

## COSE' UN PALO TRIVELLATO?

### Contenuto:

Che cosa è un palo trivellato.

Utilizzo di un palo trivellato.

Vantaggi e svantaggi dei pali trivellati.

Un palo trivellato è un fondamento un foro profondo cui si aggiunge un'armatura d'acciaio e si riempie di calcestruzzo. Le strutture portanti possono essere sostenute da una grande varietà di fondazioni. La scelta del sistema di fondazione si riferisce generalmente; a diversi fattori, quali:

- > I carichi da applicare
- > I materiali del sottosuolo dell'opera da realizzare.
- > Esigenze particolari e speciali (alta capacità di portanza laterale, ecc )
- > Costo.

I pali trivellati hanno dimostrato di avere un costo d'esecuzione effettivo, eccellente; come sistema di fondazione profonda, è utilizzata in tutto il mondo. Tipicamente sono usati per ponti e grande strutture, in cui i principali fattori che li distinguono sono i carichi elevati che sopportano uniti alla loro resistenza laterale.

### Vantaggi

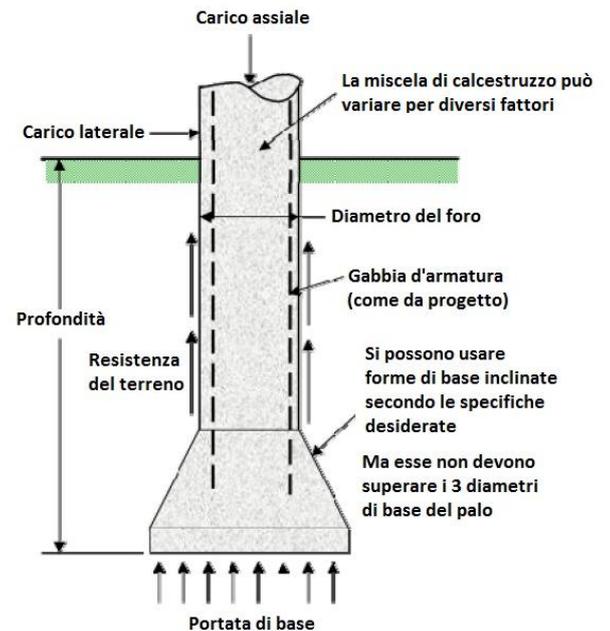
- > Economicità
- > Esigenze protezione palo Riduce al minimo
- > Riduzione del rumore e delle vibrazioni in fase di esecuzione
- > Facile adattabilità alle diverse condizioni del terreno da attraversare.
- > Ad alta portanza assiale e capacità di carico laterale-

### Svantaggi

- > Estremamente sensibile alle procedure di costruzione
- > Non adatto ai siti contaminati
- > Mancanza di esperienza dell'esecuzione
- > Mancanza d'ispettori qualificati, al controllo di tale tecnologia.

### Tipi di carico

- a) I pali trivellati possono essere progettati per carichi di punta; ciò significa che il carico è sostenuto dalla base del palo.
- b) Possono sostenere il carico per "attrito laterale" cioè divenire un tutt'uno con il materiale attraversato dalla trivellazione. Il sottosuolo imbratta il palo e lo "afferra" lateralmente, per intenderci: proprio come quando fate un passo nel fango e poi cercate di tirare fuori il piede.



## PALI TRIVELLATI TECNOLOGIA D'ESECUZIONE

### Contenuto

Questo capitolo contiene informazioni sui tre metodi di esecuzione dei pali trivellati.

> Palo a secco

> Palo in fango di sostentamento.

> Palo incamiciato.

Ciascuno di questi metodi è diverso e ha le proprie problematiche e di applicabilità. E' importante, comprendere bene, ciascuno di questi processi, per garantire e agevolare l'esecuzione dei pali.

### Che cosa è un palo a secco?

Il palo può essere scavato per la sua profondità senza la necessità di fango di sostentamento del foro o di essere protetto da un tubo di rivestimento ( "camicia" ) .

Il metodo di trivellazione a secco è usato in luoghi, dove il livello delle acque sotterranee e del suolo e le condizioni della roccia sono adatti a consentire l'esecuzione del foro di uno scavo relativamente secco e dove i lati e il fondo del palo, possono essere controllati visivamente dal personale prima di eseguire il riempimento di calcestruzzo.

Il metodo a secco è notevolmente il sistema meno costoso per l'esecuzione del palo trivellato.

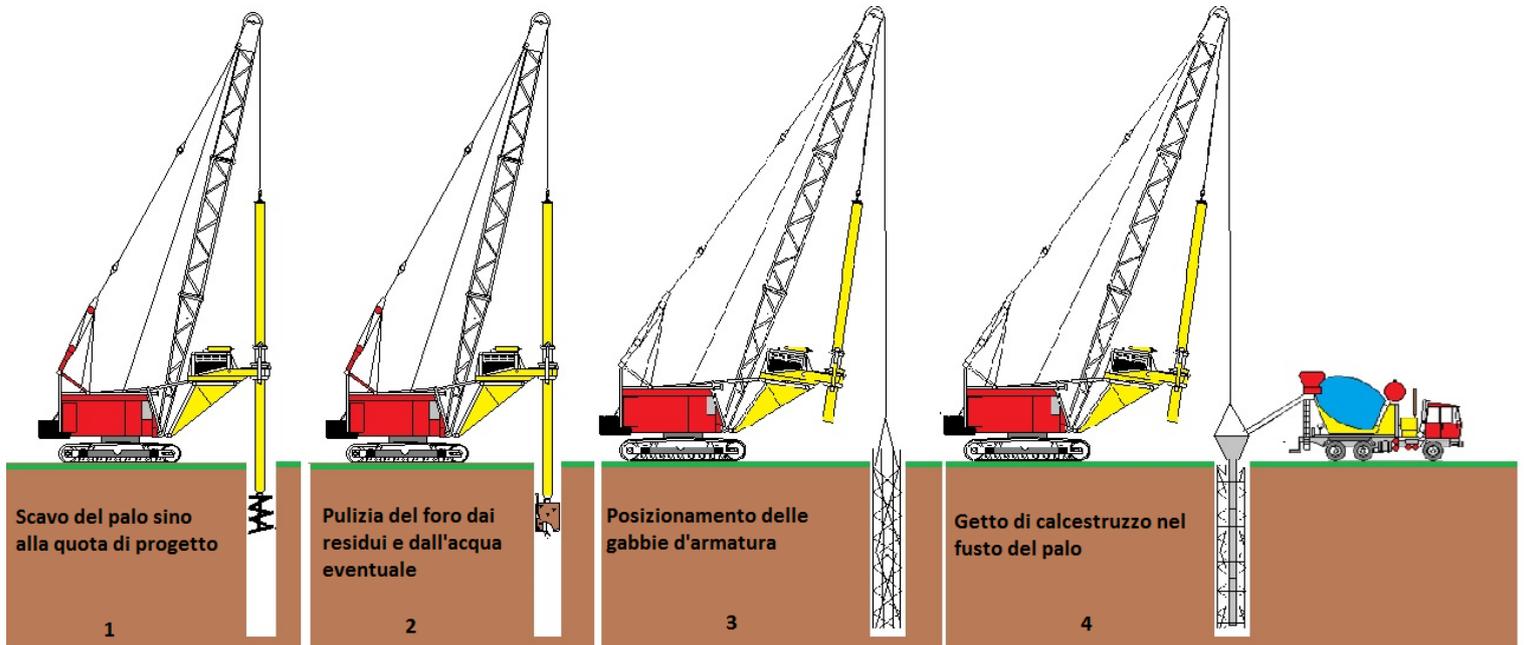
Le Imprese esecutrici curando la scelta e l'attrezzatura di perforazione, potranno eseguire pali asciutti anche in terreni e rocce dubbia qualità .

L'esecuzione del palo a secco è generalmente definita per regola dalla quantità d'accumulo di acqua entro un periodo, specificato d tempo. E può essere eseguito in condizioni di suolo relativamente asciutto poichè appunto il terreno e o la roccia mantengono le pareti del foro impedendone il collasso, come mostrato dalla fotografia.

Come si nota visivamente, si può agevolmente ispezionare il fondo del palo.



## ESECUZIONE DEL PALO A SECCO



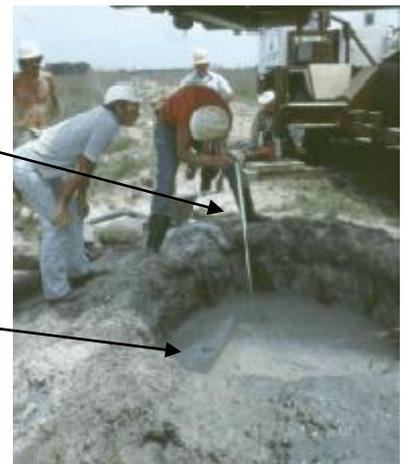
Il metodo consiste in: **1)** perforazione del palo, **2)** l'eliminazione del materiale sciolto di scavo, e dell'acqua accumulata: **3)** posizionamento della gabbia di armatura e **4)** riempimento del fusto del palo in uno scavo relativamente secco.

### Che cosa è un palo in fango?

E' la perforazione è effettuata utilizzando l'acqua, o un impasto d'acqua e un fango particolare che mantengono il foro stabile per tutta la profondità del palo.

Misurazione della profondità del palo in fango con un nastro metrico.

Nota: il fluido nel foro, rende impossibile l'ispezione visiva del fondo del palo, come nel caso a secco, visto in precedenza.



### Quando si scava in fango?

Quando uno scavo "a secco" non può essere eseguito.

Quando il terreno / roccia è instabile e si deforma o crolla ("frana").

Quando non possono essere rimossi né il materiale sciolto, né l'acqua accumulata durante la perforazione.

### Differenze tra trivellati in fango e a secco

In fango è più costoso

In fango richiede maggiore e comprovata esperienza dell'impresa esecutrice

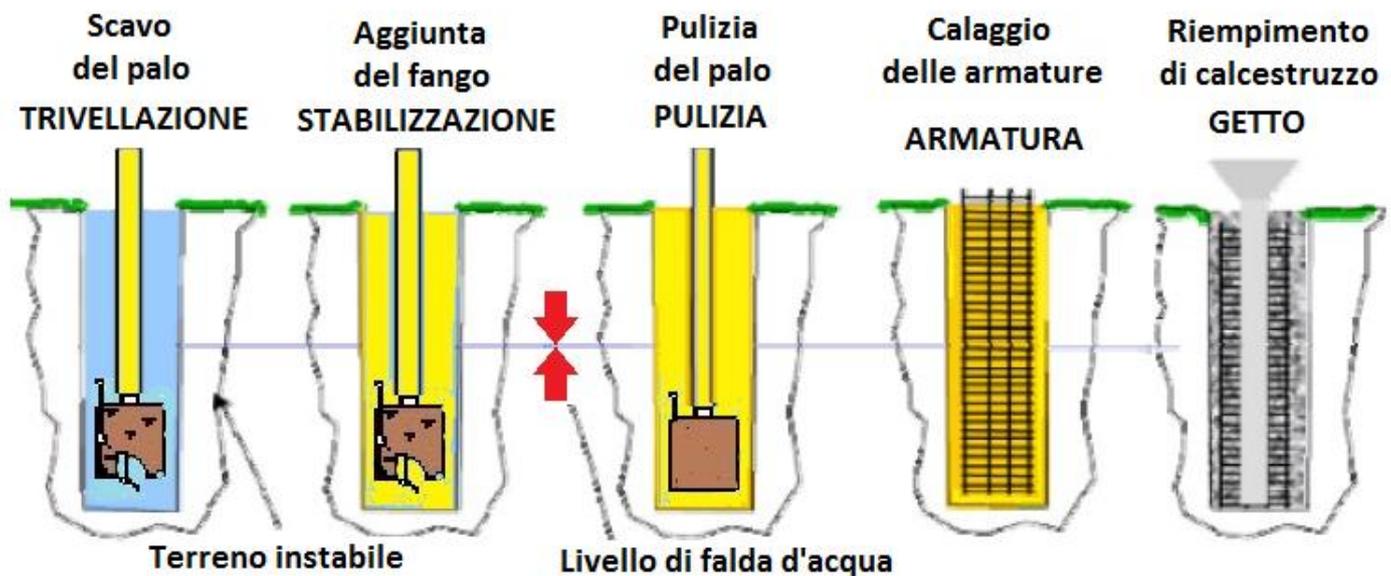
In fango richiede più attrezzature, e vi sono più di 30 cm d'acqua accumulata nel fondo del palo

Il fango ostacola l'ispezione visiva del fondo del palo all'operatore.

## ESECUZIONE DEL PALO IN FANGO

A differenza del sistema d'esecuzione a secco, in questa situazione la falda può trovarsi sopra la base del palo, o la terreno da attraversare è geologicamente instabile. Pensate che sia come tentare di scavare una buca in spiaggia o in un lago vicino al bordo dell'acqua. Il buco rimane aperto fino a raggiungere il livello di falda o linea di galleggiamento; poi crolla. Durante la perforazione del foro, un impasto formato da acqua e un additivo apposito che viene introdotto e mescolato ad essa e "stabilizza" i lati del foro. Altrimenti si installa un tubo che impedisce al terreno scavato di collassare nel foro.

Al raggiungimento della quota di progetto alla base del palo, il foro è pulito, quindi è inserita la gabbia d'armatura. A differenza del metodo a secco, il calcestruzzo è immesso "sotto l'acqua" e quindi necessario inserire nel foro una apposita tubazione, che lascerà scendere il calcestruzzo nel fusto del palo, dall'interno del tubo stesso evitandone il dilavamento. Tale tubazione detta anche "tremie pipe" sarà poi accuratamente rimossa un po' alla volta per evitare di "interrompere" la colonna di calcestruzzo posto in opera, nel fusto del palo.



## TIPOLOGIA ESECUTIVA DEI PALI IN FANGO

Ci sono due tipi d'esecuzione del palo in fango:

### Il processo statico

Il palo è trivellato sino al livello piezometrico di falda.

E' introdotto il fango stabilizzante

Il materiale è estratto dallo scavo fino a raggiungere la quota di progetto.

### Il processo di circolazione

Il palo è trivellato

Il livello del fango stabilizzante viene mantenuto a livello del terreno

Il materiale in movimento risale in superficie attraverso la circolazione del fango; esso è ripulito e reintrodotta nel foro in esecuzione.

## CHE COSA È IL FANGO STABILIZZANTE

### Che cosa fa il fango?

Mantiene la stabilità del foro prima del betonaggio.

Mentre il foro è aperto, mantiene alte le tensioni efficaci nel terreno. (ritarda l'allentamento e il collasso del foro)

Facilita la rimozione del materiale con il sistema a "Circolazione "

il fango è il fluido introdotto nello scavo per mantenere la stabilità del foro. In generale, tre tipi fondamentali di "fanghi", minerali, polimeri e acqua, sono impiegati nell'esecuzione di palo trivellato.

Anche se non è consigliabile,,in alcuni casi, è impiegato un impasto misto, composto di fanghi minerali e polimeri.

### Fluido minerale

Il fluido minerale è costituito da minerali argillosi naturali.

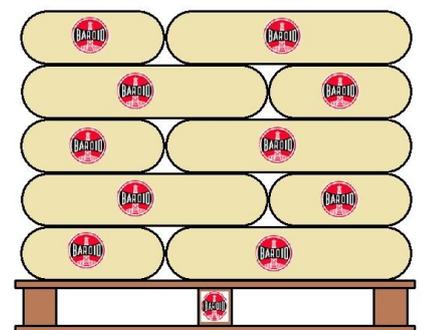
### Le argille minerali naturali sono: bentonite, attapulгите e sepiolite.

