



Commissario Straordinario Unico
per il coordinamento e la realizzazione degli interventi di collettamento,
fognatura e depurazione delle acque reflue urbane (Sentenze di condanna
della Corte di Giustizia dell'Unione Europea C- 565/10 e C-85/13)
D.P.C.M. del 26/04/2017



REGIONE CAMPANIA
IMPIANTO DI DEPURAZIONE NAPOLI EST
Deliberazione CIPE n.60 del 30 aprile 2012 (ID 33518)

GARA DI SERVIZI PER PIANO
DI INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE
(art. 23, comma 8 del D.Lgs 50/2016)

Elaborato:

ED.04

Titolo:

DISCIPLINARE TECNICO
INDAGINI INTEGRATIVE

Data:

15/02/2019

Il Progettista e DEC
Ing. Giovan Battista Pasquariello

Il Responsabile del Procedimento
Ing. Roberto Vacca

INDICE

1. Specifiche tecniche per l'esecuzione delle indagini	2
1.1 Tipologia d'indagine	3
1.2 Attività di Indagine.....	4
1.2.1 Indagini geofisiche - Prospezione sismica in foro di sondaggio (down-hole).....	4
1.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo.....	6
1.2.3 Piezometri	9
1.2.4 Prelievo di campioni indisturbati	10
1.2.5 Indagini CPTU	11
1.2.6 Indagini SPT	15
2. Prove di laboratorio	17
3. Tempi di esecuzione	18

1. SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE INDAGINI

Oggetto delle presenti specifiche tecniche è la descrizione delle caratteristiche previste per la esecuzione della tipologia di indagini geognostiche integrative funzionali alla redazione del Progetto Esecutivo "Adeguamento funzionale dell'impianto di depurazione di Napoli Est"

Il numero e la tipologia delle indagini da eseguire e delle prove di laboratorio da effettuare sui campioni indisturbati prelevati sono riportati nell'elab. A.02 e riassunti nel seguito, mentre l'ubicazione delle indagini integrative previste è riportato nell'elab. A.02.1

Le attività di indagine saranno condotte nel rispetto delle "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche" emanate dall'Associazione Geotecnica Italiana (1997) e delle "Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche", A.N.I.S.I.G.

Le raccomandazioni e le indicazioni contenute nei suddetti documenti si danno per accettate da parte dell'Affidatario che dichiara, pedissequamente alla firma del contratto, di conoscerle perfettamente.

Si fa presente, quindi, che tutto ciò che non è riportato nelle seguenti specifiche dovrà farsi riferimento alle raccomandazioni sopra citate.

Tutti i servizi previsti nel presente Piano delle indagini dovranno essere eseguiti con i più moderni e perfezionati strumenti e mezzi meccanici, in termini di produttività e numero tali da assicurare l'ultimazione delle prestazioni richieste secondo la tempistica.

Prima dell'avvio delle indagini, saranno condotte tutte le attività necessarie affinché l'esecuzione delle stesse avvenga in condizioni di sicurezza per i lavoratori impegnati.

Tutte le attività in oggetto dovranno essere eseguite da personale specializzato ed opportunamente istruito utilizzando strumentazione e procedure di sicurezza adeguate alle attività da svolgersi.

In particolare, l'Affidatario dovrà assicurarsi che:

- i punti di indagine siano accessibili e, ove necessario, richiedere i relativi permessi di accesso;
- il personale impiegato sia numericamente sufficiente e professionalmente idoneo allo svolgimento del lavoro da effettuare nei tempi previsti;
- ogni procedura sia opportunamente documentata ed effettivamente eseguita;
- tutte le procedure descritte nel presente documento siano effettivamente applicabili nella realtà, che queste siano applicate e/o non comportino contaminazione o alterazione alle matrici in sito, ai campioni, o pregiudichino la sicurezza degli operatori;
- siano poste in atto le disposizioni di legge relative alla sicurezza sui luoghi di lavoro.

