango bentonitico (fig.14);
- di un impianto per la raccolta e la vagliatura del fango recuperato da reimmettere in circolo (fig.13).

Nel dry directional drilling poiché l'aria non genera alcun problema di approvvigionamento ed inoltre non deve essere né stoccata né tantomeno recuperata, vengono a mancare le buche di recupero (fig.15), le vasche di miscelazione, e le aree di stoccaggio necessarie per i fanghi, con possibile riduzione delle aree di occupazione nonché della quantità di materie prime impiegate.

Va osservato a tale proposito che nel DDD le aree di occupazione dell'impianto possono essere notevolmente ridotte (fig.16) sino a consentire, per esempio in area urbana, l'alloggiamento dell'intero impianto di cantiere entro uno spazio più piccolo di quello occupato da due utilitarie in sosta. (fig.17) ed al limite, per le macchine da buca o da pozzetto, l'alloggiamento di quasi tutto l'impianto in una superficie inferiore ai 2 mq.

Ma la differenza certamente più rimarchevole tra dry directional drilling e wet boring è costituita dai minori impatti ambientali che l'uso dell'aria, quale fluido di perforazione, consente in generale di ottenere.

Le componenti ambientali rispetto alle quali è possibile evidenziare i differenti impatti generati dalle tecnologie di

directional drilling, che stiamo comparando, sono essenzialmente:

- falde acquifere
- edifici (piani interrati) ed ipogei
- sovrastrutture stradali

L'uso del fango bentonitico, impiegato nel wet boring, può generare impatti negativi sulle falde acquifere (anche se questa eventualità è da intendersi circoscritta al caso di interferenza diretta della perforazione con la falda).

Il fango bentonitico, che in gran parte rimane in circolazione tra perforo e buche di raccolta, ha tuttavia in molti casi la possibilità di disperdersi nel sottosuolo, con la conseguenza di poter causare un inquinamento fisico della falda, quando ne viene in contatto, rendendo l'acqua torbida, a causa della sospensione finissima che il fango stesso costituisce⁵ (si ricorda che la bentonite altro non è se non una miscela di argille tra le più fini come ad esempio la montmorillonite).

Con il dry directional drilling questo problema non sussiste in quanto l'aria non ha alcun effetto sulla falda.

Quanto ai volumi di fango normalmente impiegati, vi è da osservare che nel wet boring la perforazione avviene o per azione idromeccanica al fondo foro di un getto di fango orientato ad alta pressione (da 100 a 300 bar) con portate variabili tra i 50 ed i 150 litri/min, oppure per azione meccanica di un utensile (tricono, trilama, PDC, ecc.) montato su un mud motor.

In quest'ultimo caso, ad esempio, con un mud motor da 2 3/8" di diametro (ca. 60 mm) è richiesta una portata di fango pari a 160 litri/min ad una pressione di oltre 50 bar; questa portata diventa pari a ca. 2500 litri/min per 35 bar di pressione passando ad un mud motor da 6 3/4" (ca. 172 mm).

In ambiente urbano l'uso del fango bentonitico ha provocato spesso l'allagamento di piani scantinati, accanto a cui si sviluppava il tracciato di perforazione. Lo stesso problema si può verificare in corrispondenza di ipogei.

Con l'uso dell'aria tutti questi impatti scompaiono del tutto.

I possibili effetti sulle sovrastrutture stradali sono riconducibili alle maggiori pressioni con le quali il fango viene pompato nel sottosuolo, rispetto all'aria. Specie con ricoprimenti ridotti (< 1.5 m), come spesso avviene nella

⁴ Un livello "sufficiente" di pressione dell'aria, può essere calcolato a partire dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno perforato (resistenza al taglio, coesione, granulometria e natura chimica), nonché in funzione delle tensioni agenti nell'intorno ed al contorno del perforo.