I fanghi bentonitici sono stati utilizzati con successo già a partire, dal 1960 nel Regno Unito per l'esecuzione di pali trivellati.

Occasionalmente sono utilizzate anche altre miscele di minerali argillosi in polvere in particolare attapulгите e sepiolite in soluzione salina al posto della bentonite. Tuttavia in presenza, di acque sotterranee di falda, è solitamente, la bentonite a costituire il fluido più comune utilizzato per il sostentamento del foro in esecuzione..

Quando è miscelato in modo corretto, con acqua, forma una sospensioni di particelle microscopiche solide all'interno l'acqua . Questa sospensione in sostanza, costituisce il fango di perforazione Quando la pressione del fluido all'interno del foro supera la pressione dell'acqua di falda in una formazione permeabile (ad esempio , uno strato di sabbia ) , il fango stabilizzante penetra la formazione e deposita le particelle di argilla in sospensione sulla superficie del foro , formando in effetti una membrana , " **mud cake** " che aiuta a mantenere la stabilità nelle pareti del palo .

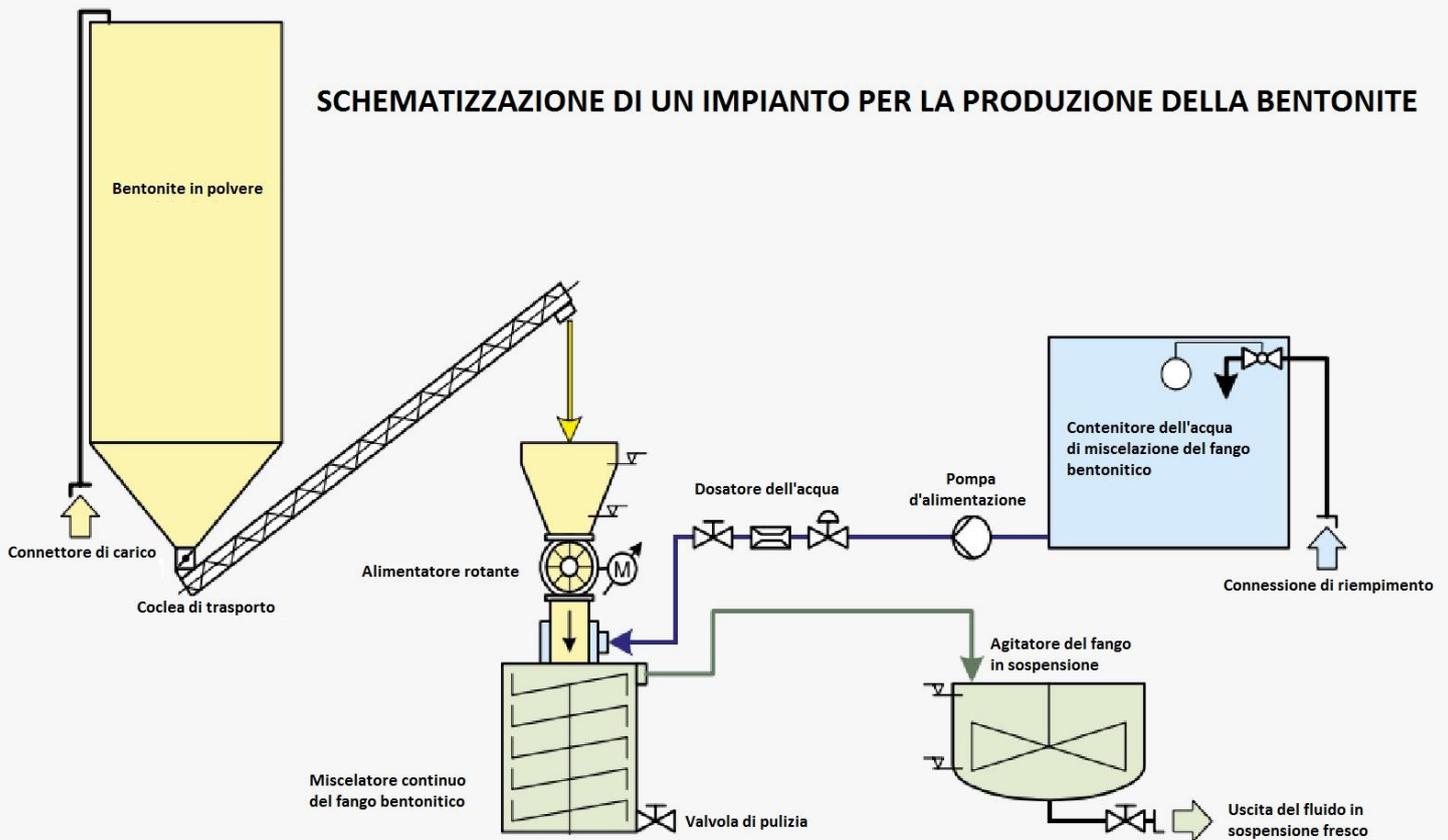
Il disegno mostra la bentonite (in sacchi ) che si aggiunge all'impianto di miscelazione.



Generalmente quando il cantiere è di grandi dimensioni si organizza un vero e proprio impianto automatico per la produzione e lo stoccaggio della bentonite che per sua natura ha bisogno di idratarsi restando a riposo per almeno 24 ore dalla sua preparazione. In parole povere si deve lasciare ferma come si fa con i “fagioli” che lasciamo in acqua prima di prepararli lasciandoli “gonfiare”, questo in pratica succede alla polvere di bentonite che riempiendo le proprie molecole d’acqua si gonfia dando il via così alla sua proprietà “tixotropia” che trattiene, durante lo scavo il materiale fine in sospensione oltre che a creare il “**cake**” (crema o gel), il quale aggregandosi al terreno crea una intercapedine che protegge lo scavo.

Nel disegno in basso è rappresentato un impianto per la produzione del fluido bentonitico.

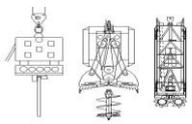
### SCHEMATIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DELLA BENTONITE



### FANGO POLIMERICO

I polimeri sono fanghi chimici semi-sintetici o totalmente sintetici.

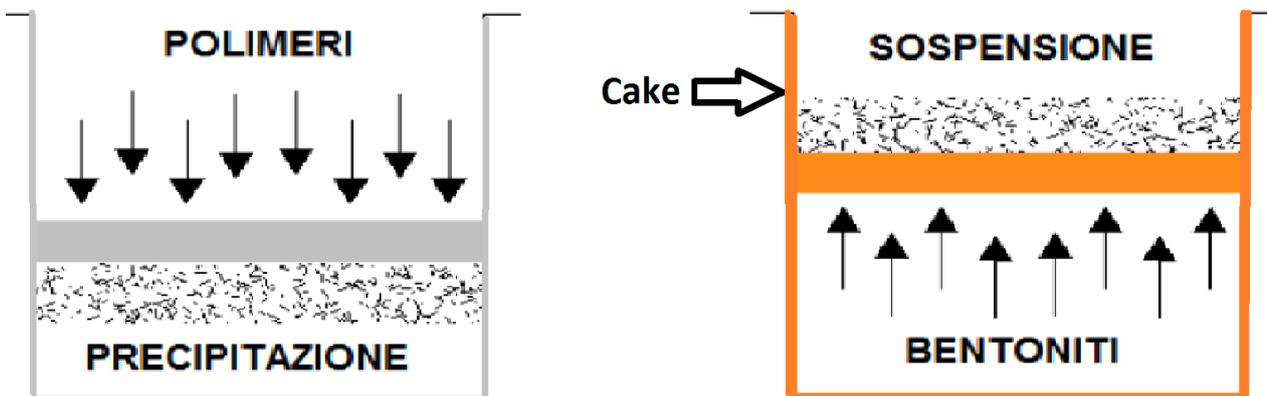
I fanghi di perforazione chiamati polimeri, sono costituiti da miscele di sostanze chimiche e acqua potabile. I polimeri sono spesso, utilizzati preferendoli alla bentonite in trivellazioni di palii di terreni che contengono notevoli quantità d’argilla o a base argillosa e in rocce perché i fanghi bentonitici hanno la tendenza a erodere le rocce a base argillosa e possono produrre di conseguenza ingrandimenti e instabilità al foro in esecuzione. I fanghi polimerici inoltre, richiedono meno tempo prima dell’utilizzo rispetto alla bentonite e possono essere smaltiti facilmente e più a buon mercato. È importante che i polimeri restino fuori contatto dal cemento durante le operazioni di trivellazione poiché gli additivi chimici contenuti in esso tendono ad agglomerare il polimero rendendolo inefficace.



## Acqua

L'acqua è usata in alcuni terreni come fluido di perforazione, al posto dei fanghi minerali o polimerici. In certe condizioni geologiche, infatti, l'acqua combinandosi con i materiali del sottosuolo presenti in natura durante la trivellazione, dato il movimento dell'utensile di scavo crea un vero e proprio fango simile e utile alla funzione di sostentamento della perforazione. Generalmente tuttavia l'uso di acqua deve essere approvato dai tecnici di cantiere che hanno l'esperienza necessaria a evitare rischi di inclusioni o franamenti di materiale nella perforazione. Un errore commesso spesso è che, poiché si utilizza acqua, non si ritiene necessario eseguire i test di stabilità e proprietà del fluido di trivellazione, nonostante le specifiche di lavorazione dicono chiaramente che sia pure utilizzando l'acqua, essa debba soddisfare alcune proprietà del fango ottenuto e l'unico modo per determinare i valori specifici delle proprietà è quello di eseguire i test specifici. In alcuni casi, è perciò consigliato, per evitare problemi, l'utilizzo di un impasto misto, composto da bentoniti o polimeri aggiunti all'acqua.

## CONSIDERAZIONI PRATICHE SUI FANGHI DI SOSTENTAMENTO.



## I POLIMERI

Il gel (o meglio la “ragnatela”, data la sua composizione molecolare) creato dai polimeri abbassa la sabbia e i materiali fini quando è lasciato fermo dopo l'esecuzione dello scavo. E' quindi buona regola, prima di iniziare la posa in opera delle gabbie d'armatura attendere circa 15 – 20 minuti e ripulire lo scavo lasciato in precedenza, in questo lasso di tempo il gel decantando porterà sul fondo: la sabbia, i materiali fini e la sporcizia presente nel foro. Si avrà così uno scavo pulito da ogni residuo. Inoltre è importante ricordare di non estrarre tutto il fluido dallo scavo specialmente quando si sta per terminare il getto di calcestruzzo perché altrimenti si immetterà nelle tubazioni di pompaggio e quindi alla vasche di contenimento un fango sporco di malta cementizia che potrebbe alterare la sospensione dei polimeri e renderli quindi inefficaci all'uso successivo. Ricordarsi che un'eccessiva presenza di cloro nell'acqua di preparazione del fluido ne abbatte l'efficacia. Bisogna tener presente oltretutto che il polimero non aumenta il carico nel fango di perforazione e quindi va usato in terreni mediamente facili. Per intenderci dove si potrebbe scavare anche solo in presenza d'acqua.

## Smaltimento

E' sicuramente meno dispendioso della bentonite, basti pensare che aggiungendo la semplice **“CANDEGGINA”** L'**ipoclorito di sodio** è il sale di [sodio](#) dell'[acido ipocloroso](#). La sua [formula chimica](#) è NaClO. il polimero si discioglie rapidamente divenendo praticamente acqua, risulterà perciò semplice smaltirlo.

## LA BENTONITE

Se ha la densità giusta, mantiene in sospensione il materiale fine durante lo scavo e la successiva posa in opera delle gabbie d'armatura. Prima di iniziare la fase di getto usando il dissabbiatore si avrà una sufficiente pulizia del fango poiché appunto la densità della bentonite è sufficiente a mantenerlo in sospensione e dunque a trasportare all'esterno i materiali presenti nella sospensione del fluido. Al contrario se si ha un'insufficiente qualità della sospensione: il dissabbiatore non funziona o vaglia male i detriti riportati dallo scavo. Oltretutto, ed è la cosa più importante durante l'esecuzione del getto la sabbia che in questo modo si deposita sul fondo dello scavo, può mescolarsi facilmente alla massa di calcestruzzo e dar luogo a sacche di calcestruzzo flocculato (particolarmente magro) e in special modo nei pannelli si avranno queste bozze di sabbia in prossimità dei giunti che ne pregiudicheranno l'effettiva funzionalità. La bentonite già di per sé aumenta il carico idrostatico durante la perforazione e il cake creato aiuta molto il sostegno delle pareti del foro. Per contro deve essere sostituita con fango fresco quando rimane ferma per molto tempo, poiché il gel creato pregiudicherà la buona riuscita del getto, specialmente se sono state inserite le gabbie d'armatura, perché si "aggrapperà" alle stesse rendendo pressoché inefficace la presa del calcestruzzo.

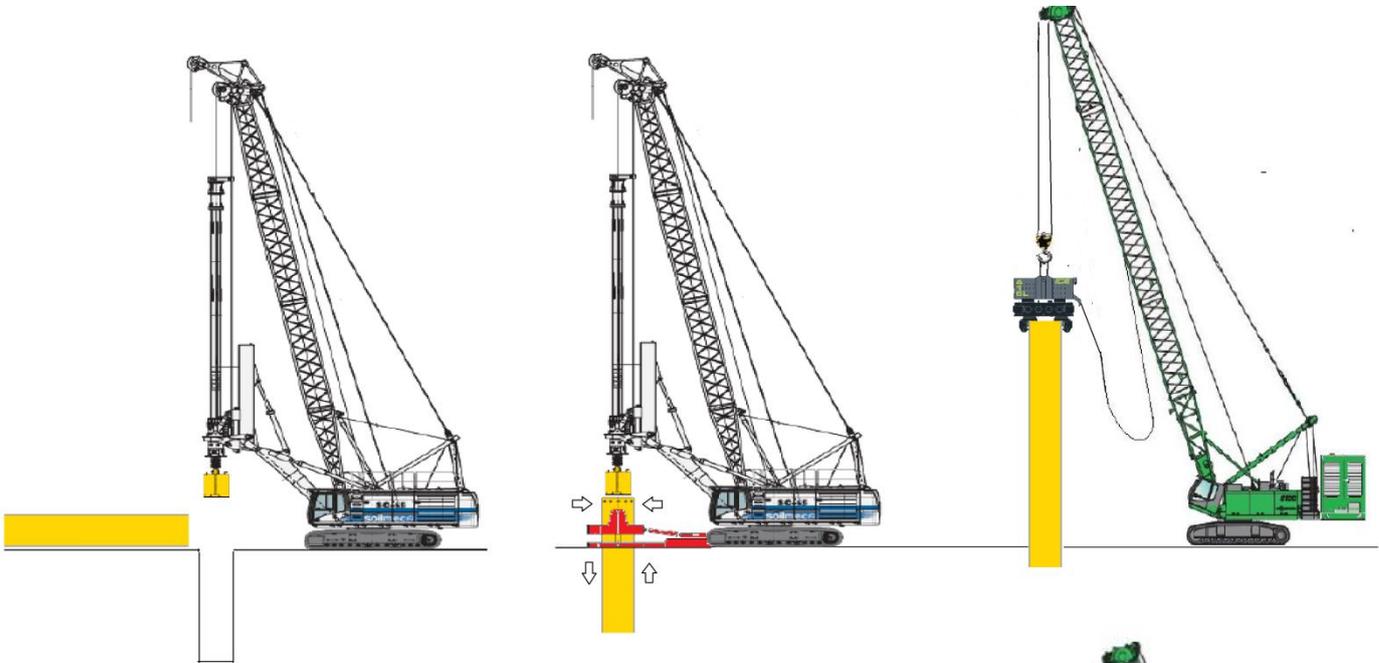
### Smaltimento

E' sicuramente dispendioso lo smaltimento della bentonite, in quanto il cake (gel) se immesso in mare ad esempio potrebbe arrecare seri danni alla fauna marina appunto. Per questo motivo ha bisogno di appositi siti di smaltimento. Ultimamente, però si sono sparse nuove voci sulla tossicità della bentonite; ebbene la bentonite è un materiale naturale d'origine vulcanica, tra i suoi impieghi vi è anche quello di filtrante per il vino, o parte di mangimi per animali da ingrasso, da qui è chiaro che non è la bentonite ad essere tossica o inquinante ma lo è in quanto come materiale di mantenimento della perforazione date le sue caratteristiche diventa veicolo di trasporto dei materiali attraversati. Se sarà utilizzata per perforazioni petrolifere, chiaramente porterà all'esterno residui oleosi e perciò inquinanti. Per intenderci: qualcuno sfrutta la poca conoscenza generalizzata per trarne profitto.

