

# Perforazione a circolazione inversa: un po' di storia e gli sviluppi recenti

Stefano Chiarugi - Associazione Acque Sotterranee - ANIPA - Piacenza  
stefanochiarugi@landipozzi.it

Nell'ambito della ricerca mineraria (petrolifera), l'avvento delle tecnologie della perforazione a rotazione con "circolazione diretta" del fluido rivoluzionò completamente il modo di operare e gli orizzonti della ricerca rispetto alle precedenti tecniche della "percussione". Basti pensare alla rapidità di esecuzione e alla capacità di raggiungere profondità inimmaginabili rispetto alla tecnica più tradizionale.

Dalla seconda metà del 1800 la "circolazione diretta" è di gran lunga la tecnica più usata e soprattutto è la più sottoposta a incessanti sviluppi tecnologici. Questa tecnica è così denominata perché una pompa aspira il fluido dalle vasche e lo immette nelle aste di perforazione, esso raggiunge lo scalpello sul fondo e risalendo trascina i detriti dello scavo; lo stesso fluido ha la funzione di stabilizzare le stesse pareti del foro.

La tecnica a "circolazione inversa" non ha avuto un effetto così dirimpente, non ha sostituito la precedente per i limiti intrinseci nelle profondità, piuttosto ne ha affiancato lo sviluppo superandola in alcune applicazioni specifiche.

"Circolazione inversa" è così denominata perché il fluido viene aspirato attraverso le aste, da una pompa o con il sistema di sollevamento mediante l'iniezione di aria compressa, quindi i detriti risalgono attraverso le aste mentre nell'intercapedine aste-foro il fluido scende per gravità e anche in questo caso svolge la funzione di stabilizzazione del foro.

Il periodo di grande crescita è avvenuto a cavallo degli anni '50-'60 per soddisfare le esigenze della ricerca militare che chiedeva la realizzazione di fori di grandissimo diametro per la sperimentazione di ordigni nucleari.

La prerogativa essenziale di questa tecnica e di tutti i successivi affinamenti tecnologici è legata al fatto che, mentre nella circolazione diretta la necessità energetica per la circolazione cresce con il quadrato del diametro del foro, nella circolazione inversa detto fabbisogno è indipendente dall'aumento del diametro di perforazione. La differenza di fabbisogno energetico totale è poi mitigata dai fattori carico e coppia sullo scalpello, che rimandano comunque a impianti di perforazione importanti anche per la circolazione inversa, ma il vantaggio energetico di questa tecnica sui grandi diametri è comunque importante.

La tecnica a circolazione inversa è applicabile su tutti i tipi di terreno, ma è nella perforazione delle alluvioni incoerenti che manifesta vantaggi migliori e dove ha avuto la più ampia diffusione nella costruzione dei pozzi per acqua. Nei contesti alluvionali il successo della c. i. è anche legato al minore impatto che il fluido può avere sui livelli acquiferi facilitando le procedure di sviluppo, quindi l'efficienza finale del pozzo. Infatti, il fluido non ha bisogno di essere viscosizzato per aumentare le funzioni di trasporto (si può operare anche con acqua chiara) e non creandosi anche occasionali condizioni di

sovrapressioni sulle pareti del foro, le procedure di completamento e di sviluppo risultano molto agevoli.

Più recentemente la tecnologia di perforazione con "martello fondo foro a circolazione inversa" e l'iniezione dell'aria con tubo interno hanno aperto nuovi orizzonti per la perforazione in roccia.

## Le tecnologie

### ***Aria compressa con aste flangiate***

Le applicazioni militari e la realizzazione dei conductor-pipe nei pozzi petroliferi offshore furono realizzate essenzialmente con aste flangiate dotate di una coppia di piccoli tubi per l'immissione dell'aria compressa in profondità. Questa scelta della Wirth, principale operatore nel settore, era probabilmente legata alla relativa facilità di realizzare aste di grande diametro (com'erano necessarie in quelle attività) rispetto alle equivalenti versioni filettate. Esse avevano inoltre il vantaggio di non richiedere "manovra" per la sostituzione delle valvole o sistemi di svitamento ciclopici per i cantieri di allora.