⁵ In una recente direttiva dell'Unione Europea, in materia di salvaguardia delle acque sotterranee, sono state inserite, nell'elenco delle sostanze inquinanti, il cui scarico in falda è proibito, i "materiali in sospensione", tra i quali rientrano i fluidi di perforazione preparati con bentonite.

posa di cavidotti per telecomunicazioni in ambito urbano, la pressione del fango (da 50 a 300 bar) può provocare, in certi casi, dal semplice rifluimento con venuta a giorno del fango al taglio e quindi al sollevamento di pezzi di pavimentazione. Questo fenomeno, operando con directional drilling a secco, non si verifica, anche perché l'aria, una volta esaurita la propria funzione nella perforazione, grazie alla propria natura gassosa e quindi alla facilità con la quale cambia il proprio volume, più difficilmente può dar luogo a dislocamento di materiale e quindi al sollevamento delle pavimentazioni.

Un ulteriore elemento di distinzione che differenzia il DDD rispetto al wet boring è costituito dal fatto che nella perforazione con fanghi, al termine delle operazioni di installazione, è necessario procedere al recupero e quindi al conferimento in discarica controllata dei fanghi "esausti" (ovvero che hanno assolto alle funzioni di impiego senza essere oltremodo recuperabili). Questa operazione si traduce in ulteriori impatti per l'ambiente (il trasporto, la saturazione di volumi di discarica, ecc.) ed in ulteriori costi di produzione (lo smaltimento di fango bentonitico, in discarica controllata, ha un costo pari a circa 100 Euro per tonnellata). Naturalmente se il conferimento dei fanghi non viene effettuato in discarica controllata, si registra un ulteriore e negativo impatto per l'ambiente.

Occorre sottolineare e rimarcare con enfasi che tanto il dry directional drilling quanto il wet boring si collocano, in termini di impatto ambientale, anche sulle componenti analizzate, in una posizione che in termini quantitativi è di molti ordini di grandezza inferiore rispetto ai livelli di impatto ambientale che le tecnologie tradizionalmente utilizzate nella posa e manutenzione di servizi interrati, come gli scavi a cielo aperto, sono in grado di generare.

Le comparazioni di cui qui si è discusso riguardano una sfera il cui raggruppamento, anche solo in una piccola percentuale, concorrerebbe in modo significativo ad un abbattimento degli impatti ambientali che le cantierizzazioni tradizionali ogni anno sviluppano nel mondo.

Il confronto è quindi da intendersi chiaramente operato tra tecnologie comunque e notevolmente avanzate rispetto a quelle tradizionali, che permettono di conseguire, in valore assoluto, livelli di soglia degli impatti, oltremodo compatibili con le esigenze attuali degli ambienti urbani, al contrario di quanto accade per le tecnologie con scavo a cielo aperto.

Se compariamo le tecnologie del dry directional drilling e del wet boring sul piano dell'efficienza e della produttività si osserva ancora una volta una prevalenza della prima rispetto alla seconda, almeno negli ambienti urbani.

Questo accade perché, nella tecnologia a secco, l'uso dei martelli pneumatici fondo foro permette il superamento di ostacoli critici (trovanti e banchi rocciosi, strutture in cemento armato, ecc.) senza particolari difficoltà ed a costi minori. In ambiente urbano non è infatti infrequente il rinvenimento nel sottosuolo di ostacoli di questo tipo.

Con la tecnologia a fanghi ed in particolare con quella a getto in pressione anche la presenza di un semplice trovante roccioso o in materiale duro obbliga allo scavo di una buca per l'eliminazione, dalla superficie, dell'ostacolo. Con l'uso dei mud motors il risultato decisamente migliora, anche se in presenza di ostacoli molto duri (roccia compatta, cemento armato, ecc.) è necessario ricorrere, al fine di mantenere elevate produttività, all'uso di punte speciali dal costo elevato (come ad esempio gli scalpelli di tipo PDC - Polycrystalline Diamond Compact) con un conseguente aumento del costo di produzione dell'installazione.

Questo costituisce un elemento rilevante, nella scelta tra le due tecnologie, quando la produttività (metri installati per giorno) e l'economicità rappresentano fattori determinanti per l'intera economia dell'opera da realizzare.

Nel confronto tra tecnologie per il directional drilling rispettivamente a secco e con impiego di liquidi occorre menzionare una tecnologia di recente introduzione con la quale si utilizza acqua in pressione.