Nel caso che parte delle procedure previste dal Piano di indagini non siano applicabili, il tecnico responsabile deve provvedere a documentare le variazioni che ritiene opportune, che potrà

intraprendere solo previa autorizzazione del *Responsabile Unico del Procedimento* e del *Commissario Straordinario Unico*.

Affidatario dovrà garantire il rispetto di tutte le norme in materia di sicurezza sul lavoro e di igiene pubblica (D.Lgs. 81/2008). L'Affidatario dovrà pertanto predisporre tutte le misure (igieniche, di protezione collettiva ed individuale, di emergenza ecc.) necessarie a svolgere in completa sicurezza le varie tipologie di attività sia per il proprio personale incaricato, sia per il personale esterno che potrà essere presente durante l'esecuzione del Servizio, da riportare nel *Piano di Sicurezza e Coordinamento*.

Il suddetto *Piano di Sicurezza e Coordinamento* dovrà essere consegnato al *Responsabile Unico del Procedimento* (di seguito indicato RUP) e al *Commissario Straordinario Unico* nelle more del perfezionamento della consegna lavori.

Sarà cura del RUP o di un suo Referente fornire indicazioni, durante il corso delle attività, circa eventuali variazioni sull'ubicazione delle indagini, le quantità da eseguire e le profondità da raggiungere, le quote per il prelievo di campioni ecc., a cui l'Affidatario si dovrà rimettere.

Al termine della campagna geognostica dovrà essere redatta una Relazione Tecnica finale ed un Rapporto di Sintesi sulle attività svolte e sui risultati ottenuti.

Tutti i dati dovranno essere forniti:

- in versione cartacea (in n. 2 copie) e su supporto digitale;
- in formato editabile (.doc; .xls; o altro formato) e in formato digitale (.pdf).

1.1 TIPOLOGIA D'INDAGINE

Con riferimento alle peculiarità dell'area di interesse, le indagini geognostiche saranno rivolte alla individuazione dell'assetto stratigrafico, alla definizione di alcune grandezze utili alla caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi presenti nonché del livello di falda.

Si specifica che tutti i sondaggi dovranno essere a carotaggio continuo.

Le cassette catalogatrici destinate a contenere le carote di materiale prelevato dovranno essere custodite dall'Affidatario del servizio per un periodo non inferiore ai 10 (dieci) mesi o comunque su indicazione del *Responsabile Unico del Procedimento*.

Per quanto concerne i campioni indisturbati da prelevare si precisa che essi dovranno essere prelevati nei sondaggi e alle profondità indicate, di volta in volta, dal RUP o da un suo Referente.

I suddetti campioni dovranno essere destinati a laboratorio geotecnico per prove geotecniche finalizzate alla caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni.

1.2 ATTIVITÀ DI INDAGINE

1.2.1 Indagini geofisiche - Prospezione sismica in foro di sondaggio (down-hole)

Le attrezzature geofisiche dovranno essere adeguate alla tipologia delle indagini richieste e dovranno essere a disposizione dell'impresa dall'inizio delle indagini geognostiche.

Qualora le strumentazioni geofisiche non fossero ritenute idonee allo scopo, il RUP ha facoltà di richiederne l'immediata sostituzione, sospendendo le indagini sino a sostituzione avvenuta, senza che l'impresa possa vantare alcun compenso.

L'ubicazione dei profili indagine sarà fissata dal RUP, e rimarrà comunque facoltà dello stesso variarla in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che l'impresa possa vantare alcun compenso.

Realizzazione di profili diversi da quelli concordati comporterà la ripetizione dei profili nei luoghi precedentemente stabiliti; ciò senza che l'impresa possa vantare alcun compenso.

- Prospezione sismica in foro di sondaggio (down-hole)

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici generati in superficie ad un ricevitore posto all'interno di un foro di sondaggio verticale, adeguatamente rivestito con apposita tubazione. Sono previste n. 3 down-hole DH1-DH2-DH3 di altezza pari a h=30m.

La prova consente la misura diretta delle velocità di propagazione VP delle onde di compressione (onde P) e VS delle onde di taglio (onde S) e la determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche.