### CHE COSA È UN PALO RIVESTITO “INCAMICIATO” ?

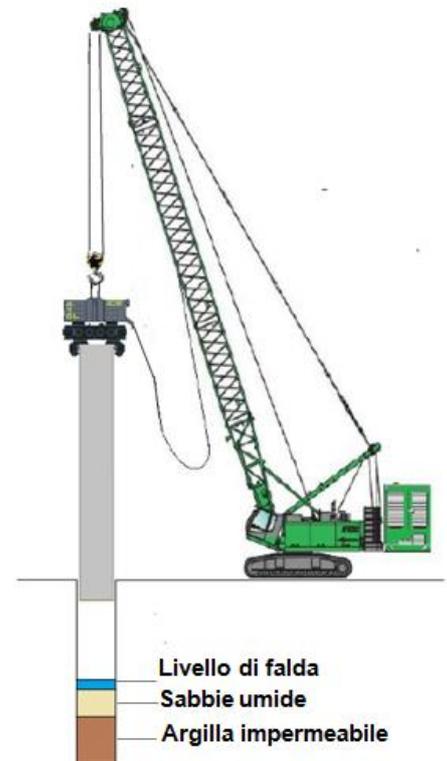
Il metodo di rivestimento della parete da perforare è utilizzato in cantieri dove i metodi di perforazione tradizionali sono inadeguati a prevenire l'eccessiva deformazione dei foro o addirittura il collasso del materiale e la chiusura del palo in esecuzione. Con questo sistema l'involucro di rivestimento può essere collocato in un palo preforato o avanzare attraverso il terreno ruotando, un'apposita morsa o infiggendolo con un vibratore per poi essere scavato fino alla quota di progetto. Involucri e rivestimenti svolgono un ruolo importante nell'esecuzione dei pali trivellati e deve quindi essere posta particolare attenzione alla loro selezione e utilizzo.

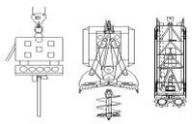
I rivestimenti del palo possono diventare importante in alcune situazioni, perciò i tubi sono di solito in acciaio, e uniti, se necessario, mediante saldatura o con apposite “cravatte” per raggiungere e ottenere la protezione allo scavo sino alla quota desiderata. In taluni casi sono leggeri e diventano parte integrante della fondazione sono cioè **“a perdere”** e possono essere perciò realizzati in lamiera, plastica, o fibre composite pressate.



### Situazioni comuni in cui è utilizzato il rivestimento sono:

In terreni generalmente secchi o scogli che sono stabili quando sono tagliati, ma che mutano subito dopo. In tal caso, il foro è perforato, e viene rapidamente inserito il rivestimento (un semplice tubo in acciaio) per evitare il collasso del terreno. Come mostrato nel disegno in basso, quando c'è una sabbia pulita sotto la falda alla base di uno strato di calcare impermeabile o argilla a bassa permeabilità in cui il palo penetrerà. In questo caso, poiché la sabbia sovrastante è in pratica come un cuscinetto d'acqua, è necessario sigillare il fondo del rivestimento inserendolo nella roccia / terreno sottostante per impedire la fuoriuscita dell'acqua e il collasso del terreno nello scavo;





## TIPI DI RIVESTIMENTO:

### Rivestimento temporaneo

Il rivestimento temporaneo è utilizzato per mantenere i lati del palo e poter eseguire le operazioni di posa delle armature e del calcestruzzo. Rimane infisso fino a quando il calcestruzzo è stato versato ad un livello sufficiente per resistere pressioni delle acque sotterranee e del terreno; è rimosso al termine del getto di calcestruzzo. Appena è sollevato, si rabocca con altro calcestruzzo per sopperire allo sfido dello spessore del tubo. In seguito, al termine del getto sarà la pressione della massa di calcestruzzo immesso, a fornire la stabilità al palo.

### Rivestimento permanente

L'uso del rivestimento permanente è implicito nel suo stesso nome, la parete del tubo inserito, rimane e diventa parte permanente della fondazione. Un esempio dell'uso di rivestimento permanente è quando un palo trivellato deve essere perforato attraverso l'acqua e la porzione sporgente della "camicia" è usata come guida. Quando si lavora sull'acqua vera e propria (ad esempio in mare, o su un fiume) si inserisce spesso il rivestimento in un'apposita dima che è posta in posizione di riferimento dai topografi e determina l'esatta posizione di trivellazione del palo da eseguire. Con appropriati accorgimenti è inserito, mantenendo la verticalità e la coassialità rispetto ai riferimenti del cantiere, a un livello tale da consentire l'aggiunta delle tubazioni di pompaggio del fluido stabilizzante di perforazione. In seguito con l'aggiunta delle attrezzature di sicurezza si porrà l'armatura e si riempirà il palo di calcestruzzo..

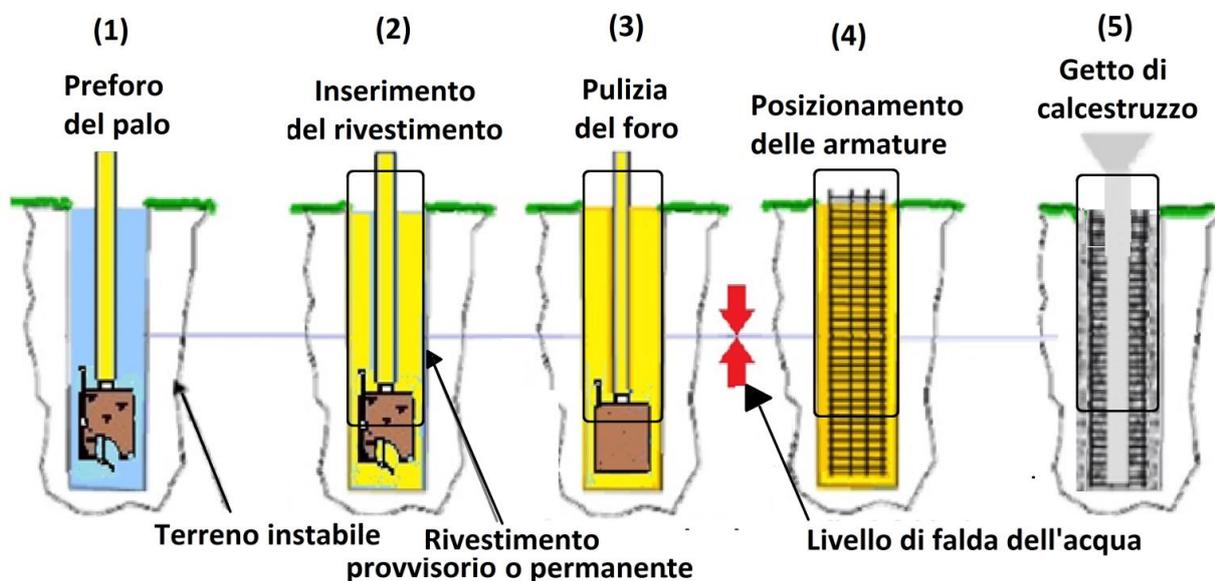
### Palo trivellato con rivestimento - Metodologia d'esecuzione

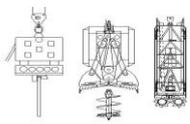
Pre scavo del palo e installazione del rivestimento in terreni instabili, la perforazione continua fino alla profondità desiderata, con l'eventuale aggiunta di fluidi di perforazione.

Pulizia del foro e rimozione del materiale depositato durante lo scavo

Disposizione delle armature nel fusto del palo,

Getto del calcestruzzo. Se il rivestimento è temporaneo, si solleverà lentamente rabboccando il livello di calcestruzzo del foro.





## ATTREZZATURE E UTENSILI PER PALI TRIVELLATI

### Contenuto

Questa parte del manuale contiene informazioni sulle varie tipologie d'attrezzature e strumenti utilizzati per l'esecuzione di pali trivellati.

E' veramente importante per il tecnico nel cantiere di pali trivellati conosca i vari tipi di strumenti utilizzati nell'esecuzione dei pali. Anche se non ha la diretta responsabilità per accettare o rifiutare le attrezzature e gli strumenti, con i quali dovrà operare, deve comunque essere in grado di identificare questi elementi per documentare il rapporto giornaliero delle lavorazioni eseguite.

L'attrezzatura per la lavorazione del palo trivellato è tipicamente divisa in due categorie:

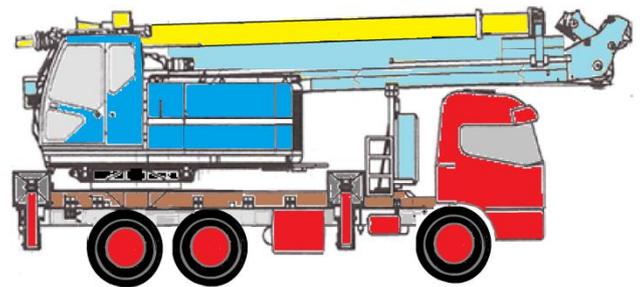
macchine perforatrici e utensili di perforazione.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di ciascuna tipologia..

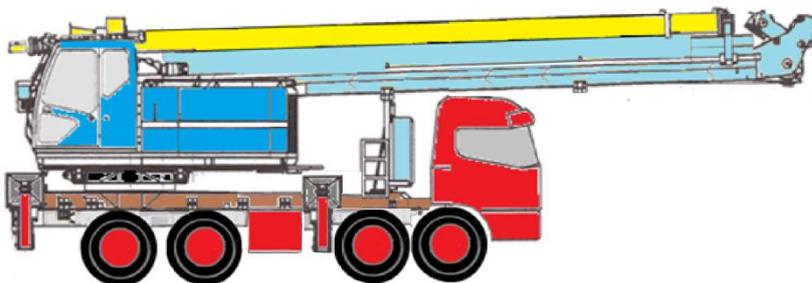
Le macchine operatrici per la maggior parte, sono tutte sostanzialmente la stesse, indipendentemente dalle dimensioni del palo come illustrato e descritto di seguito.

### Perforatrice autocarrata

Queste attrezzature sono utilizzate solitamente per pali di piccole dimensioni in cantieri con piccole quantità di pali da eseguire. In genere queste macchine scavano pali, fino (1500 mm) di diametro a profondità dell'ordine (10 a 30 metri)



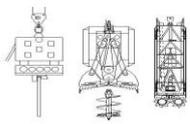
Perforatrice auocarrata



Perforatrice auocarrata

Altri Impianti di trivellazione sono invece montati su mezzi pesanti, e hanno capacità maggiori rispetto alla piattaforme, autocarrate. Questi in genere hanno due assi all'anteriore e aste telescopiche, di maggiore dimensione e lunghezza consentendo una maggiore profondità di foratura. In genere questi impianti sono in grado di eseguire pali fino a un diametro di (3000 mm) a profondità che vanno da (da 25 a 65 m).

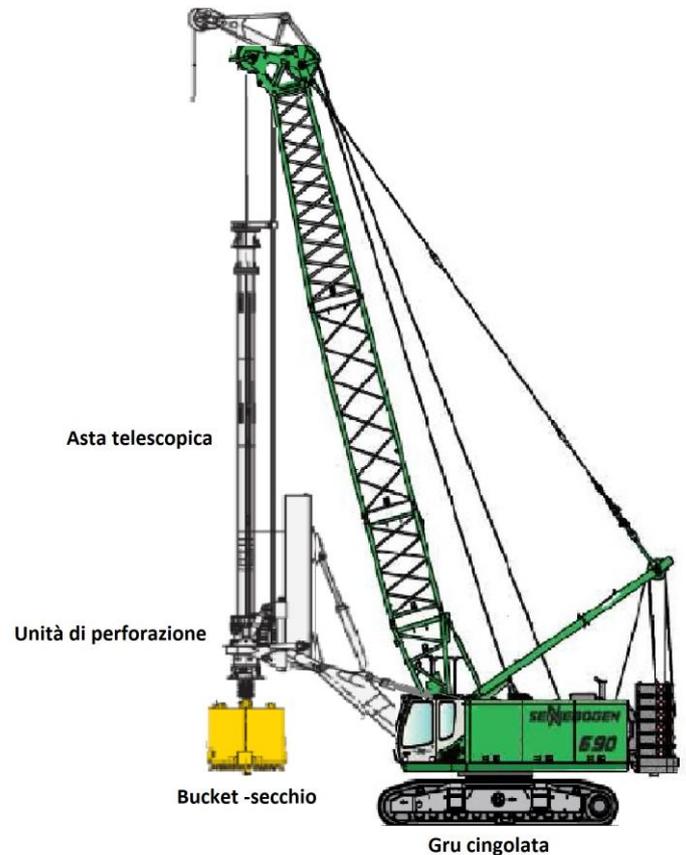
Entrambe sono comunque molto pratiche e non hanno bisogno di particolari permessi per gli spostamenti tra un cantiere e l'altro, Data la loro facilità di mobilitazione, spesso utilizzate per la perforazione di pozzi artesiani, dove la falda acquifera si trova in una, zona abbastanza superficiale del terreno: rendendo queste trivellatrici particolarmente efficienti.



### ATTREZZATURA DI TRIVELLAZIONE MONTATA SU GRU.

Per i pali di grande diametro e più profondi, sono utilizzate perforatrici montate su gru. L'unità è collegata alla gru utilizzando un "ponte", detto in gergo "tavola rotary" che prevede a fornire la coppia di torsione alle aste telescopiche movimentate dall'argano della gru stessa.

L'attrezzatura può essere provvista di un motore diesel autonomo e di un trasmettitore di coppia o idraulica e la forza necessaria gli è fornita direttamente da una pompa idraulica della gru. Generalmente con queste macchine si possono forare pali fino a un diametro di (3500 mm) per una profondità fino (85 - 90 m)



**Perforatrice Idraulica  
automontante**

Negli ultimi anni il continuo miglioramento della tecnologia ha portato alla ribalta le macchine "Idrauliche auto montanti". molto più semplici per utilizzo e assemblaggio, con capacità di perforazione simile se non addirittura superiori alle perforatrici tradizionali su gru. Queste perforatrici hanno anche il vantaggio di poter operare in aree molto ristrette, ed essendo auto livellanti non hanno, il particolare bisogno di un piano di lavoro perfettamente livellato come nel caso delle perforatrici "tradizionali".

## UTENSILI PER PALI TRIVELLATI

Ci sono una varietà di utensili a disposizione dei tecnici durante l'esecuzione dei pali trivellati. Esso comprende trivelle, bucket (secchio), carotieri, rivestimenti e utensili per la pulizia del foro.

Il contraente è quindi attrezzato per qualsiasi condizione di progetto. Indipendentemente da quanto sia potente l'attrezzatura, a disposizione se si usa l'utensile sbagliato o di scarsa qualità, i risultati che si ottengono non sono come previsto. Il tecnico di cantiere deve essere in grado di identificare questi strumenti per documentare nel rapporto di produzione giornaliero e prendere le decisioni giuste riguardo all'attrezzatura da utilizzare.