Questo tipo di perforazione si basa infatti sull'impiego di martelli fondo foro idraulici. Per un martello standard da 4" la pressione di alimentazione è pari a circa 180 bar e la portata d'acqua richiesta, per un funzionamento ottimale, è pari a circa 380 litri/min. In tali condizioni un martello ad acqua sviluppa 3000 colpi al minuto con rese estremamente elevate specie in presenza di materiali rocciosi molto duri.

Trattandosi di una tecnologia di recente introduzione, non si dispone attualmente di sufficienti dati sperimentali atti alla valutazione delle potenzialità di tale sistema, specie con riferimento alle massime lunghezze di perforazione realizzabili.

Tuttavia occorre sottolineare che i principali svantaggi della tecnologia con martelli ad acqua sono senza dubbio costituiti dalla elevata quantità di

acqua necessaria per lunghezza perforata, nonché dai negativi effetti di superficie (sulle pavimentazioni stradali) o di fondo foro (allagamenti di scantinati, ipogei, reti tecnologiche) legati alla immissione di acqua ad alta pressione nel sottosuolo. Il costo di approvvigionamento dell'acqua può divenire inoltre, in determinate situazioni ambientali, un fattore di svantaggio ulteriore laddove l'acqua rappresenta una risorsa scarsa e preziosa.

Concludendo questa breve analisi comparativa, è possibile dire che il directional drilling ha comunque costituito, rispetto alle tecnologie di installazione con scavo a cielo aperto, un enorme passo in avanti verso una maggiore compatibilità ambientale delle operazioni di posa di servizi interrati.

Tra le tecnologie per il directional drilling oggi disponibili emerge senza dubbio il directional drilling a secco con martelli fondo foro a rotopercolazione, in special modo per l'impiego in ambito urbano.

4. Limiti attuali e sviluppi futuri del dry directional drilling.

La prima limitazione della tecnologia del dry directional drilling, che è da considerarsi una limitazione generale di campo d'impiego, è causata dall'inefficienza dei martelli pneumatici fondo foro in presenza di materiali argillosi o sabbiosi. Questi materiali, data la loro elevata plasticità, si prestano all'escavazione meccanica o idromeccanica, e non certamente alla frantumazione. In questi casi il wet boring con lancia a getto risulta essere di grande efficacia.

Restando nei campi di impiego possibili per il dry directional drilling, occorre osservare che le limitazioni attuali di questa tecnologia sono legate essenzialmente alle caratteristiche intrinseche dall'aria compressa a bassa pressione quale fluido atto per la circolazione del detrito.

Il problema è infatti legato al verificarsi di particolari condizioni del sottosuolo nelle quali l'instabilità delle pareti del perforo (crolli) unita alla mancanza di vie di fuga per l'aria possono favorire il formarsi, nel perforo, di sacche d'aria in pressione in prossimità del martello, con la conseguenza di abbassare (ed in certi casi annullare) quei differenziali pressori che risultano necessari per il funzionamento del martello stesso.

Attualmente, senza operare alcun condizionamento del foro ed impiegando

un'attrezzatura standard da DDD è possibile realizzare perforazioni direzionate di lunghezza sino a 250 m con diametro sino ai 400 mm.

La ricerca e la sperimentazione stanno però spingendo verso un ampio superamento di tali limiti.

Nei primi mesi di quest'anno è stato raggiunto un nuovo record per questa tecnologia, con la posa a secco in roccia calcarea di una condotta di 600 mm di diametro per 80 m di lunghezza.

Incrementando la pressione di alimentazione e passando all'uso di back reamers rotoperlussivi, si prevede nel breve periodo di raggiungere tiri da 400 m ed alesaggi da 700 mm, utilizzando rigs semoventi di piccolo-medio

ingombro che non superino le 40 t di tiro ed i 1700 kgm di coppia.

Aumentando la dimensione e le caratteristiche meccaniche dei rigs, e spingendo ulteriormente, verso valori elevati, la pressione di compressione dell'aria, è possibile, almeno dal punto di vista teorico, portare questi limiti ben oltre (fig.18).