Questa tipologia di aste è ancora ampiamente in uso anche in presenza delle più recenti aste filettate. In effetti anche per la costruzione dei pozzi per acqua esse presentano ancora alcuni vantaggi quali: evitare la manovra per il cambio della valvola, possibilità di controrotare (utile nei terreni a granulometria elevata), facilità di manutenzione, usure molto limitate.

### ***Aria compressa con aste filettate doppio tubo.***

Nelle applicazioni ordinarie dei pozzi per acqua con diametri compresi fra mm500 e mm1000 si cominciarono ad utilizzare aste filettate già con gli impianti a tavola rotary, oggi con le teste di rotazione idrauliche e le morse per svitare le aste filettate sono decisamente preferite per la rapidità di montaggio e manovra, per il diametro contenuto, per evitare i rischi di svitamento (come può accadere con i bulloni delle flange) nella perforazione di livelli duri o in roccia. La versione con doppio tubo rispetto alle canalette esterne è più robusta come profilo, presenta minori perdite di carico per l'aria compressa e minori rischi di intasamento dello stesso circuito dell'aria.

Le aste a doppio tubo si utilizzano per i primi m 100/120 di iniezione dell'aria, mentre la restante parte della batteria è sempre filettata con tubo singolo.

### ***Aria compressa con aste filettate e canaletta esterna.***

La tecnologia e le aste impiegate hanno tutti i vantaggi e le limitazioni sopra indicate, con un costo di costruzione delle aste più contenuto. Queste, nelle realizzazioni presenti sul mercato, sono poco efficienti per le perdite di carico considerevoli e l'elevato rischio di intasamento.

Sono apprezzate per la leggerezza, il diametro contenuto, l'investimento limitato.

### ***Aria con tubo di iniezione interno alle aste.***

Questa tecnologia consente di utilizzare aste meno ingombranti, ma l'operazione di cambio dell'asta risulta più lenta e disagiata. Inoltre il tubo interno riduce drasticamente la dimensione dei detriti di perforazione che possono risalire attraverso le aste, quindi penalizza la perforazione nei livelli che presentano ghiaie grossolane o argille plastiche.

Essa ha la possibilità di essere utilizzata abbinandola ad aste di qualsiasi tipo, anche se è consolidata la tendenza ad associare l'iniezione interna con aste specifiche, leggere, con diametri interno costante, quindi senza ricalcature.

### ***Pompa centrifuga autoadescente.***

Si sviluppò in Italia per iniziativa di un piccolo costruttore, Bignozzi, che applicò questa innovazione tecnologica per la costruzione dei pali di grande diametro. Il successo fu immediato perché l'uso della rotazione e del fango in luogo della percussione con tubi di rivestimento denunciò evidenti vantaggi economici. La tecnologia si basava sul principio della semplice aspirazione attraverso le aste con una pompa centrifuga autoadescente (Varisco), agevolata dalla condizione di eseguire fori a profondità limitata; la depressione reale di m 7-8 risultava quindi sufficiente a contrastare le perdite di carico e mantenere una buona efficienza del sistema. Inoltre la circolazione si ottiene anche a partire da pochi decimetri sotto il piano di campagna con un grande vantaggio nell'esecuzione dei pali. L'inconveniente maggiore era legato alla fase di adescamento della circolazione. Il successo fu effimero perché poco dopo cominciarono a diffondersi le tecnologie con asta telescopica, ben più affidabili e performanti sulle stesse profondità.

### ***Pompa di iniezione con effetto Venturi.***

È la tecnologia meno efficiente, si basa sull'effetto Venturi all'interno delle aste: una pompa centrifuga di prevalenza e portata elevata inietta attraverso uno o più ugelli creando la depressione sufficiente a sollevare il fango e innescare la circolazione. Il sistema ha però il vantaggio di poter essere applicato su tutte le tipologie di aste ed è operativo fino dal piano di campagna. Per questo motivo ha trovato una certa diffusione per la realizzazione dei pochi metri di avampozzo quando si utilizzano grandi diametri.