Gli utensili per l'esecuzione dei pali trivellati sono sostanzialmente suddivisi nelle seguenti categorie:

## TRIVELLE BUCKET CAROTIERI

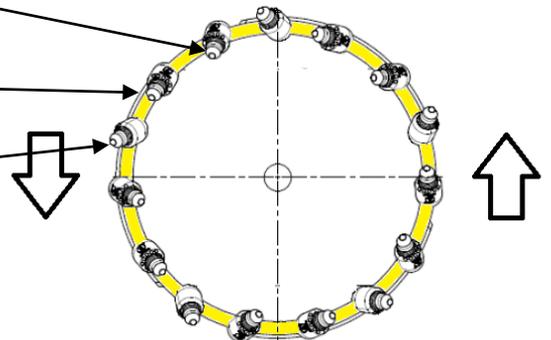


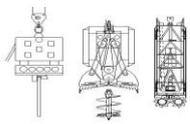
Gli utensili usati per la perforazione (scavo) del palo (foro) e possono essere sia trivelle o barili "bucket" (secchio). In genere le trivelle si utilizzano per il terreno e le rocce compatte mentre i bucket prevalentemente nelle rocce e nelle stratificazioni di terreno umido o in presenza d'acqua perché la coclea della trivella in tali condizioni non trattiene il materiale nelle spirali. In presenza di materiale roccioso o di trovanti saranno invece utilizzati i carotieri che eseguono un vero e proprio taglio dello strato roccioso e sono costituiti principalmente da veri e propri cilindri di acciaio dotati di denti a pallottola i "bit" (che significa punta), intercambiabili all'occorrenza per usura. Ed in particolari terreni rocciosi si utilizzano i carotieri con i così detti "roller bit" che sono veri e propri rulli taglienti. La cosa importante è la disposizione degli stessi che deve prevedere un'alternanza di denti.

1) Una rivolta all'interno del fusto (la quale taglia il materiale)

2) Una verso il centro che apre la strada al taglio

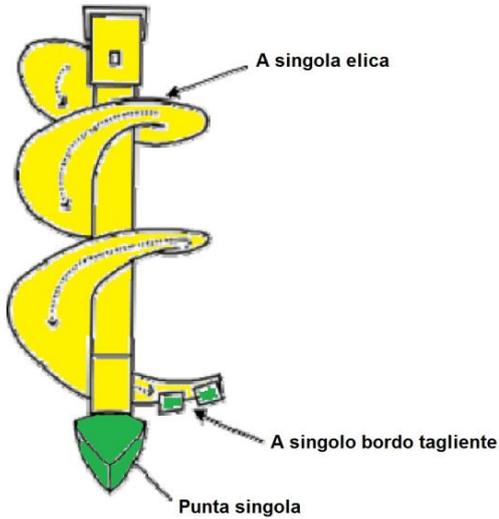
3) e una all'esterno che libera il carotiere stesso.



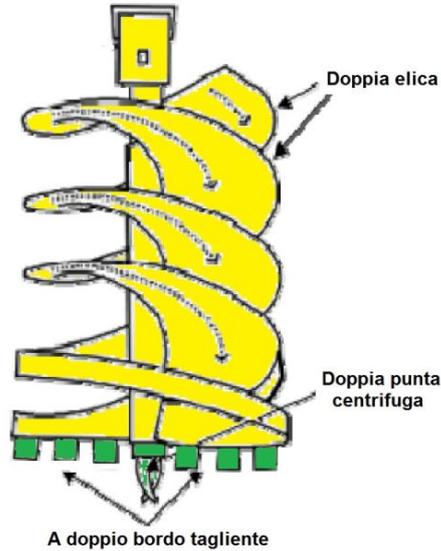


## TRIVELLE

TRIVELLA A SINGOLO PRINCIPIO

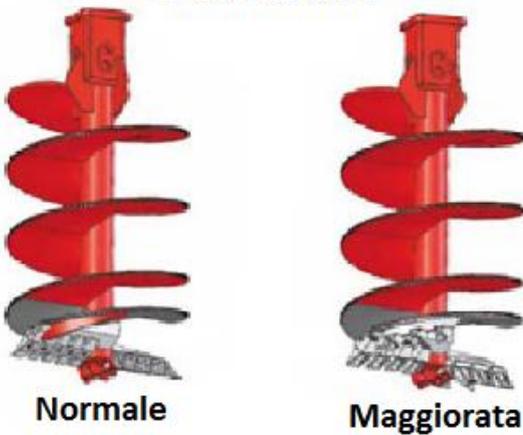


TRIVELLA A DOPPIO PRINCIPIO



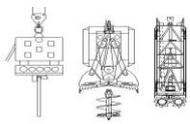
\* Le trivelle a singolo principio sono più indicate quando si esegue la perforazione "incamiciata" dove cioè dove non è necessario il controllo della verticalità del foro che è mantenuto dal rivestimento. Al contrario è indicata la trivella a doppio principio quando si lavora nel terreno direttamente ed è importante il controllo della verticalità del foro.

### Eliche da terra

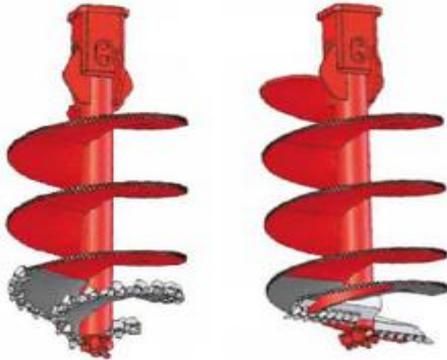


### Trivelle, da terra

Come quelle mostrate qui a lato, sono utilizzate in sabbie e terreni grossolani. In genere sono costruite di materiale a peso leggero.



## Eliche da roccia



**A singolo  
principio**

**A doppio  
principio**

### Trivelle da roccia

Come quella mostrata di fianco, sono utilizzate in formazioni di roccia da morbida, media e dura. Sono costruite in materiale più pesante rispetto alle trivelle da terra e hanno una forma geometrica generalmente conica. Per il taglio, del terreno roccioso piuttosto che i denti piatti, le trivelle sono munite di denti a pallottola sostituibili.

\* Vale lo stesso discorso fatto in precedenza sulle eliche a 1 o 2 principi.

Le trivelle a singolo principio sono più indicate quando si esegue la perforazione "incamiciata" dove cioè dove non è necessario il controllo della verticalità del foro che è mantenuto dal rivestimento.

Al contrario è indicata la trivella a doppio principio quando si lavora nel terreno direttamente ed è importante il controllo della verticalità del foro.

Le trivelle raccolgono il materiale, e al raggiungimento di penetrazione uguale alla lunghezza dell'utensile, si ritira dal foro, il materiale è rimosso dalla velocità di rotazione contraria, e il processo avviato di nuovo.

## BUCKET

Senza scomodarsi troppo a pensare queste sono le regole dettate e scritte, già da molto tempo a proposito dei “**bucket**” che semplicemente tradotto dall’inglese in italiano significa secchio o cesto.

Ebbene dobbiamo sapere che tutto è già stato pensato e provato, a partire, dagli anni 60, quando tra l’altro non si avevano a disposizione le potenze di torsione delle perforatrici “**rotary**” che abbiamo oggi in cantiere e si era per forza di cose costretti a studiare bene la funzione e la forma più adeguata degli utensili di scavo per ottenere il risultato dovuto.

In un vecchio testo redatto dall’ufficio tecnico:

**RODIO**

Da tutti riconosciuta come una delle imprese di fondazioni speciali più tecnicamente preparata del settore, si trovava scritto e virgolettato:

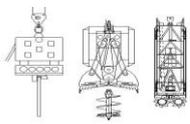
“L’utensile di scavo non deve disturbare il palo e deve essere munito di apposite lame alesatrici sul fondo. Ciò evita l’effetto di sifonamento durante la risalita dal foro”

Va da se che **DISTURBARE IL PALO** non significa **PARLARE A BOCCA FORO**, ma utilizzare utensili non idonei al terreno da attraversare molestando il suolo nel fusto del palo. Ritardando, l’esecuzione della perforazione, e oltretutto, inquinando i fluidi di perforazione attraverso un’eccessiva e inutile rotazione degli utensili.

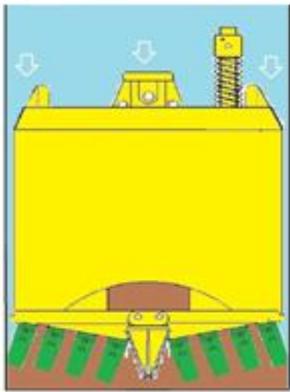
Se prendiamo come esempio un **bucket tradizionale** come quello rappresentato nella figura sottostante vediamo che per come è costruito funziona esattamente come una semplice punta da muro, le sue lame alesatrici libereranno l’utensile durante la risalita dal foro. Sarà evitata l’azione di sifonamento perché le lame creano di fatto uno spazio, tra il fusto del palo e l’utensile lasciando scorrere il fluido di sostentamento.



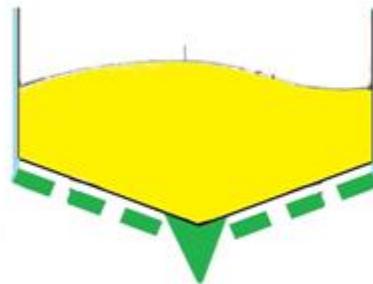
Questo spiega l’utilità degli allargatori e perché le punte da muro ne siano provviste, essi creano il vuoto necessario alla rimozione, poichè altrimenti l’utensile nell’impasto di polvere creato dalla perforazione, si bloccherebbe.



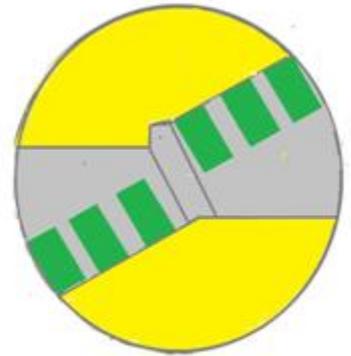
Qui invece è rappresentato il **bucket** a fondo **CONICO** che, di fatto, funziona come una punta da ferro, cioè tendenzialmente il principio è buono tutti i denti lavorano allo stesso modo in modo ellittico verso il centro e aiutano a mantenere la verticalità dello scavo; ma se non si provvede a munirlo degli alesatori di fondo esso sforzerà per tutta la sua altezza sia durante la discesa sia durante la risalita poiché di fatto il terreno ha sempre un vero e proprio “ritorno elastico”. L’assenza degli alesatori inoltre impedisce durante la perforazione di creare lo spazio necessario all’utensile tra se stesso e il fusto del palo creando l’effetto di sifonamento durante l’estrazione,



Punta da ferro



A fondo conico



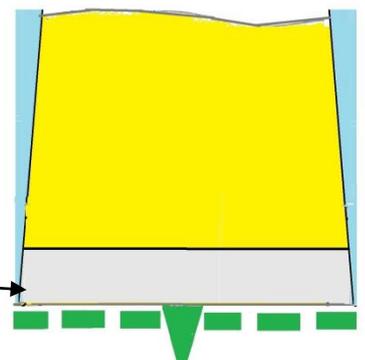
Qui si trova la dimostrazione che la punta da ferro che dovrebbe in teoria forare tranquillamente un materiale più duro della pietra si bloccherà sia in perforazione sia in estrazione perché la sua forma impedisce la creazione del vuoto necessario al movimento dell’utensile.

Un altro mito da sfatare è l’utilizzo del **bucket a “fusto” conico**,

Da non confondere con il precedente a **“fondo” conico**.

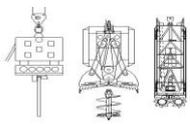
In questo caso l’utensile lavora solamente nella parte inferiore come evidenziato dal disegno a lato e diventa molto difficoltoso il mantenimento della verticalità della perforazione,

Anche questo tipo di utensile soffre data la sua forma della mancanza di spazio tra il fusto del palo e se stesso..



Bucket a forma conica

Al contrario può essere utilizzato per “passare” ad esempio tra i fusti di due pali accostati dove sia compromessa la verticalità e il bucket a forma cilindrica sforzi a passare



Diciamo che un buon bucket ha una forma cilindrica: cosi' mantiene l'attrito sulla parete per tutta la sua altezza, ha degli allargatori di fondo adeguati on un'apertura di circa 8 centimetri per lato che lo aiutano a creare lo spazio tra se stesso e il fusto del palo durante lo scavo.

**Esempio: Bucket diametro 1500**

**(fusto 1300 + (80+80 mm di allargatore) =1496 mm**

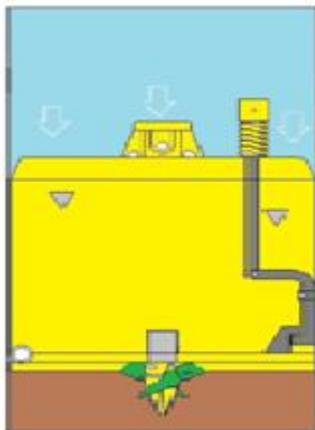
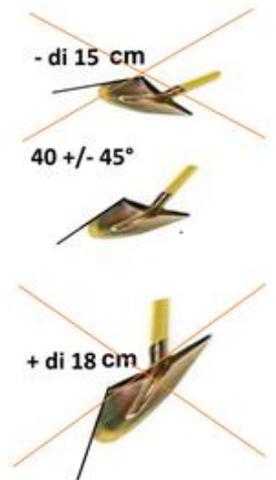
**Con la rotazione dell'utensile si arriva a 1500 richiesti.**

Eventualmente ha il fondo conico in modo tale che la forma ellittica che crea durante la perforazione del palo aiuta il mantenimento della verticalità.

È molto importante conoscere l'inclinazione corretta dei denti che si aggira intorno ai  $40 \pm 45$  gradi,

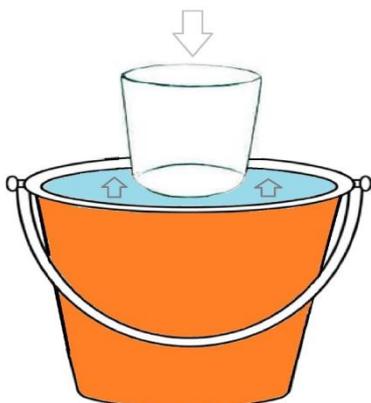
Se noi immaginiamo di avere tra le mani una pala e di dover caricare del materiale ci accorgiamo immediatamente che un'inclinazione sbagliata ci fa fare fatica inutilmente senza ottenere il risultato voluto. La figura a lato rende sicuramente l'idea di ciò che si intende dire: è sempre comunque meglio partendo da questi spunti provare sempre ad ottimizzare l'attrezzatura di scavo in modo da ottenere un buon risultato in termini di produttività.

## BUCKET



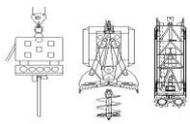
Bucket a doppio fondo tradizionale

Ancora una volta il problema del sifonamento durante la perforazione lo ritroviamo addirittura aumentato quando utilizziamo un **utensile a doppio fondo**; data la sua forma; non crea uno spazio sufficiente tra se e il fusto del palo e ci ritroviamo nuovamente di fronte al problema del sifonamento, con tutto quello che comporta,



Pressione esercitata dal bucket

Tale effetto ricorrente si spiega bene se noi ipotizziamo di dover far entrare un bicchiere a rovescio in un secchio d'acqua ... è elementare accorgersi dello sforzo che facciamo per spingere il bicchiere. Ed è questo esattamente ciò che succede alla perforatrice durante lo scavo,

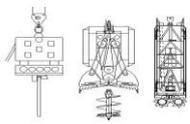


Qualcuno che però non si ferma e “**pensa**”, ha risolto il problema sapendo bene cosa fare per ovviare al problema ed ha costruito e brevettato un bucket appositamente per questo.