Al di là della teoria, che peraltro suggerisce interessanti scenari di sperimentazione, occorre osservare che già oggi esiste la tecnologia dell'aria compressa ad alta (fino a 300 bar) ed altissima (fino a 1000 bar) pressione, destinata, per ora, ad applicazioni nel settore petrolifero.

Un incremento della domanda di perforazioni direzionali a secco, di grande

diametro e lunga distanza, potrà certamente stimolare, in futuro, lo sviluppo di questi sistemi, a vantaggio, anche su vasta scala, della maggiore compatibilità ambientale che caratterizza tale tecnologia, come del resto è già avvenuto nel settore della posa di cavi interrati per telecomunicazioni e come sta avvenendo in altri settori relativi alla posa di reti di distribuzione dell'acqua del gas, nonché fognarie.

Si ritiene che un simile sviluppo potrà concretizzarsi entro un quinquennio anche in considerazione del notevole interesse che importanti gruppi industriali hanno già da qualche tempo cominciato a manifestare nei confronti di questo strategico settore.

Bibliografia.

- ◇ Vescovo C., Lazzarini U. - "Attraversamenti fluviali nella realizzazione dei metanodotti - Nuove Tecnologie" - SNAM Attività Operative - Corso su "Problemi di ingegneria strutturale nel trasporto di energia" - International Centre for Mechanical Sciences - Department of Structural Engineering and Geotechnics - Udine - Aprile 1994
- ◇ Chirulli R. - "Oriente ed Occidente a Confronto sulle Tecnologie Trenchless." - Quarry and Construction - Edizioni PEI - Parma - ITALIA - Dicembre 1997
- ◇ Chirulli R. - "L'Evoluzione della Tecnologia del Directional Drilling" - Le Strade, Casa Editrice La Fiaccola - Milano - Gennaio 1998
- ◇ Chirulli R. - "Drill Pipe Advances" - No-Dig International Vol.9, no. 2 - Mining Journal Ltd. - London - February 1998
- ◇ Chirulli R., Colli M. - "Aste di perforazione per directional drilling" - Atti del Convegno "Stato dell'Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling" - Bari - ITALIA - Maggio 1998
- ◇ Chirulli R., Caruso A. - "Un modello di analisi tecnico-economica nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto." - Atti del Convegno "Stato dell'Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling" - Bari - ITALIA - Maggio 1998
- ◇ Chirulli R., Caruso A. - "Valutazione di impatto ambientale comparativa nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto." - Atti del Convegno "Stato dell'Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling" - Bari - ITALIA - Maggio 1998
- ◇ Chirulli R., Calò M., Curci G. - "No-Dig: quali applicazioni?" - Quarry and Construction - Edizioni PEI - Parma - ITALIA - Ottobre 1998.
- ◇ Chirulli R., Calò M. - "No-Dig - Tecnologie Strategiche." - Strade & Autostrade - Audino Editore - Milano - ITALIA - Novembre - Dicembre 1998.

Note sull'autore.



Renzo CHIRULLI,

si è laureato in ingegneria civile nel 1990 presso l'Università di Bari, oggi Politecnico. Ha fondato e dirige, in qualità di Amministratore Unico e Responsabile della Ricerca, una società di ingegneria, la IT Consulting S.r.l., specializzata nello sviluppo e nelle applicazioni di tecnologie No-Dig. È attivo nella ricerca sia in ambito industriale che universitario. Autore di numerose memorie ed articoli divulgativi, sia sul No-Dig che su altre discipline delle quali si interessa, svolge anche attività formativa e didattica su questi temi.

Per informazioni o per richiedere copie della bibliografia indicata, contattare:

Dr. Ing. Renzo Chirulli - IT Consulting S.r.l., Via Amendola 162/1 Bari - ITALIA. - Tel.: +39 080 5461494, fax: +39 080 546 8532 mobile: +39 (0)348 3705080 - Email: chirulli@nodig.it - Internet: www.nodig.it



Fig. 1 – Compressore per l'aria, a motore endotermico. (fonte: Compair Holman Ltd.)



Fig. 2 – Sezione schematica di un martello pneumatico fondo foro.