Le normative e le specifiche di riferimento sono: ISRM Commission on Testing Methods (1988) – Suggested Methods for Seismic Testing Within and Between Boreholes – Part 2: Suggested Method for Seismic Testing Within a Borehole.

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- tubazione con sezione circolare in PVC, con spessore > 3 mm e diametro interno compreso fra 75 e 100 mm, in spezzoni di 3 metri da assemblare mediante filettatura M/F oppure mediante manicotti di giunzione;
- sistema di energizzazione costituito da una massa battente manovrata a mano (mazza da 10 kg), agente a percussione in diverse direzioni su un massello di legno o calcestruzzo, ben saldato al terreno e posto nelle adiacenze della testa del foro; potranno essere utilizzati anche un percussore oleodinamico agente all'interno di una piccola cassaforma interrata, oppure altri dispositivi concordati con la direzione dei lavori; è onere e responsabilità dell'impresa dimensionare correttamente il sistema di energizzazione, in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni, che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive

alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse; la sorgente di energia superficiale dovrà essere collocata ad una distanza adeguata dalla bocca del foro in funzione della migliore risoluzione dell'indagine stessa;

- se richiesto dalla direzione dei lavori, nelle adiacenze della testa del foro, si dovrà realizzare un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm, inserito nel terreno per 20 cm e reso ben solidale con il medesimo; il cubo deve, a presa ed indurimento avvenuti, essere resistente alla percussione manuale con mazza da 10 kg e deve essere privo di lesioni, fratture, fessure da ritiro; in alternativa al cubo, sempre se richiesto, dovrà essere realizzato un alloggiamento interrato in cls per l'uso di un percussore idraulico;
- geofono da foro tridimensionale, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, e di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; il ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- sismografo registratore a 12 canali, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura, impiegando iterativamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP), previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, in accordo con il progetto delle indagini;
- generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione e delle onde di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale d'indagine.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza non inferiore a 1 misura ogni metro di sondaggio.

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- *le informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione mediante GPS, data, nominativo dell'operatore);*
- *le modalità esecutive del foro;*
- *lo schema geometrico di ogni tubazione installata;*
- *la quota assoluta o relativa della testa della tubazione di misura;*
- *le caratteristiche della tubazione installata;*

- *le modalità di iniezione, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;*
- *i sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;*
- *la relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:*
- *gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;*
- *diagrafie riportanti:*
- *stratigrafia del sondaggio;*
- *tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;*
- *velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione;*
- *velocità intervallari delle onde di compressione e di taglio;*
- *attenuazione e fattore qualità;*
- *coefficiente di Poisson dinamico;*
- *modulo di elasticità dinamico;*
- *modulo di taglio dinamico;*
- *modulo di compressibilità dinamico;*
- *tracce sismografiche onde di compressione;*
- *tracce sismografiche onde di taglio;*
- *risultanze finali ed interpretative.*

1.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo

Le perforazioni dovranno essere eseguite mediante **sondaggi a carotaggio continuo** finalizzati al campionamento di carote per la ricostruzione delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geotecniche. Sono previsti n. 5 sondaggi S1-S2-S3-S4-S5 L=30m dal piano campagna.

I sondaggi meccanici hanno lo scopo di:

- *ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti (carote);*
- *consentire il prelievo di campioni a disturbo limitato e/o indisturbati per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche;*
- *consentire l'esecuzione di rilievi e misure sulle acque sotterranee;*
- *consentire, mediante l'esecuzione di prove in sito, la determinazione delle proprietà geotecniche del terreno in sede.*

I macchinari di perforazione dovranno essere di potenza adeguata ed attrezzati per le prestazioni da eseguire. Qualora l'attrezzatura installata nel cantiere di perforazione non fosse ritenuta idonea allo scopo, il *Commissario Straordinario Unico* avrà la facoltà di richiederne l'immediata sostituzione, sospendendo le indagini sino a sostituzione avvenuta, senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

E' facoltà del *Commissario Straordinario Unico* variare l'ubicazione dei punti di perforazione in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

Tutte le attrezzature necessarie per lo svolgimento del programma dovranno necessariamente essere presenti in cantiere dal giorno di inizio delle indagini.