### ***Gli sviluppi più recenti***

Le diverse tecnologie basate sull'uso dell'aria compressa dominano lo scenario operativo della perforazione a circolazione inversa per la costruzione dei pozzi per acqua.

Gli affinamenti recenti sono rivolti principalmente a migliorare gli impatti sulle formazioni acquifere (per ottimizzare l'efficienza idraulica) e sull'ambiente (produzione dei rifiuti). Entrambi gli aspetti possono essere migliorati adottando i sistemi di confinamento meccanico della circolazione con vasche fuori suolo e minimizzando l'uso della bentonite o annullandolo completamente come può accadere nella maggioranza dei contesti alluvionali. La maggiore accuratezza delle tecnologie di sviluppo del pozzo completa il progresso tecnologico.

### ***Pompa con depressore e tubo dell'aria interno.***

Un costruttore italiano di macchine da perforazione ha

messo a punto una tecnologia particolarmente efficace per la realizzazione di pozzi di piccolo diametro (e non solo) anche con perforatrici particolarmente compatte. Il "pacchetto" prevede l'utilizzo di una pompa centrifuga dotata di un depressore in linea che ha la funzione di risolvere il problema delicato dell'adescamento e contemporaneamente migliorare l'efficienza. Le aste di perforazione risultano molto leggere e rapide nella manovra (risolto nel migliore dei modi dal costruttore con l'adozione di un ottimo manipolatore idraulico).

L'operatività è quindi molto efficace dal piano di campagna fino a diverse decine di metri di profondità. Oltre il sistema perde di efficacia: il costruttore propone quindi il passaggio all'aria compressa con l'introduzione di un piccolo tubo all'interno delle aste. Valgono le limitazioni sopra esposte ma la perforazione può avanzare molto in profondità.

### ***Tubo dell'aria interno per la perforazione in roccia.***

La necessità di perforare in roccia penetrando sotto il livello di falda per molte decine di metri determina due condizioni critiche da risolvere: pressione dell'aria compressa molto elevata per azionare il martello fondo-foro (fino alla necessità del buster) e problemi/costi importanti per la gestione delle acque di spurgo. Una soluzione che si dimostra molto efficace nella perforazione di rocce non particolarmente dure (come i calcari) è costituita dall'adottare la batteria convenzionale per la circolazione diretta, quindi con aste pesanti adeguate, e adattare la circolazione inversa con tubo di iniezione interno.

Naturalmente occorre aver raggiunto con altra tecnica una quota sotto battente sufficiente ad innescare la circolazione.

La granulometria comunque piccola dei cuttings di perforazione non penalizza la circolazione e consente di utilizzare le tradizionali aste con tool-joint e le aste pesanti convenzionali.

L'avanzamento diminuisce nettamente rispetto all'uso del martello, nelle stesse condizioni, ma scompare il problema della gestione delle acque di spurgo che negli acquiferi carbonatici ad elevata fessurazione risulta talvolta insormontabile.

### ***Martello fondo foro a circolazione inversa.***

La più recente per data di sviluppo è applicabile solo in rocce stabili.

Migliora sensibilmente i consumi energetici, dato che essi dipendono dall'assorbimento di energia del martello fondo foro e non dalla velocità di risalita, quindi dal diametro del foro. Conseguentemente al crescere del diametro di perforazione il risparmio energetico cresce quasi in modo esponenziale; attenuato solo dall'uso di martelli con corpo ridotto rispetto ai corrispondenti diametri nella composizione di batteria tradizionale. Questa tecnologia apre un orizzonte importante per la costruzione di pozzi con tubi di rivestimento molto grande, come spesso richiesto nell'uso acquedottistico.

Gli avanzamenti sono quindi assimilabili al martello fondo foro tradizionale, con la possibilità di risolvere il problema della gestione dell'acqua di spurgo fin dal suo rinvenimento. Per ottenere ciò si adotta un particolare sistema di valvole che consente di reimmettere l'acqua di spurgo in foro durante la perforazione (ho personalmente contribuito allo sviluppo di questo particolare tecnologico che non ha precedenti internazionali).