TIPI DI INSERTI IN CARBURI METALLICI SINTERIZZATI

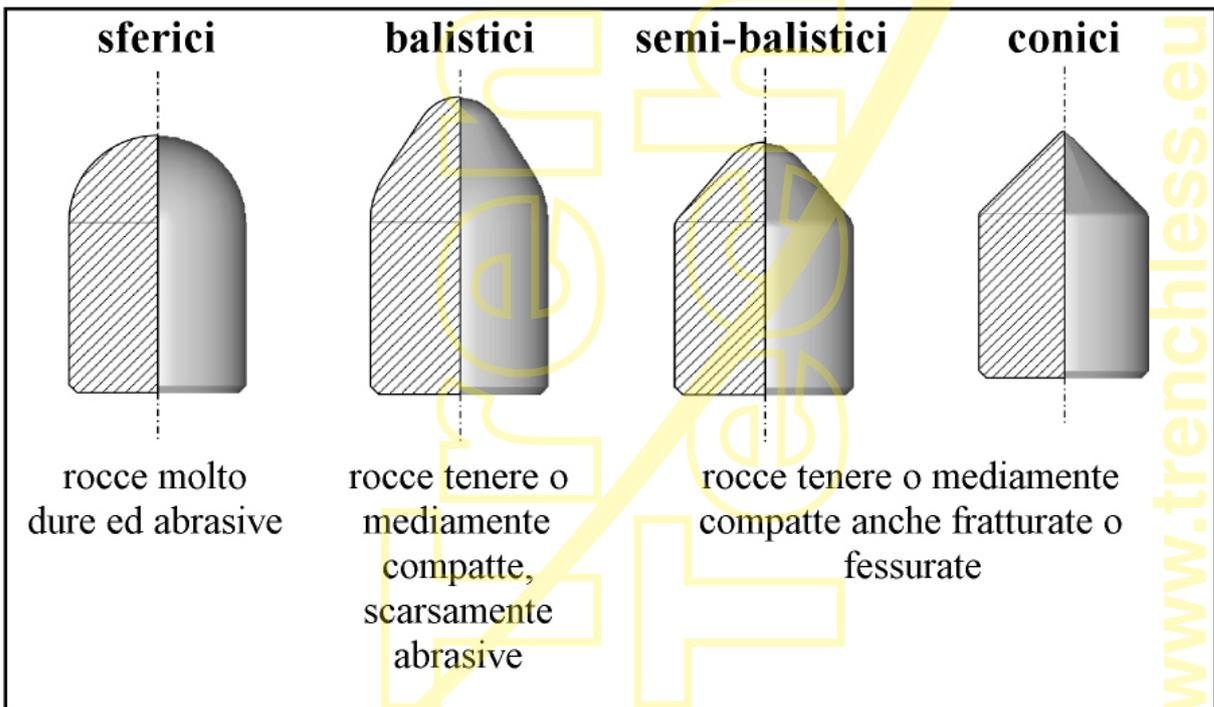


Fig. 3



Fig. 4 – Punta per martello pneumatico fondo foro, con inserti sferici. (fonte: Halco Ltd.)