Il sondaggio, una volta ultimato, se non dovrà essere condizionato per l'esecuzione di prove sismiche o altro, verrà riempito con materiale di risulta, ovvero con miscele cementizie, se esplicitamente richiesto dal *Responsabile Unico del Procedimento* e dal *Commissario Straordinario Unico*.

Le modalità esecutive dei sondaggi saranno tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati consentendo il prelievo continuo di sottosuolo rappresentativo (carote). La tecnica di perforazione deve essere adatta alla tipologia e alla natura del terreno, mediante la scelta appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona, della velocità di avanzamento. I sondaggi saranno eseguiti senza circolazione di fluido.

Dovranno essere in ogni caso rispettate le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce emanate con Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici dell'11 marzo 1988 e secondo il D.M. 14 gennaio 2008.

I sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di carote saranno preferibilmente realizzati con una sonda meccanica a rotazione (di opportuna potenza per le profondità di progetto), a carotaggio continuo con diametro da 86 a 127 mm. È richiesto l'utilizzo del carotiere singolo e/o del doppio carotiere.

Tale carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato deve essere caratterizzato da una percentuale di recupero $\geq 80\%$.

Il carotaggio sarà eseguito a secco, senza fluido di perforazione, se sarà utilizzato carotiere semplice; nel caso si ritenga indispensabile e, concordato con il *Responsabile Unico del Procedimento*, con fluido di circolazione se si utilizzano carotieri doppi-tripli.

Nei terreni prelevati a secco, qualora l'espulsione della carota dal carotiere sia eseguita con pressione idraulica, dovranno essere impiegati tamponi a tenuta.

In terreni scistosi o comunque in ammassi molto fratturati dovranno essere utilizzati carotieri apribili.

L'eventuale impiego di corone speciali (al diamante) dovrà essere realizzato in terreni e rocce con durezza da "medio dure" a "molto abrasive".

Gli utensili di perforazione devono essere costituiti da :

- *Carotieri semplici*, con valvola di testa a sfera e calice:
Diametro nominale \varnothing est = 101 ÷ 146 mm
Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm
- *Carotiere doppio* a corona sottile (T2) o grossa (T6) con estrattore:
Diametro nominale \varnothing est = 101 ÷ 146 mm
Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm

- *Carotiere doppio* con portacampione interno apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore a calice.
Diametro nominale \varnothing est ≥ 100 mm
Lunghezza utile L = 150 cm
- *Cestello di ritenuta* alla base per il carotaggio dei tratti costituiti da materiali grossolani sciolti
- *Corone* di perforazione in widia e diamante, del tipo adatto ai terreni incontrati.
- *Aste* di perforazione con filettatura tronco-conica.
Diametro esterno \varnothing est = 60 ÷ 76 mm.

Gli utensili di perforazione da utilizzare saranno comunque tali da consentire l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio senza che avvengano fratturazioni e dilavamento.

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere consegnate in cassette catalogatrici da 5 metri in plastica. Sui bordi e sul coperchio di ciascuna cassetta verranno riportate le quote delle carote rispetto al piano campagna e sui coperchi verranno applicate etichette adesive contenenti i seguenti dati:

- *committente;*
- *lavoro;*
- *sondaggio;*
- *coordinate cartografiche del sondaggio secondo il sistema di riferimento UTM WGS84 fuso 33N;*
- *numero della cassetta;*
- *quota (da m ... a m ...);*
- *data esecuzione.*

Le singole cassette verranno fotografate con fotocamera digitale entro 24 ore dal loro completamento.

Dovranno far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- *scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo foro;*
- *penetrometro tascabile, fondo scala = 5 kg/cm²;*
- *Van Test, fondo scala 2 kg/cm².*

Ciascuna posizione sarà verificata in sito tenendo presente l'accessibilità ed il rispetto delle condizioni di sicurezza dei lavoratori.