Cementation  
**SKANSKA**



Ancora una volta per affermare, l'importanza della corretta forma dell'utensile secondo il materiale e il problema che s'incontra durante la perforazione; qualunque esso sia.



I bucket solitamente sono di due tipi;  
Uno per lo **scavo** e uno per la **pulizia**.

Come implica il nome, ciascuno ha un uso proprio, uno per l'avanzamento del foro, l'altro per la pulizia del fondo del palo.  
In genere, i secchi sono azionati dalla perforatrice, e la configurazione di fondo sia scava o raccoglie il materiale.

Bucket per scavo



Bucket per pulizia



I bucket di scavo sono dotati di denti a taglio piatto, mentre il bucket di pulizia ha una sola lama piatta.

Bucket centrifugo



Normale



Maggiorato

Questo tipo di utensile è particolarmente adatto allo scavo di pali asciutti o leggermente umidi e dà ottimi risultati come produttività. Bisogna però fare molta attenzione a non "caricarlo" troppo altrimenti si apre all'interno del foro e diventa difficile estrarlo dal palo in esecuzione.

Molti operatori lo chiamano simpaticamente "**Fischer**" perché se sovraccaricato si gonfia appunto, come un tassello, della Fischer.

Bucket da terra



Normale



Maggiorato

Questi bucket sono generalmente i più usati in particolare in terreni sabbiosi e grossolani, e sono adatti alla perforazione alla presenza di materiali; umidi dove l'uso delle trivelle rallenta la produttività perché il materiale tende a scivolare dalle ali dell'elica stessa,

Fondamentalmente si utilizzano nella perforazione di pali alla presenza di fluidi di sostentamento come bentonite o polimeri,

Questi bucket sono generalmente utilizzati in presenza di materiali rocciosi e quando la roccia attraversata risulta particolarmente abrasiva per gli utensili si adoperano quelli HD (heavy duty) cioè costruiti con materiale più resistente e pesante. Adatti a sopportare maggiori sforzi e l'abrasione.

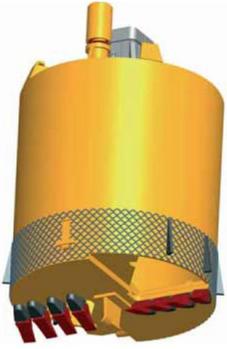
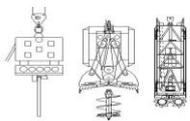
Bucket da roccia



Normale



Maggiorato



Buchet a doppio fondo  
o a ghigliottina

I bucket a doppio fondo sono utilizzati per attraversare materiali molto fini come limi o materiali organici o quando si “recupera” un palo franato, per non perdere molto tempo e assicurarsi di trattenere ciò che si è raccolto.

Per come è progettato però ha il difetto di creare l’effetto “sifone” durante la perforazione e quindi è bene utilizzarlo solamente in casi diciamo di estrema necessità.

## CAROTIERI

### Carotiere



Normale



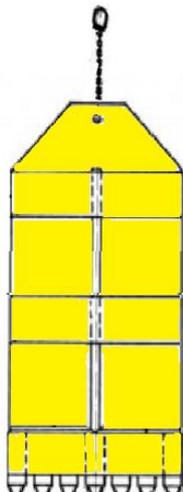
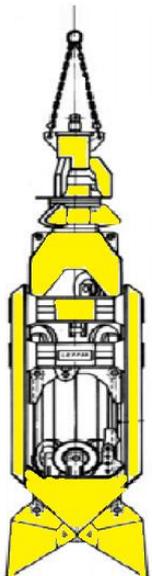
Maggiorato

I carotieri si utilizzano quando gli strati rocciosi da attraversare sono particolarmente resistenti e sono omogenei (privi di fessurazioni). Come per tutti gli utensili descritti, le aziende del settore predispongono le versioni “leggere” e quelle “pesanti”.



Nota  
Bene

Anche se stiamo parlando di pali trivellati in cantiere, è comunque consigliato attrezzarsi a ogni evenienza e prevedere l’utilizzo di benne mordenti e scalpelli ; specialmente quando si attraversano strati rocciosi o terreni di “riporto” dove si possono incontrare trovanti o qualsiasi altra cosa che pregiudica la produzione, la verticalità del foro o quant’altro. Sicuramente in questo modo si perde meno tempo e non si pregiudicano gli utensili e le perforatrici.



Alla fine del manuale in allegato aggiungo dei suggerimenti, che sono frutto dell’esperienza personale e della ricerca fatta da

**soilmeco** sui vari tipi di utensili da utilizzare per migliorare le prestazioni volta per volta a seconda, del tipo di terreno da attraversare.

## RIVESTIMENTI

Il rivestimento è utilizzato per mantenere la stabilità del foro e può essere temporaneo o permanente, come discusso in precedenza. In molti casi, un è usato un tubo corto in superficie di una misura variabile di 3 o 4 metri (chiamato comunemente “**preforo o avampozzo**”) per evitare che la disgregazione del materiale nella parte superiore del foro crolli nel palo a causa del processo di foratura. Il rivestimento è solitamente realizzato in acciaio forte e assemblato mediante saldatura per raggiungere le profondità necessarie.

Si presenta in una notevole varietà di diametri, e di solito sono di un diametro di circa 10 cm superiori all’utensile che si userà per la perforazione; questo per consentire un facile ingresso agli utensili. Naturalmente nelle fasi successive di getto si dovrà tener conto dello sfrido creato dal rivestimento calcolando una maggiorazione di calcestruzzo per evitare di trovarsi con il livello del getto non conforme alle quote previste dal progetto.

### Rivestimento temporaneo

Questo è il rivestimento più comunemente utilizzato tra i due tipi utilizzati..

Il rivestimento temporaneo, infatti, è utilizzato per mantenere un foro aperto durante il processo di perforazione e getto del palo. e viene rimosso al termine della fase di getto del palo.

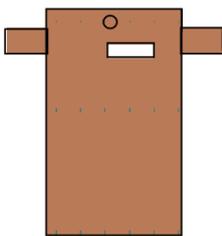
### Rivestimento permanente

Il rivestimento permanente. è lasciato sul posto e diventa parte integrante del palo.

È utilizzato generalmente quando le condizioni, del terreno attraversato come vuoti, trovanti o forti pressioni d’acqua precludono la costruzione del palo senza rivestimento, e il collocamento del calcestruzzo non potrebbero essere eseguiti o mantenuti. adeguatamente.

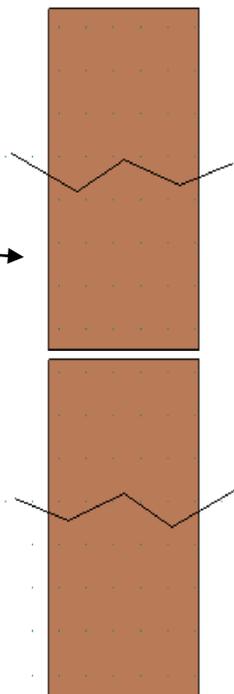
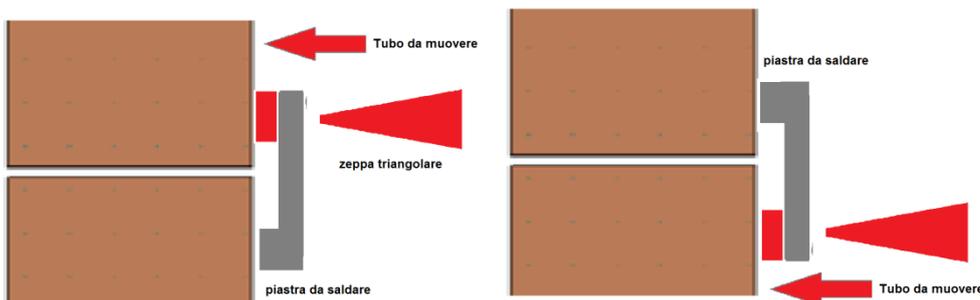


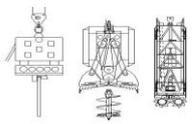
Nota Bene



Se i rivestimenti sono corti possono essere inseriti nel fusto del palo con l’ausilio della gru di servizio,

Quando è necessario inserire, rivestimenti più lunghi generalmente si utilizzano dei martelli vibranti studiati e proporzionati al terreno da attraversare e qualora siano di una lunghezza maggiore e notevole si provvederà a saldarli tra loro in opera.





Resta abbastanza semplice regolare la posizione dei cianfrini nei tubi utilizzando qualche piccolo accorgimento come quello mostrato dal disegno.

### ATTREZZATURE SPECIALI

In cantiere si utilizzano una serie di strumenti "speciali" durante l'esecuzione di un palo trivellato.

Alcuni di questi sono "fatti in casa" e altri sono fabbricati da ditte specializzate del settore e ormai standardizzati e utilizzati, comunemente.



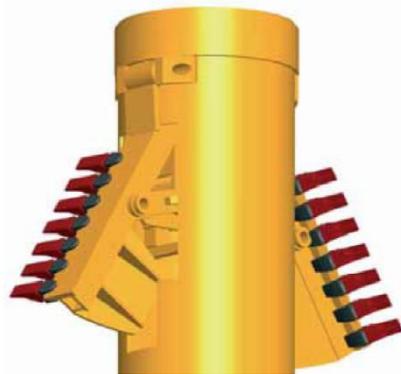
Il **dissabbiatore**, è usato per rimuovere la sabbia dal fluido di perforazione e mantenerne il contenuto nei limiti specificati dalle normative, di costruzione.

I **martelli vibranti**, come quello descritto sopra sono utilizzati in alcuni casi per vibrare il rivestimento nel terreno.

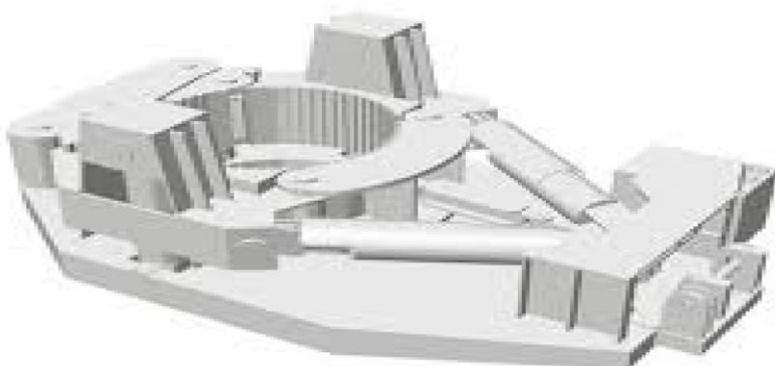


### Belling bucket

Il **bucket a campana** viene usato in particolari progetti. Abbassandolo nel foro con le lame di taglio retratte, l'utensile viene ruotato e le lame di taglio, si estendono verso l'esterno, scavando una forma



a "**campana**" sul fondo.



La **morsa gira colonne** che è utilizzata in particolari condizioni di terreno, per rivestire il palo e evitare franamenti durante la perforazione. In questo caso le "camicie" sono già predisposte per essere aggiunte fra loro con sistemi vari messi a punto dalle imprese costruttrici.

## RUOLO DELL'ISPETTORE DELLA QUALITÀ'



### Contenuto

- Questa è una panoramica del ruolo principale dell'ispettore e la responsabilità durante il processo d'esecuzione del palo trivellato. .  
L'ispettore è coinvolto in tutte e tre le fasi del progetto :

### PRE LAVORAZIONE

Ciò comporta l'esame dei piani di progetto, la sua partecipazione a riunioni sul progetto ove: discute, chiarisce e risolve, tutte le domande che possono scaturire. Queste riunioni offrono l'opportunità per tutte le parti per ottenere un'approfondita comprensione dei dettagli del progetto e degli obiettivi .

L'ispettore deve rivedere, controllare, conoscere e capire bene i piani di progetto della lavorazione da eseguire. Egli ha inoltre numerose responsabilità durante le lavorazioni che vanno dalla verifica e approvazione, dell'attrezzatura utilizzata alla determinazione in opera; dei requisiti del foro, la pulizia a fine scavo, la preparazione corretta delle armature, solo per citarne alcune.

Nella fase di preparazione è estremamente importante la comunicazione e il coordinamento da parte dell' ispettore con l'ingegnere responsabile ,che devono essere sempre informati e aggiornati .

Il progetto in definitiva è gestito dall'ispettore il quale deve avere una conoscenza approfondita delle specifiche e le disposizioni speciali, che si possono determinare in corso d'opera.

### POST LAVORAZIONE

Durante la fase di post installazione, l'ispettore può essere coinvolto nella stesura della documentazione completa e dettagliata sulle varie fasi di esecuzione dei pali, nei test di integrità del materiale utilizzato ed eventuali rapporti aggiuntivi richiesti .

E ' veramente importante per l'ispettore capire il proprio ruolo e l'importanza che ne deriva nel processo di esecuzione del palo trivellato .

Partecipando alle riunioni di progetto prepara la documentazione di controllo e predispone i test post lavorazione, poiché è, intimamente coinvolto nel raggiungimento dei risultati di tutte le parti.

Il suo obiettivo è il raggiungimento della massima qualità della lavorazione in conformità con le specifiche richieste.

### Servire come rappresentante della qualità da parte del cliente.

Ogni progetto di pali trivellati è costruito in conformità a progetti, e specifiche approvati e applicabili.

L'ispettore della qualità deve garantire che ciò avvenga. Il contraente ha il diritto di essere pagato per il proprio lavoro, fornendo i piani e le specifiche tecniche e l'ispettore, documentando, l'esecuzione assicura che tutte le parti ottengono ciò che ci si aspetta. Il contraente pagato e il cliente, una qualità adeguata della lavorazione.

L'ispettore, serve come "gli occhi e le orecchie " del tecnico, in genere non ha, né serve, l'autorità per dirigere il lavoro del contraente.

**Cose importanti da ricordare sono:**

Chi rappresentate

Non ritardare o interrompere il contraente inutilmente.

Ricordate che il vostro è un obiettivo comune.

• Essere un " registratore " e " Reporter "

L'ispettore deve fare accurate osservazioni imparziali di tutti gli eventi della costruzione del palo trivellato.

Gli eventi importanti devono essere documentati. sulle maschere o report appropriati per la segnalazione .

Essendo un " registratore " si intende; fa accurate osservazioni. misura e registra con precisione.

Indipendentemente da ciò che ha sentito o è stato detto circa un contraente o ciò che egli rappresenta, le osservazioni devono essere imparziali, basate su fatti o osservazioni reali .

L'ispettore basa, l'ispezione su una serie di progetti e specifiche in opera e ne controlla l'esecuzione in conformità con tali documenti.

Gli eventi in documenti devono essere completamente e coerentemente documentati; questo fa parte dell' obbligo che voi rappresentate . Una relazione semestrale sul volume di calcestruzzo posto o solo la documentazione della piattaforma e non tutto il complesso è inaccettabile . Ricordate, che forse in futuro, quando si è su un altro progetto, qualcuno potrebbe avere domande su quanto accaduto sul progetto precedente e l'unica vera fonte d'informazione è la vostra documentazione.

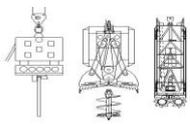
Siate coerenti nella documentazione e nelle osservazioni. Se si avvia il progetto registrando il tempo necessario per eseguire un palo, è necessario farlo su ogni palo. l'Incoerenza attira l'attenzione e può portare la documentazione in ad essere oggetto di domande inopportune e inutili, da parte del cliente o del contraente.