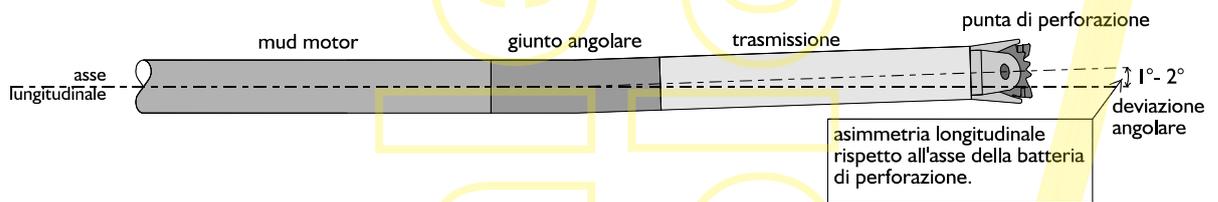


Fig. 5 – Asimmetria longitudinale

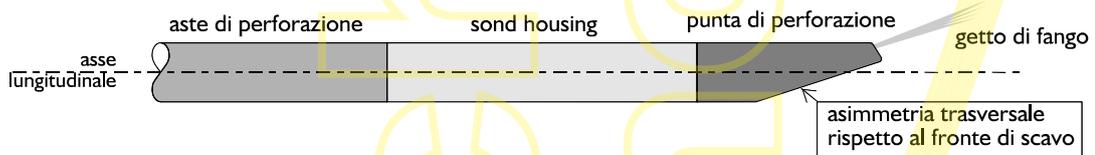


Fig. 6 – Asimmetria trasversale



Fig. 7 – Sistemi di forze al contatto scarpa-terreno

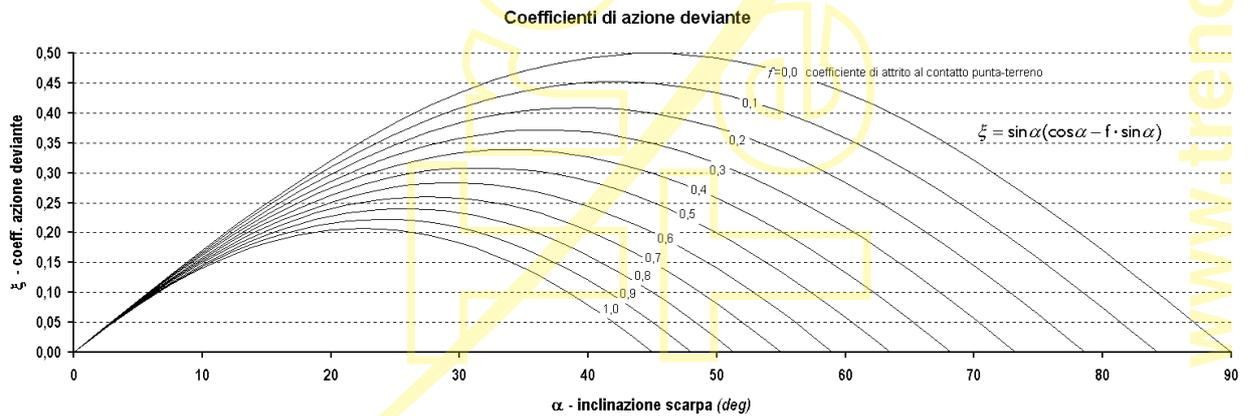


Fig. 8

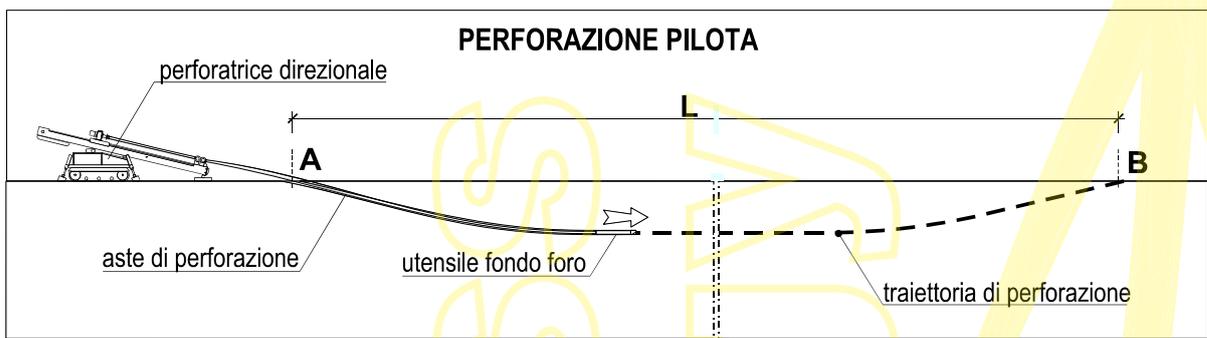


Fig. 9

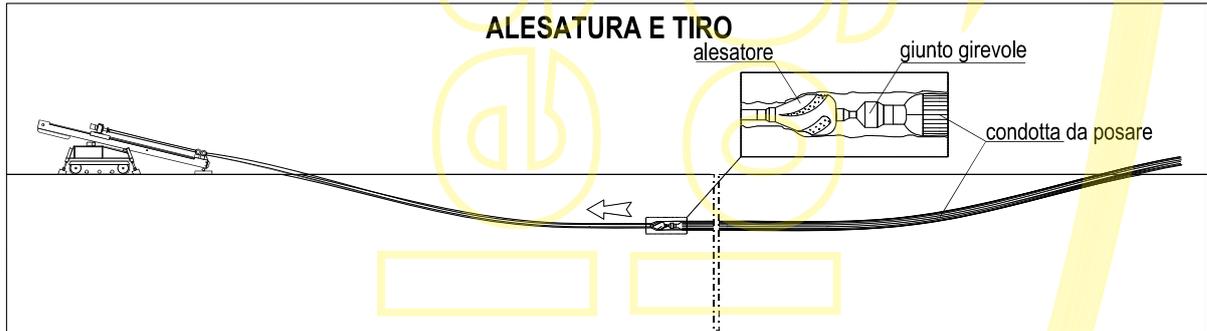


Fig. 10



Fig. 11 – Preparazione del fango bentonitico. (fonte: SNAM S.p.A.)



Fig. 12 – Vasca di miscelazione del fango bentonitico. (fonte: SNAM S.p.A.)



Fig. 13 – Vasca di raccolta e vagliatura del fango bentonitico (fonte: SNAM S.p.A.)



Fig. 14 – Wet boring buca di partenza. La freccia indica la buca di recupero del fango.

(fonte: IT Consulting S.r.l.)



Fig. 15 – DDD buca di partenza. Ovviamente non vi è alcun recupero di fluido.

(fonte: IT Consulting S.r.l.)