Il Geologo responsabile del cantiere realizzerà un profilo stratigrafico del sondaggio, inteso come rappresentazione della successione dei terreni attraversati dai mezzi di indagine; tale profilo sarà composto dai seguenti elementi:

- *dati generali e tecnici;*
- *denominazione del cantiere;*
- *committente;*

- *impresa esecutrice;*
- *numero del sondaggio;*
- *coordinate cartografiche del sondaggio secondo il sistema di riferimento UTM WGS84 fuso 33N;*
- *quota p.c..*

La descrizione stratigrafica dovrà contenere almeno le seguenti informazioni:

- *tipo di terreno attraversato;*
- *condizione di umidità naturale;*
- *consistenza;*
- *colore o colore prevalente;*
- *struttura;*
- *presenza e quote di falda;*
- *particolarità aggiuntive;*
- *litologia ed origine;*
- *percentuale di recupero;*
- *prove speditive realizzate lungo ogni metro di carota (Pocket penetrometro, Van Test);*
- *quota di eventuali prove geotecniche in foro;*
- *quota prelievo campioni.*

Durante le fasi lavorative per evitare franamenti delle pareti del foro la perforazione dovrà essere eseguita, se necessario, impiegando camice di rivestimento provvisorio di diametro da 127 a 152 mm.

La necessità della posa di tubi di rivestimento provvisorio nel foro di sondaggio è da valutare in relazione alle reali caratteristiche del terreno: in particolare si adotteranno nei casi in cui sussista il rischio di franamenti delle pareti del foro stesso.

L'impresa potrà proporre l'impiego di rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, subordinandone l'uso all'approvazione della direzione dei lavori.

In particolare la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di certo autosostentamento delle pareti.

1.2.3 Piezometri

I sondaggi che dovranno essere allestiti a piezometri per il monitoraggio della falda. Sono previsti n. 2 piezometri PIEZ-1, PIEZ-2 da attrezzare nei sondaggi S1 e S5 ed avranno una profondità massima pari a 30m.

Il foro sarà completato con una tubazione in PVC del diametro minimo di 4".

La tubazione sarà microfessurata, con luce di 0,5 mm, nel tratto compreso dal fondo foro fino a al tetto di calcari, e cieca dello stesso diametro e materiale nel rimanente tratto. Ad ogni modo

l'allestimento dei piezometri (tratti ciechi e tratti drenanti) sarà decisa dal *Responsabile del Procedimento* a cui l'Affidatario si rimette.

Lo spazio anulare tra la tubazione e il foro sarà riempito con sabbia silicea lavata e calibrata (1-3 mm) fino a 50 cm sopra il tratto fessurato. Al fine di evitare l'infiltrazione delle acque superficiali, il restante spazio sarà riempito con bentonite in pellets per circa 50 cm e con una miscela cementizia fino a bocca pozzo.

1.2.4 Prelievo di campioni indisturbati

Per il prelievo di campioni indisturbati (classe Q5) in terreni di consistenza medio-elevata si utilizzeranno i campionatori di tipo Shelby. Si prevede il prelievo almeno di n. 3 campioni indisturbati per ciascun sondaggio effettuato.

Il Campionatore tipo Shelby è costituito da una fustella a parete sottile, collegata ad una testina nella parte sommitale dotata di filettatura per il collegamento con la batteria di aste. La testina al suo interno ha una valvola a sfera di acciaio e diverse luci di scarico per creare un effetto vuoto quando il campione viene sollevato. Generalmente questo campionatore è utilizzato per terreni con indici di consistenza maggiori, compresi tra 0.6 e 1. Il campionatore verrà infisso nel terreno, senza rotazione, a velocità e pressione costante sfruttando la traslazione verso il basso della testa motrice idraulica. È raccomandata l'infissione a pressione in unica tratta.