Svolgere prontamente i vostri doveri, e i compiti è un vostro imperativo primario. Si consiglia di non ritardare l'appaltatore. Se il fondo del palo è pronto per l'ispezione e l'ispettore non c'è, il contraente è in standby e ciò può costare soldi al contraente e al cliente.

Ancora più importante , se eseguite i vostri doveri tempestivamente, e vi trovate a fronteggiare in cantiere un fuori conformità o un evento discutibile vi è possibile probabilmente avvisare l'Ingegnere abbastanza presto per fare la differenza .

I moduli dovranno essere completi e riportati accuratamente , in genere sono utilizzati reportini o forme standard, in base alla prassi locale ,per la registrazione delle attività d'esecuzione del palo trivellato.

L'ispettore non dovrebbe mai andare in cantiere senza i report correnti. Assicuratevi di fornire tutte le informazioni richieste in un modulo o un report , e che sia accurato e completo . Maschere o report incomplete o non correttamente compilati possono chiamare a mettere in discussione la documentazione . come discusso in precedenza , essere coerente anche nel completamento del lavoro di ufficio. Sapere queste, se esistono, ed eseguirle è il compito assegnato all'ispettore.



### **Mantenere i rapporti aggiornati**

Non lasciare il lavoro d' ufficio arretrato . Richiamare la memoria e decidere di scribacchiare qualcosa su un pezzo di carta per il trasferimento in seguito è negativo,

Qual è in assoluto il modo migliore per farlo?

Farlo bene, e subito tutto il resto è negativo

Mantenete sempre aggiornato in tempo reale il lavoro di ufficio .

Vi potreste trovare a dover rispondere a una domanda su qualcosa eseguita il giorno prima e se il vostro lavoro di ufficio non è aggiornato , come potete pensare di risolvere la situazione.

### **Mantenere l'Ingegnere informato**

L'ispettore serve come gli occhi e le orecchie del tecnico. È necessario mantenere l'Ingegnere informato in modo che, nel caso in cui si verifica una situazione non prevista, sarete pronti a rispondere. L'Ingegnere non è accecato . e conta su di voi .Pertanto, è importante che l' ispettore sviluppi un rapporto con l'Ingegnere e questo avviene di solito durante la fase di preparazione del progetto, dove l'ispettore e l'ingegnere discutono i punti specifici del progetto .

### **Comunicare**

L'ispettore deve comunicare spesso necessariamente per mantenere l' ingegnere informato in più casi ,quotidianamente. L'ingegnere: vuole essere aggiornato sui progressi del giorno, se ci sono stati problemi, in cantiere di qualunque genere, ecc. Ricordate , che essi stessi rispondono a qualcuno al di sopra di loro che li tempesta di domande alle quali devono rispondere.

### **Coordinare**

L'ispettore dovrebbe coordinare con l'Ingegnere tutte le riunioni, le visite in loco , ecc ,.

Informare il tecnico abbastanza presto per fare la differenza , come dice un vecchio proverbio ,

"è troppo tardi per chiudere il cancello dopo i cavalli sono scappati fuori" .

Lo stesso vale nell'esecuzione dei pali trivellati, solo che a volte è troppo tardi dopo che il calcestruzzo è stato immesso nel palo.

Ad esempio: ci si accorge che la gabbia è in costruzione al di fuori delle specifiche, non aspettate fino a quando è inserita nel palo, o peggio ancora, è versato il calcestruzzo. Il documento informa subito l'ingegnere e il cliente.

Ciò consentirà di risolvere il problema prima che la gabbia sia immessa nel palo.

Questo tipo di comunicazione può ridurre l'impatto della schedulazione di progetto, la qualità e il costo.

## **ARRIVO IN CANTIERE DELL'APPALTATORE E DELLE ATTREZZATURE**

Proprio come il contraente ha i suoi strumenti, l'ispettore ha bisogno di avere i suoi strumenti anche. Senza gli strumenti adatti l'ispettore non può svolgere correttamente le sue funzioni.

L'ispettore non deve andare in cantiere senza gli "strumenti" elencati di seguito.

### **Documentazione**

- Progetto di lavorazione approvato dal cliente e dell'appaltante
- Piani di lavorazione e specifiche
- Eventuali disposizioni tecniche speciali
- Moduli obbligatori / Reports

### **Strumenti**

- casco, stivali
- Occhiali e cuffie di protezione audio
- Nastri di misura
- Scala, livello, campionatore
- Nastro o bindella metrica ( 50 metr )
- Calcolatrice, penna, matita
- Progetto esecutivo
- Giacca riflettente
- Apparecchiature di prova del fango
- Apparecchiature di collaudo del calcestruzzo



## **Il processo d'esecuzione del palo trivellato**

Durante ciascuna operazione nel processo di esecuzione del palo trivellato: l'ispettore ha responsabilità specifiche relative alla verifica, misura, controllo e stesura della documentazione.

Dato che l'ispettore non ha responsabilità specifiche durante lo sviluppo del progetto del tipo di palo trivellato diverso da quello di acquisire familiarità con essa, e partecipare alle riunioni di pre costruzione, come discusso in precedenza, inizieremo con

### **" Il contraente esecutore arriva in cantiere" .**

Essi devono portare le apparecchiature specificate e accettate nel contratto dal committente.

In genere in questa fase si comincia con un "campo prova" vengono eseguiti un palo o più pali per determinare se i metodi e le tecniche del progetto funzioneranno.

È costruita la gabbia di rinforzo e posta nello scavo, dove sarà colato il calcestruzzo.

Si eseguirà il test di carico o d'integrità specifica per documentare la corretta esecuzione del palo.

All'arrivo del contraente sul posto l'ispettore ha alcune responsabilità di base per eseguire.

Queste responsabilità includono:

- **Controllare le apparecchiature**
- **Controllare la protezione di strutture esistenti**

Quando l'apparecchiatura arriva sul posto, è responsabilità dell'ispettore verificare che le apparecchiature portate in cantiere corrispondano alle attrezzature elencate nel contratto d'appalto approvato dal committente.

L'ispettore non ha il potere di respingere le attrezzature, ma deve documentare accuratamente ciò che arriva in cantiere, poiché in alcuni casi il contraente non può portare l'attrezzatura o gli strumenti descritti nella documentazione d'appalto; e porta strumenti diversi da quelli proposti,

Attraverso un "form" specifico l'ispettore controlla la conformità delle attrezzature rispetto alla documentazione proposta dal contraente.

Alcune delle cose da controllare sono elencate di seguito.

### **Controllare le apparecchiature**

> I diametri degli utensili sono corretti? del tipo giusto? Per terreno o per roccia?

> Le trivelle sono a singolo o doppio volo, singolo o doppio principio?

> Controllo della batteria dei tubi getto "**tremie's pipe**" devono essere lisci e puliti all'interno.

> Controllo dei diametri dei tubi di rivestimento (interni ed esterni così come lo spessore dell'involucro) .

- **Controllare la protezione di strutture esistenti**

> Controllare e/o predisporre la protezione di strutture esistenti.

Alcuni progetti saranno vicini a strutture esistenti, che potrebbero eventualmente essere danneggiati dalle operazioni di perforazione dei pali.

Normalmente in questi casi, al contraente è richiesto di predisporre una protezione adeguata alle strutture limitrofe esistenti; perché in alcuni casi, l'esecuzione, del palo trivellato induce vibrazioni come nell'inserimento del rivestimento con martelli vibranti o la perforazione stessa a volte, può creare danni agli edifici nelle vicinanze.

Come ad esempio crepe di muri, abbassamenti nei pavimenti ecc.

In generale , le specifiche del contratto d'appalto illustreranno i requisiti del piano di sicurezza predisposto ed è responsabilità del contraente tener fede a tale piano, una volta approvato.

Esso può naturalmente eseguire o far eseguire il rilevamento della condizione nelle strutture , entro una determinata distanza , per documentare la loro condizione prima dell'esecuzione dei pali.

Inoltre, il controllo, da vibrazioni e / o rumore può essere specificato , anche per una distanza specifica , durante l'esecuzione dei lavori. Se il progetto richiede la protezione delle strutture esistenti , l'ispettore deve rivedere il piano di sicurezza e la documentazione approvata assieme al contraente.

## **PALO TRIVELLATO SCAVO E PULIZIA**

### **Contenuto**

• Questo è una panoramica dell'esecuzione del palo trivellato e delle responsabilità dal punto di vista dell'ispettore, durante questa fase.

### **Obiettivi di apprendimento:**

Dopo aver completato questa lettura, si sarà in grado di:

- Descrivere, in generale, il ruolo dell'ispettore durante il processo di scavo e la pulizia del palo.
- Determinare le quote di riferimento di elevazione e profondità del palo.

## **PALO DI PROVA**

Sulla maggior parte dei progetti, al contraente è richiesta l'esecuzione di un palo "prova", per determinare se il metodo e le attrezzature proposte nel contratto d'appalto funzioneranno.

Il palo di prova contribuirà a determinare criticamente elementi quali :

- \* Può essere utilizzato il metodo d'esecuzione del palo a secco.
- \* Il foro può essere stabilizzato con un rivestimento sino a una particolare quota.
- \* Il foro può essere stabilizzato con il fluido di perforazione e l'impasto proposti.
- \* Questi sono solo alcuni dei motivi per eseguire il palo di prova .

Il ruolo dell'ispettore durante lo scavo del palo è essenzialmente lo stesso che usa per i pali di produzione, tranne che in genere il "palo di prova" è situato nel cantiere, ma è prevista una certa distanza dai pali di produzione e l'ispettore deve verificare che il palo sia eseguito nella posizione specificata. A perforazione ultimata, l'ispettore deve verificare che sia "eseguito" secondo i piani previsti nel progetto. Nel caso in cui il contraente non riesca ad eseguire il palo di prova di successo, si dovrà rivedere il progetto in accordo con l'ufficio tecnico e la direzione lavori del cliente e si eseguirà un altro palo di prova. Una volta che sono eseguiti e documentati tutti i test del caso, l'ingegnere responsabile dei lavori darà il via libera all'inizio della produzione.

## **SCAVO DEL PALO**

L'ispettore ha una varietà di funzioni e responsabilità durante il processo di scavo. Deve documentare la posizione e l'allineamento corretto del palo secondo la pianta del progetto, la verifica di pulizia del foro al termine dello scavo

- Il livello della testa del palo nella posizione di scavo come indicato sul progetto esecutivo.

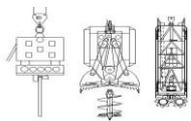
Di solito ci sarà una tolleranza di progetto che il contraente deve raggiungere.

- Il piombo e il livello dell'attrezzatura di scavo (gru e asta della trivellatrice), rispetto al piano di lavoro.

Questo è fondamentale poiché vi sono tolleranze di allineamento assiale che il contraente deve necessariamente conseguire e rispettare.



Questa fotografia mostra l'ispettore e il contraente durante il controllo e la verifica, sui disegni di progetto, e in cantiere per determinare la posizione esatta dei pali.



Questa fotografia mostra l'ispettore durante il controllo della verticalità e l'allineamento del kelly (asta della perforatrice).



Se nell'esecuzione del palo, è prevista la trivellazione con l'uso di rivestimento provvisorio e o dei fluidi di perforazione, l'ispettore deve verificare e documentarne l'utilizzo.



In questa fotografia l'ispettore sta verificando la lunghezza del rivestimento, il diametro, interno, ed esterno lo spessore del tubo per aggiungerlo al form di ispezione.

In molti progetti, ad esempio è temporaneamente installato un "pre foro" il quale serve a stabilizzare il terreno superficiale durante la perforazione, siccome il costante dentro e fuori dal palo, degli utensili di foratura, può degradare rapidamente il terreno superficiale a "bocca foro" se non vengono protetti.

**L'ispettore deve rilevare, in generale, ciò che segue.**

- Documentare il tipo di utensile di perforazione e il suo diametro, e condizione.
- Ricordarsi anche di registrare la sua lunghezza, per aggiungere alla barra kelly e determinare la profondità raggiungibile.
- Documentare la lunghezza, il diametro e il tipo di eventuali rivestimenti da utilizzare.
- Se si utilizzano fanghi di sostentamento come "**bentonite o polimeri**", verificare e documentare che siano eseguiti secondo le normative di controllo qualità: il campionamento e le prove necessarie in cantiere.
- Mantenere, nel formato richiesto, un registro e una campionatura del materiale scavato.



Le fotografie soprastanti, mostrano le operazioni di controllo e scrittura dei dati dell'ispettore sul campo.



Questo aiuta a tenere memoria del materiale incontrato durante la perforazione del palo.

- Quali utensili si sono utilizzati durante le operazioni di scavo.
- In seguito che percentuale di calcestruzzo si è introdotta nel palo durante il getto.

Con questa regola si potranno avere dei riscontri pratici su quali tecniche, si usano a seconda, del materiale attraversato per ottimizzare la produzione di scavo e il consumo del calcestruzzo.

## TEST SUI FLUIDI DI SOSTENTAMENTO

Come discusso in precedenza il fango deve essere mantenuto correttamente, secondo le specifiche per essere efficace. Normalmente le normative, come da capitolato, specificano il tipo e il numero di test da effettuare sul fango.

### I test più comuni da eseguire generalmente sono:

- **Alcalinità e acidità**, nota anche come “**pH Test**” è utilizzato per determinare l'alcalinità e acidità dell'acqua per la preparazione del fango e del fango stesso.
- **Viscosità**, noto anche come “**Marsh Funnel Test**”, è il test utilizzato per misurare la portata o la coerenza del fango.
- **Densità**, nota anche come il “**Balance Mud Test**”, è utilizzata per misurare la densità del fango.
- **Contenuto di sabbia** noto anche come “**Sand Content Test**” utilizzata per determinare il contenuto di sabbia del fango poiché: generalmente le specifiche hanno percentuale di sabbia ammissibile massima consentita.



Nella foto qui a lato l'ispettore sta riversando il fango nella tazza della bilancia. Quando l'ha riempita e sigillata, il coltello (barra graduata) è immesso sul fulcro e il peso scorrevole spostato verso la coppa contenente il fango. Quando, la coppa e il braccio della bilancia sono equilibrati. La densità del fango è letta sulla scala graduata della barra.



Nella foto qui è mostrato un tipico **Campionatore di fondo. "slurry sampler"**. Il tappo in basso è inferiore alla profondità desiderata. il tubo attraverso il cavo viene lasciato scendere alla profondità desiderata in prossimità del fondo. Il tappo superiore è fatto scivolare verso il basso in modo da intrappolare il fango da usare come campione.



Qui a lato, come mostra la fotografia è indicata la sabbia raccolta dal fango e lavata nella fase finale del test. La percentuale di sabbia è letta direttamente nel flaconcino di vetro appositamente graduato.

In allegato aggiungi ero al termine le normative di riferimento dei vari test elencati.