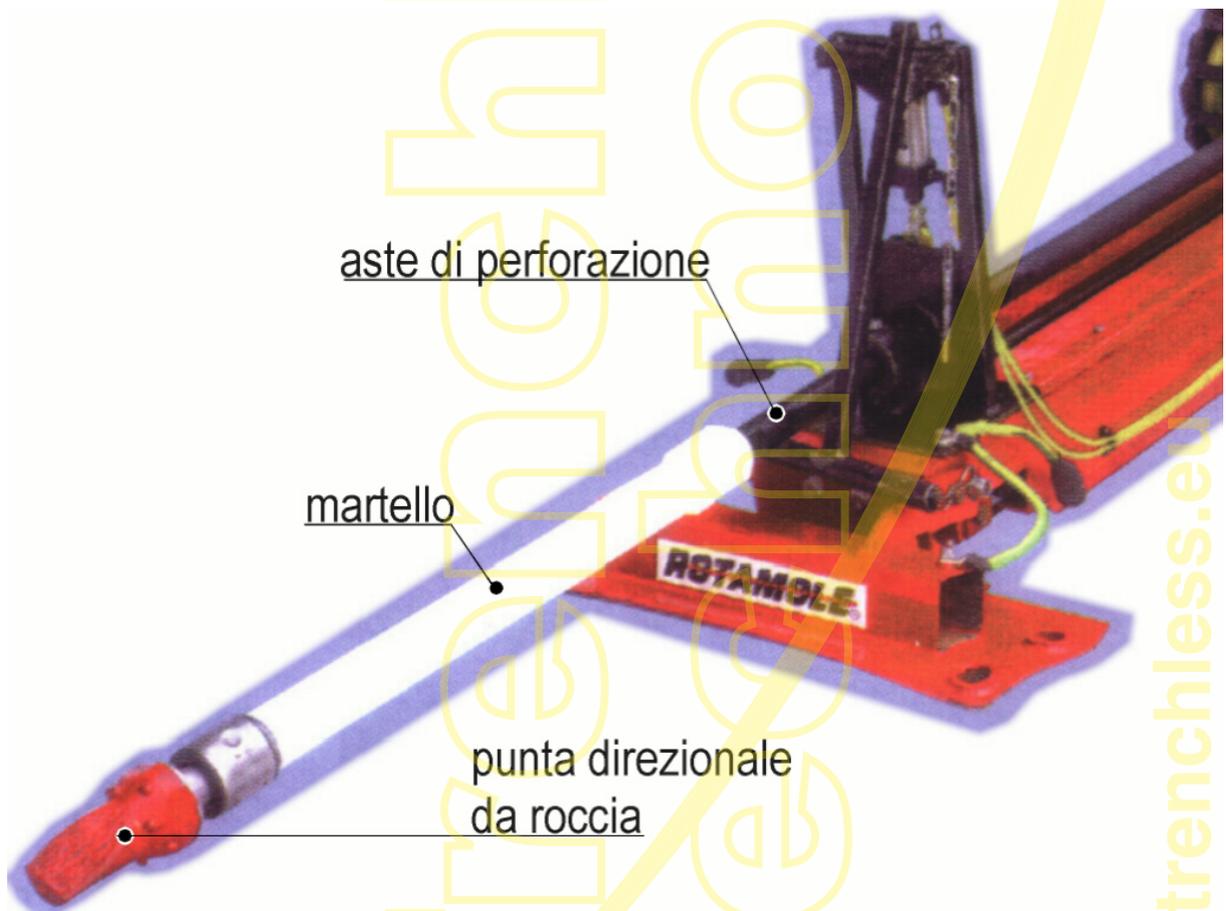


Fig. 16 – Perforatrice da DDD di piccole dimensioni– in primo piano martello fondo foro con punta direzionale da roccia.

(fonte: Steve Vick International Ltd. – elaborazione IT Consulting S.r.l.)



Fig. 17 – Cantiere da DDD, per l'installazione, in zona urbana, di cavi per telecomunicazioni. La freccia indica la buca di partenza.

(fonte: F.lli Esposito S.r.l.)

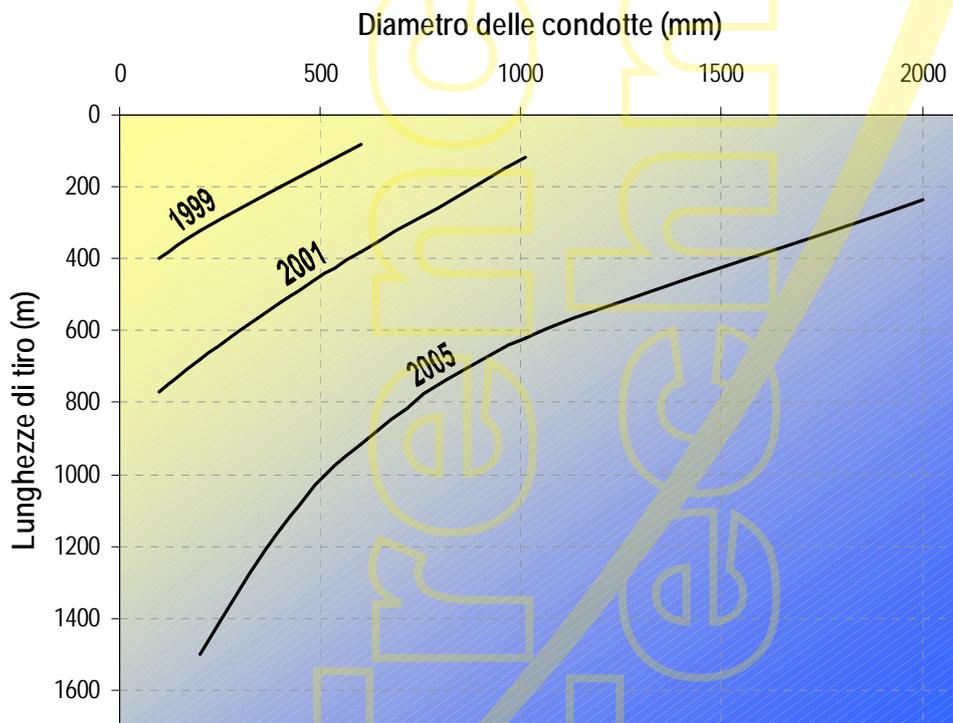


Fig. 18 – Sviluppi futuri del campo dimensionale d'impiego del dry directional drilling.