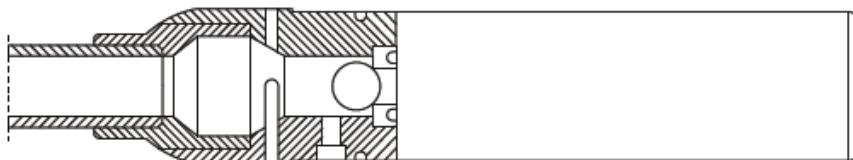


Figura 3. Campionatore Shelby

Caratteristiche tecniche del campionatore tipo 'Shelby'.

CAMPIONATORE	
Materiale	Policarbonato trasparente
Diametro esterno:	101 mm
Diametro interno:	96 mm
Spessore:	2 mm
Rapporto delle aree:	8.4 %
Lunghezza:	1.0 m
SCARPA	
Materiale:	Acciaio inox
Lunghezza:	25 mm
Angolo di taglio:	5°

1.2.5 Indagini CPTU

Dovranno essere eseguite n 12 prove CPTU (Cone Penetration Test con piezocono) fino a rifiuto e comunque non oltre un'altezza di 15m dal piano campagna.

La prova dovrà essere effettuata secondo le modalità contenute nella norma ASTM n° D3441, o comprese nella "Raccomandazione" ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1989).

La prova con piezocono viene eseguita con un'attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto elencato:

- resistenza alla penetrazione statica q_c della punta conica e resistenza per attrito laterale f_s ;
- pressione del terreno, inclusa la sovrappressione del fluido interstiziale indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione del fluido interstiziale indotta nel terreno, a quote predeterminate.

La prova si esegue infiggendo a velocità costante nel terreno una punta conica tramite un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste cave, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- Dispositivo di spinta
- Martinetto idraulico in grado di esercitare sulla batteria di aste cave la spinta precisata nel programma delle indagini. La corsa deve essere pari a 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2.0 cm/s (± 0.5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.
- Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale da poter usufruire per intero della propria capacità totale di spinta.
- Piezocono
- Punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, con le seguenti dimensioni:
 - diametro di base del cono: $\varnothing_{bc} = 34,8 \div 36,0$ mm;
 - angolo di apertura del cono: 60° ;
 - La punta permetterà la misura di:
 - resistenza alla punta q_c ;
 - resistenza per attrito laterale f_s ;
 - pressione interstiziale $u + \Delta u$.

Il parametro f_s sarà relativo ad un manicotto di attrito liscio con le seguenti dimensioni:

- diametro $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0,35$ mm;
- superficie laterale $A_{ma} = 147 \div 153$ cm².

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

Il parametro $u + \Delta u$ (pressione neutra + sovrappressione interstiziale indotta) sarà misurato con filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono.

La punta di tipo elettrico è strumentata con celle di carico estensimetriche con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg. per qc;
- 750 kg. per fs.

Qualora necessario, la Direzione dei Lavori si riserva di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa.

La punta sarà dotata di sensore inclinometrico per la misura della deviazione dalla verticale.

Il trasduttore di pressione deve essere a piccola variazione di volume, con fondo scala proporzionale alla pressione idrostatica prevedibile alla quota di fine prova prevista in programma; la misurazione della pressione deve avvenire in forma continua.

La sostituzione del filtro deve essere eseguita ad ogni estrazione della punta dal terreno.

Aste

Aste di tipo cavo del diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta sono previsti:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico di qc, fs, $u + \Delta u$;
- registratore grafico o stampante numerica su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura, o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- visore per la lettura istantanea dei valori delle grandezze misurate, in forma digitale;
- registratore su nastro magnetico dei dati misurati;
- sincronizzatore della velocità di avanzamento punta/registratore grafico.

Attrezzature di disaerazione

Filtro poroso e cono devono essere perfettamente disaerati con l'uso di una delle sottoelencate metodologie:

- cella di disaerazione sotto vuoto con acqua distillata; disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente lunghezza, in funzione del tipo di filtro;
- contenitori sottovuoto con glicerina calda, con vibratore ad ultrasuoni per la disaerazione del filtro, il cono viene disareato tramite iniezione con siringa di glicerina.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti all'impresa, subordinandone l'adozione all'approvazione della Direzione dei Lavori.