## PULIZIA DEL PALO

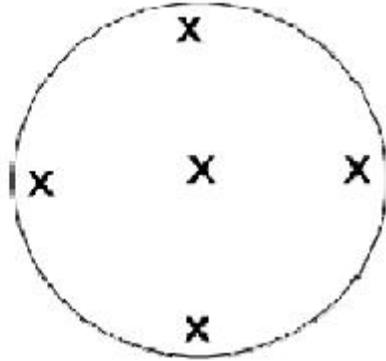
### Verifica di pulizia e di profondità

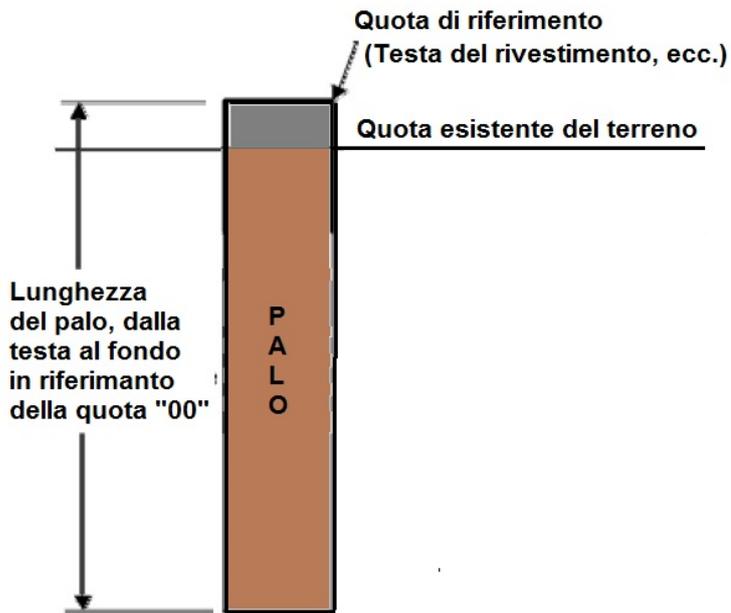
Durante la perforazione del palo, l'ispettore stima il raggiungimento della profondità del palo ricevendo le informazioni dall'operatore della perforatrice. Al raggiungimento della profondità desiderata l'ispettore deve verificarne la profondità e la pulizia riferendosi alle quote di profondità del fondo del palo.

In generale, i requisiti di pulizia sono basati sulla quantità, e/o lo spessore di sedimento consentito sul fondo del palo. Per determinare ciò, l'ispettore utilizza un nastro al quale è aggiunto un appropriato peso e prende le misure eseguendo vari "sondaggi" in numerosi punti del palo.

(normalmente 5) intorno, e al centro dell'albero. Questi rilevamenti sono immediatamente registrati sul modulo specificato. Tale operazione dovrebbe essere fatta appena possibile, perché più lungo è il foro resta aperto, maggiore è il rischio di incontrare problemi.

Le fotografie sotto esposte mostrano il sondaggio dell'ispettore per determinare la profondità di scavo; il peso applicato alla bindella per avere il riscontro nel palo e i 5 punti di misura da effettuare nel palo.





## DETERMINAZIONE DELL' ELEVAZIONE DEL PALO

Il progettista ha progettato le basi del palo trivellato, determinate da una varietà di fattori e la loro progettazione è basata su un certo diametro del palo e la profondità di penetrazione sotto la superficie del terreno esistente.

Qualora debba essere calcolato il fondo del palo, a livello di progetto viene indicato come "**elevazione di base del palo**".

Questa elevazione è determinata da un innalzamento del punto fisso fornito dal Contraente.

Solitamente, questo è il top del rivestimento o qualche altro riferimento fisso.

Utilizzando questa elevazione e la profondità misurata dalla perforatrice o dalla bindella metrica pesante, l'ispettore calcola l'elevazione dalla base del palo, per verificare che il contraente rispetti l'elevazione specificata nel capitolato d'appalto.

Per determinare l'elevazione dalla base del palo, si dovrà semplicemente **sottrarre la profondità** (in metri) del palo sotto il riferimento, della quota "00" (**di testa**).

Ricordati di guardare per : + E - P. (elevazione – profondità)

### ESEMPIO:

**1. Riferimento elevazione = + 135,75 metri**

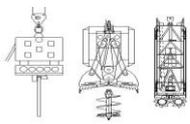
**Profondità al fondo del palo = 55.0 metri**

**$135,75' - 55,0' =$  Elevazione dalla base del palo è di + 80,75 metri**

**2. Riferimento elevazione = + 25.75 metri**

**Profondità al fondo del pozzo = 55.0 metri**

**$25,75' - 55,0' =$  Elevazione dalla base del palo - 29.25 metri**



## GABBIE D'ARMATURA PRODUZIONE E POSIZIONAMENTO

### Contenuto

• Questa è una panoramica sulla fabbricazione e la disposizione, nel foro, della gabbia d'armatura e un riassunto delle responsabilità dell'ispettore durante questa fase di esecuzione del palo trivellato.

### Obiettivi di apprendimento

Dopo aver completato questo capitolo, si sarà in grado di:

- Descrivere, in generale, il ruolo dell'ispettore durante il processo di fabbricazione delle armature e il loro posizionamento nel fusto del palo.
- Determinazione della circonferenza del palo e della gabbia.

## GABBIA D'ARMATURA

Le fondazioni con pali trivellati sono costruite con una gabbia d'armatura all'interno per fornire resistenza e stabilità . Il tondo per cemento armato delle gabbie è costruito per soddisfare le esigenze di progettazione, sia per dimensioni dei tondini sia per il numero richiesto .

L'ispettore deve verificare che le gabbie siano fabbricate, sollevate e poste correttamente all'interno del fusto del palo; con tolleranze ammissibili per quanto riguarda la "**quota di testa palo**" dopo il posizionamento .

Molto spesso, è richiesta l'installazione di provette di accesso per l'esecuzione dei "post test d'integrità".

Queste provette sono parte integrante del gruppo gabbia e fanno parte della stessa colata d'acciaio che costituisce la gabbia d'armatura.

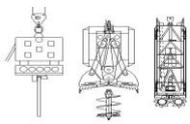


Ricordate, è imperativo che il foro sia pulito e questo deve essere verificato dall'ispettore prima dell'installazione della gabbia dell'armatura.

Nota  
Bene



Questa immagine a lato, mostra un cantiere per la produzione delle gabbie d'armatura.



## FABBRICAZIONE DELLE GABBIE

L'ispettore deve verificare che le gabbie siano costruite in conformità con il progetto e le specifiche d'appalto e ciò comprende la verifica di:

- Dimensioni dei tondini
- Numero dei tondini e le condizioni
- Tipo e percentuale di legature e/o saldature
- Diametro e lunghezza
- Accoppiatori e/o giunzioni
- Distanziali e terminali



Qui si può vedere la costruzione della gabbia. I lavoratori la stanno legando insieme. Il pezzo angolato in fondo è un rinforzo creato, per aiutare a mantenere la forma della gabbia.



L'ispettore verifica il diametro gabbia misurando con un nastro e sta controllando che le legature siano in conformità al progetto. Solitamente, dai disegni di fabbricazione sono specificate e determinate le percentuali delle intersezioni e delle legature.

## GABBIE SOLLEVAMENTO E POSIZIONAMENTO

Dopo la fabbricazione della gabbia , il contraente può sollevare la gabbia e abbassarla nel palo .

Ricordate che prima del posizionamento della gabbia l'ispettore abbia verificato la profondità del palo e la pulizia .

E 'importante che il contraente sostenga correttamente la gabbia durante il sollevamento per evitare di piegarla in modo eccessivo e permanente .Se è molto storta infatti, non si adatta più allo scavo senza danneggiare le pareti del palo .La gabbia avrà dei distanziatori sul fondo per mantenere una certa distanza dal fondo del foro e altri distanziali sui bordi esterni per mantenere una determinata distanza dalle pareti del palo .

Questo spazio tra le pareti del palo e la gabbia serve a fornire la "**copertura di calcestruzzo** " secondo le normative specifiche. Una volta sistemata nel palo, la parte superiore della gabbia dovrà essere fermata opportunamente alla quota di testa palo e trovarsi all'interno di una tolleranza specificata dai prospetti riportati nei disegni del progetto.

In sintesi , l'ispettore deve verificare e documentare :

- \* Sollevamento della gabbia
- \* Posizionamento della gabbia
- \* Posizione di testa della gabbia
- \* Accoppiatori e/o giunzioni



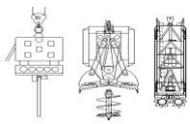
La foto a sinistra mostra l'ispettore mentre sta osservando il sollevamento della gabbia e nella foto a destra, si può vedere una gabbia sollevata e pronta per essere immessa nel foro .

La foto in basso a sinistra mostra la gabbia abbassata nel foro. Si noti che i distanziatori e i distanziali laterali sono utilizzati per mantenere la corretta "**copertura**" del calcestruzzo.

La seconda foto mostra la gabbia sistemata nel foro.

L'ispettore deve verificare e documentare la "**quota di testa gabbia**" e accertarsi che sia posizionata entro la tolleranza consentita e specificata dal progetto.





## TUBI D'ACCESSO PER I TEST D' INTEGRITÀ "POST COLLAUDO"

Nei pali trivellati il collaudo d'integrità successivo, all'esecuzione del palo stesso è generalmente conosciuto con il nome di "**prova sonica**" ed è diventato molto popolare poiché risulta nettamente più economico delle prove di carico convenzionali, alcuni dei metodi utilizzati forniscano una "**immagine**" per così dire del palo nel terreno.

Per eseguire questi tipi di prove, bisogna permettere l'abbassamento della strumentazione giù nel palo, quindi i tubi di accesso devono essere installati e fissati sull'armatura; prima di posizionare la gabbia nel foro.

L'ispettore deve verificare e documentare che i tubi siano di lunghezza, diametro e materiale specifico, e inoltre, verificare che siano fissati alla gabbia e risultino verticali in conformità con i disegni di progetto.



Qui a sinistra è illustrato un tubo di accesso all'interno dell'armatura. Notare il tappo sul tubo-questo impedisce detriti o calcestruzzo di entrare nel tubo e rendere inutile il test.

Normalmente, sono installati all'interno della gabbia, per proteggerli da eventuali danni,

Per evitare che entri la "**boiaccia**" (il liquido del calcestruzzo) che potrebbe, in seguito indurendosi, ostruire il tubo e rendere inutile il test successivo è buona regola proteggere con il nastro di teflon le filettature dei tubi durante il montaggio, stringendoli bene tra loro con l'aiuto di pinze e una volta posizionata la gabbia prima di iniziare il getto del calcestruzzo riempirli d'acqua. Questo aiuterà a resistere alla pressione del calcestruzzo evitando l'ingresso inopportuno di qualsiasi cosa, nei tubi stessi.

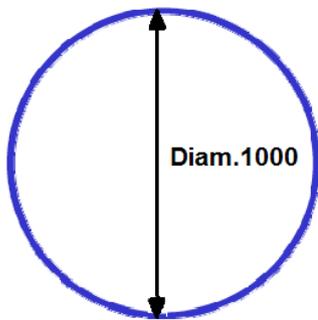


## DETERMINAZIONE DELLE CIRCONFERENZE

L'ispettore deve essere abile nel determinare le circonferenze perché è uno dei calcoli matematici più ricorrenti. Generalmente il numero di distanziatori laterali che aiutano a mantenere la corretta distanza di copertura, come discusso in precedenza in questo manuale, sono generalmente determinati dalla circonferenza della gabbia. Le specifiche in genere indicano un certo numero di distanziatori, basato su centimetri di circonferenza della gabbia,

La circonferenza come sappiamo è la lunghezza del contorno esterno (**perimetro**) di un oggetto circolare. Per determinare la circonferenza di un'area circolare, ad esempio di un palo trivellato o di una gabbia d'armatura si deve eseguire la seguente operazione:

### ESEMPIO



$$C = \pi D$$

$$C = 3.142 (1000)$$

$$C = 3142 \text{ mm}$$

$$C = (3142 / 10) 314,2 \text{ cm}$$

## OPERAZIONI DI GETTO

### Contenuto

Questo capitolo contiene una panoramica della cementificazione del palo dopo l'installazione della gabbia di armatura e di un riassunto delle competenze degli ispettori durante questa fase d'esecuzione del palo trivellato.

### Obiettivi di apprendimento

Dopo aver completato questo riassunto si sarà in grado di:

- Descrivere , in generale , il ruolo dell'ispettore durante il getto del calcestruzzo
- Descrivere , in generale , metodi e processo di collocamento di cemento
- Determinare i volumi teorici di cemento del palo e sviluppare i dati e le curve di volume calcestruzzo immesso.

## GETTO DEL CALCESTRUZZO

L'immissione di calcestruzzo nel fusto del palo è la fase finale del processo di lavorazione dei pali trivellati.

Fino a questo momento, il contraente è stato disposto a trascorrere del tempo con l'ispettore, ma questo cambia una volta che il calcestruzzo è in cammino. Ci sono generalmente tutta una serie di questioni o problemi potenziali che possono verificarsi durante questa fase i limiti di tempo, i requisiti di slump , ecc ,.

Ricordate , se il getto di calcestruzzo va male, si pregiudica o si perde il palo e tutto ciò che il contraente ha fatto fino a questo punto è sostanzialmente perso, o da rifare.

L'ispettore deve svolgere i propri compiti in modo rapido ed efficiente. La velocità è l'essenza, ma non si deve assolutamente sacrificare la qualità e la completezza dei test che devono necessariamente essere eseguiti.

A seconda delle specifiche, tali compiti possono , comprendere l'esecuzione in cantiere delle prove standard sul calcestruzzo, il monitoraggio delle operazioni di getto del cemento e lo sviluppo delle curve di collocamento .

### Arrivo del calcestruzzo e test di lavorabilità "Slump"

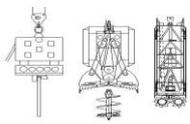
Quando il calcestruzzo arriva in cantiere, l'ispettore verifica la corretta preparazione della miscela che sarà immessa nel palo, in modo tale che soddisfi i requisiti di slump ed esegue i test standard sul campo. Di norma ci sarà un limite di tempo imposto dalle specifiche che si riferiscono al tempo per la disposizione stessa del calcestruzzo.



Nota  
Bene

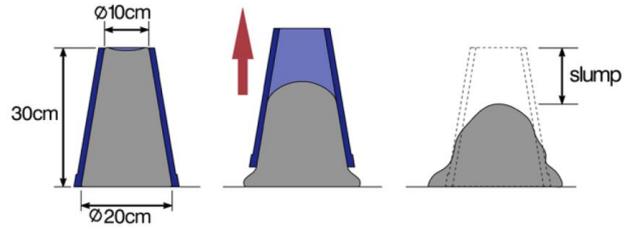
**Ricordate**, è imperativo che il foro sia pulito e che il fluido di sostentamento rientri nei limiti specifici e questo deve essere verificato dall'ispettore prima dell'inserimento della gabbia di armatura nel fusto del palo. Le verifiche che possono essere richieste in cantiere all'ispettore comprendono:

- Slump
- Contenuto d'aria
- Temperatura
- test campioni ("provini")



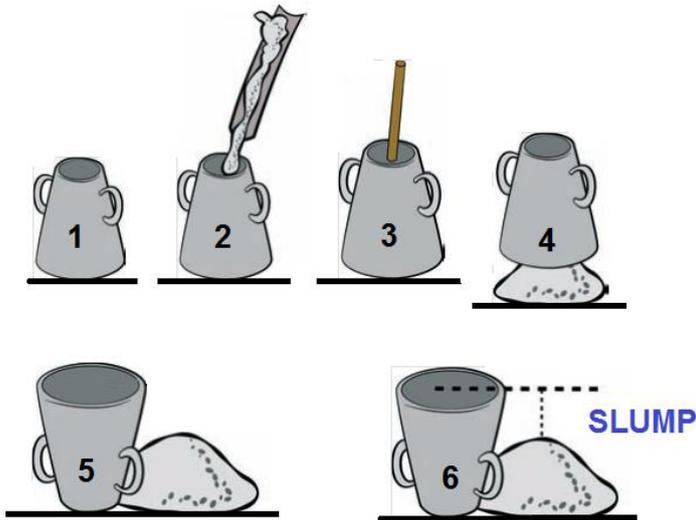
### CONCETTO DELLO SLUMP TEST

L'obiettivo del test è di misurare la consistenza del calcestruzzo. Molti fattori sono presi in considerazione al momento del test per determinare i requisiti di resistenza del calcestruzzo, e per assicurarsi che sia utilizzata una miscela coerente di cemento durante l'esecuzione del getto. Il test determina inoltre la "laborabilità" del calcestruzzo, che fornisce una scala dei vari "slump". Gli ingegneri utilizzano i risultati per modificare poi la miscela di calcestruzzo, regolando il rapporto cemento-acqua o l'aggiunta di plastificanti per aumentare il crollo della miscela di calcestruzzo.



### ESECUZIONE DEL TEST CON IL CONO DI ABRAMS:

La prova effettuata con il cono di Abrams permette di valutare la consistenza del calcestruzzo. La prova è molto semplice; qui di seguito sono indicate, in sequenza, le regole per eseguirla.



1. Poni il cono di Abrams su di un piano orizzontale e ben pulito,
  2. Riempi il cono, fino a un terzo della sua altezza, con il calcestruzzo che devi analizzare.
  3. Costipi, con il pestello apposito. (con 25 colpi eseguiti con un tondino di 16mm di diametro).
- Di seguito, riempi per un altro terzo il cono e procedi alla costipazione. Ripeti di nuovo fino a riempire il cono.

4. solleva il cono verticalmente. Il calcestruzzo in esso contenuto si verserà sul piano orizzontale.
5. solleva il cono completamente, rovescialo e appoggialo sul piano.
6. misura lo "slump", o abbassamento del calcestruzzo, rispetto all'altezza del cono medesimo.

La misura dello slump (in millimetri) è un indice che ci permette di definire la consistenza del calcestruzzo.

Troviamo un'indicazione nelle tabelle riportate a lato.

Diciamo semplicemente, che per i pali trivellati tradizionalmente si usa un calcestruzzo con consistenza **S4**.

Classe di consistenza	<b>S1</b>	Classe di consistenza	<b>S2</b>
Slump	10-40	Slump	50-60
Denominazione	Umida	Denominazione	Plastica
Classe di consistenza	<b>S3</b>	Classe di consistenza	<b>S4</b>
Slump	100-150	Slump	160-210
Denominazione	Semifluida	Denominazione	Fluida
Classe di consistenza	<b>S5</b>		
Slump	>220		
Denominazione	Superfluida		

## ESECUZIONE DEL GETTO DE PALO CON IL SISTEMA «CONTRACTOR»

Per porre in opera il calcestruzzo, destinato a costituire il fusto del palo nello scavo pieno di fluido di perforazione, (soluzione d'acqua / bentonite e, o polimeri) è utilizzata la tecnica dei getti subacquei attraverso tubi comunemente conosciuta come sistema “**contractor**”

Schematicamente il sistema può essere descritto così:

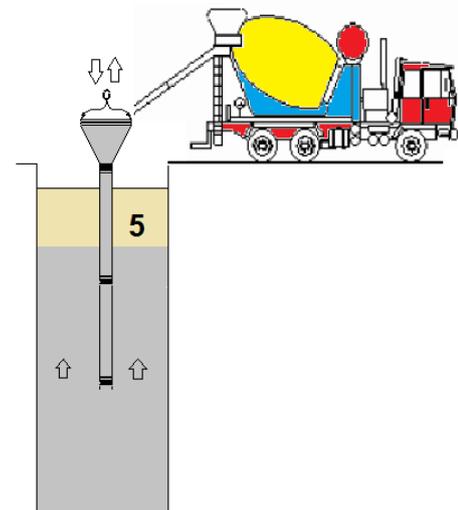
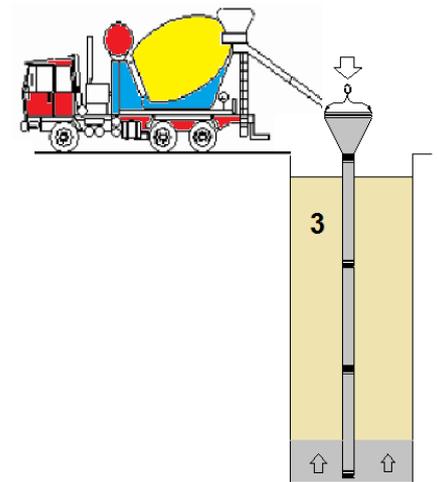
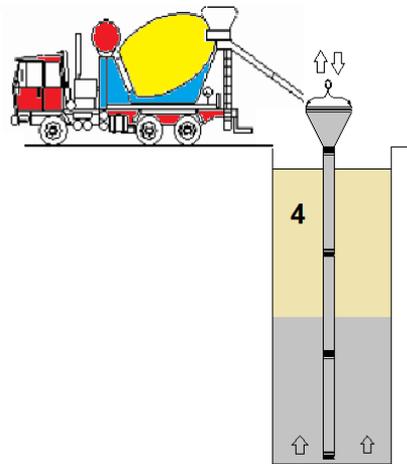
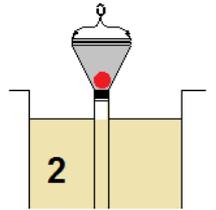
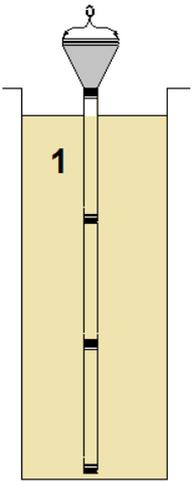
**1)** Posa in opera entro lo scavo, pieno di fluido di perforazione di una tubazione metallica, provvista all'estremità superiore di un imbuto della capacità di circa 500 litri. L'estremità inferiore è lasciata a una distanza di  $0,20 \pm 0,40$  metri dal fondo dello scavo.

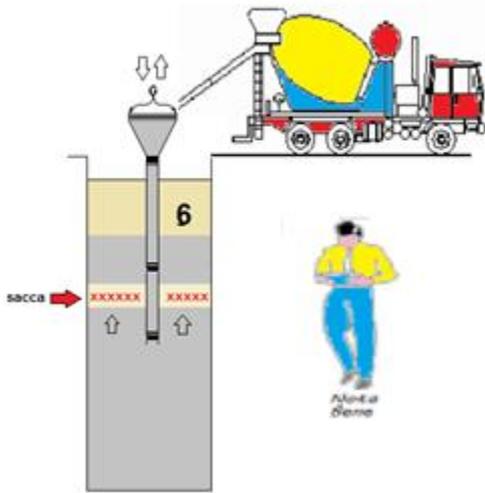
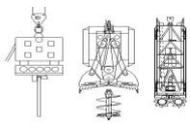
**2)** Formazione, entro il tubo, di un tappo di malta cementizia avente una consistenza plastica. La funzione di questo tappo è di evitare la miscelazione del calcestruzzo con il fango che riempie la colonna durante la discesa del primo impasto. (si può usare anche un semplice pallone di plastica, o delle sfere di polistirolo)

**3)** Posa in opera attraverso l'imbuto e la colonna di tubi del primo calcestruzzo sino a che, attorno al piede della tubazione, si sia formato un bulbo avente, un'altezza minima di un metro.

**4)** Proseguimento del getto continuando l'alimentazione del calcestruzzo; aiutando il deflusso del calcestruzzo, con movimenti della colonna di getto assiali e alternati verso l'alto e verso il basso.

**5)** Rimozione dei tubi durante la risalita del cemento **previo controllo della risalita effettiva** con l'ausilio dello scandaglio; poiché non si sa mai effettivamente, cosa è successo nel palo durante le trivellazioni; e per questo motivo non ci si deve fidare del consumo “**teorico**”, calcolato, ma va **accertato** misurando la risalita “**reale**”.





6) L'estremità inferiore del tubo all'interno della massa del calcestruzzo **non deve essere inferiore a 3 metri** altrimenti si può rischiare di "tagliare il palo". Si formerà cioè una sacca di fango (bentonite/polimero + boiaccia e calcestruzzo) tra la massa inferiore del calcestruzzo e quella superiore, interrompendo, di fatto, la capacità portante del palo.

Seguendo queste regole il calcestruzzo defluisce nello scavo dal basso verso l'alto e la porzione degradata dal contatto con il fango non si mescola con il rimanente cemento. Al termine dell'operazione, tale porzione sarà rimossa facilmente trovandosi nella parte superiore dello scavo.

### I VOLUMI DEL CALCESTRUZZO

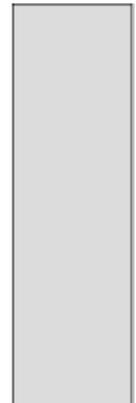
Come facciamo a sapere se il calcestruzzo ordinato all'impianto è sufficiente? quanto cemento dovrebbe andare in questo palo e quanto ne viene immesso realmente ?

L'ispettore ha a disposizione due volumi di calcestruzzo, il "teorico" e il "reale".

Teoricamente, infatti, il palo dovrebbe assorbire "X" metri cubi di calcestruzzo per ogni metro cubo inserito.

Calcolando il volume teorico il palo può arrivare a "X". Come sappiamo, però l'esecuzione del palo, presenta tante incognite e deve essere determinato mediante il controllo del consumo effettivo; confrontando cioè, il volume immesso realmente, al teorico, l'ispettore può così ottenere una "sensazione" di quanto sta accadendo sotto la superficie del suolo.

$$\frac{m^3}{r^2 \pi L}$$

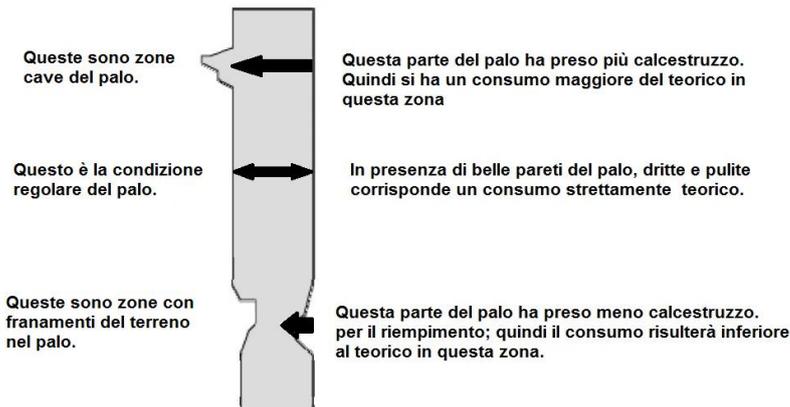


Condizione teorica del palo.

#### Ad esempio:

Mettiamo il caso che ci troviamo a riempire un palo avente, un diametro "1000" e profondo **25 metri lineari**. Dopo avere immesso la prima betoniera di calcestruzzo da **10 m<sup>3</sup>** e teoricamente

dovremmo aver ottenuto una risalita teorica di **1,27 metri lineari** per ogni **metro cubo** di calcestruzzo e misurando il palo quindi trovarci ad una quota di getto di:  $(1,27 \times 10) = 12,7 \text{ m}^3$  **immessi** con la misura a :  $25 - 12,7 = 12,3$ ; invece ci troviamo a **8 metri**. Qualcosa sta prendendo spazio nel palo o è crollata improvvisamente una porzione di terreno e vi è un sovra consumo del calcestruzzo.



Quindi, in conformità a queste illustrazioni, sappiamo che se si confronta il consumo reale ai volumi teorici, durante. Il getto del palo, avremo una maggiore sensibilità per ciò che sta accadendo sotto terra. Questo è preparato con le curve del volume di calcestruzzo. durante il getto. L'ispettore prepara il grafico, calcola il teorico e poi, durante il getto, determina il volume di calcestruzzo reale immesso dopo ogni carico, e con questi valori, forma una trama nel grafico rispetto al teorico.

**CALCOLO DEL VOLUME TEORICO DI CALCESTRUZZO**

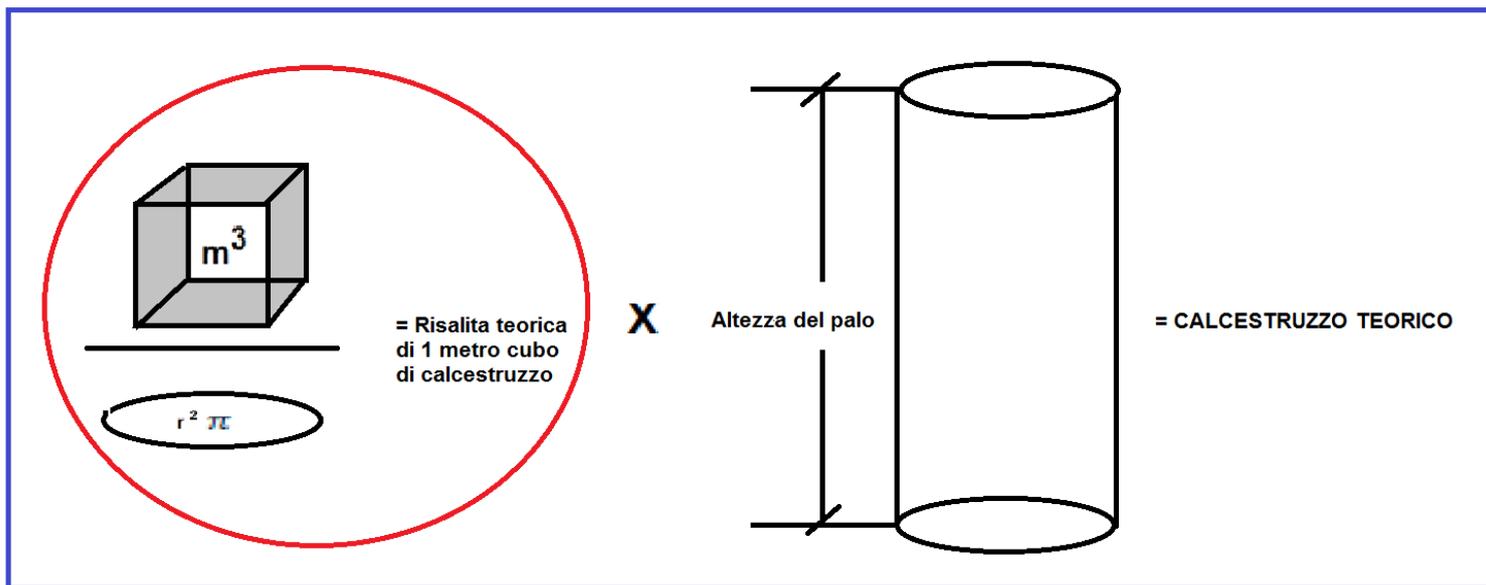


Tabella di calcolo dei volumi teorici e di consumo del calcestruzzo nei pali trivellati

	Raggio	Raggio	Area m <sup>2</sup>	Ris. m <sup>3</sup> /ml	Teor. m <sup>3</sup> /ml	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
<b>600</b>	0,30	0,30	0,283	3,539	3,539	3,715	3,892	4,069	4,246	4,423	4,600	4,777	4,954	5,131
<b>800</b>	0,40	0,40	0,502	1,990	1,990	2,090	2,189	2,289	2,389	2,488	2,588	2,687	2,787	2,886
<b>1000</b>	0,50	0,50	0,785	1,274	1,274	1,338	1,401	1,465	1,529	1,592	1,656	1,720	1,783	1,847
<b>1200</b>	0,60	0,60	1,130	885	885	929	973	1,017	1,062	1,106	1,150	1,194	1,238	1,283
<b>1500</b>	0,75	0,75	1,766	566	566	594	623	651	679	708	736	764	793	821
<b>1600</b>	0,80	0,80	2,010	498	498	522	547	572	597	622	647	672	697	722
<b>1800</b>	0,90	0,90	2,543	393	393	413	432	452	472	491	511	531	550	570
<b>2000</b>	1,00	1,00	3,140	318	318	334	350	366	382	398	414	430	446	462
<b>2500</b>	1,25	1,25	4,906	204	204	214	224	234	245	255	265	275	285	296
<b>3000</b>	1,50	1,50	7,065	142	142	149	156	163	170	177	184	191	198	205

Volumi teorici con aumento fino al 45 % per i pali più frequenti.