Tarature e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta) debbono essere eseguiti i seguenti controlli:

- a. le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono devono essere ispezionate con regolarità per accertarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno.
- b. il piezocono deve essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura.
- c. la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) deve essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5 % del valore misurato;
 - 1 % del valore di fondo scala.

Tale precisazione deve essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere. Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono devono essere sempre disponibili in cantiere.

Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, essi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta deve essere inserita nel preforo e lasciata ferma per 10 minuti, per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine del 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova devono essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali annotazioni finali devono fare parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

Metodologia di prova

Il penetrometro deve essere posizionato in modo tale da garantire la verticalità dell'applicazione del carico.

La prova si inizia alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma.

La prova sarà eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala per uno dei sensori relativi a resistenza qc. fs o pressione interstiziale;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella dell'interruzione della prova.

Alle quote indicate dal programma si eseguiranno le prove di dissipazione operando come di seguito indicato:

- arresto della penetrazione;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti primi; la lettura sarà registrata manualmente sul grafico.

La prova sarà considerata conclusa al 60% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

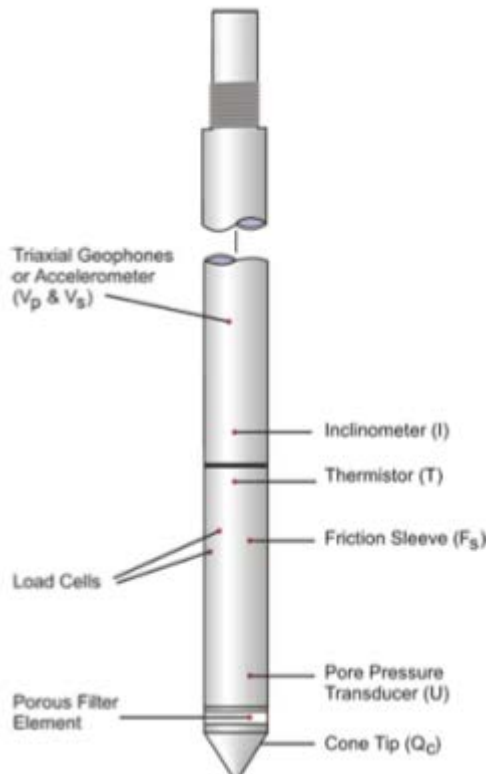
Documentazione

La documentazione preliminare comprenderà:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche del piezocono;
- fotocopia dei grafici di cantiere con indicazione delle scale risultanti dalla prova su supporto magnetico CD Rom ed in formato da concordare.

La documentazione definitiva comprenderà:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- grafici di qc, fs, u + Δu , in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici ed alle eventuali derive; i grafici relativi alle prove di dissipazione avranno i tempi in ascissa, in scala logaritmica;
- certificato di taratura dei piezoconi impiegati.



schema tipo della struttura del piezocono

1.2.6 Indagini SPT

La prova SPT è stata standardizzata dalle seguenti specifiche tecniche:

- AGI – Associazione Geotecnica Italiana 1977. Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche

Sono previste prove SPT ogni 3m per ciascun sondaggio effettuato

ATTREZZATURA

Le attrezzature da impiegarsi avranno le seguenti caratteristiche:

Campionatore :

- tubo campionatore in acciaio indurito con superfici lisce, apribile longitudinalmente con Diametro esterno 51+/- 1 mm;
- Diametro interno 35 +/- 1 mm,
- lunghezza minima escluso il tagliante principale superiore a 457 mm,
- lunghezza della scarpa tagliante terminale, con rastremazione negli ultimi 19 mm, L = 76 +/- 1 mm.

Il campionatore sarà dotato di valvola a sfera e apertura di scarico a sfiato. Non è prevista la dotazione di punta conica per la sostituzione del tagliante terminale.

ASTE

Le aste saranno dritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova < 0.1 % della lunghezza totale.

Sono ammesse le tipologie elencate nel prospetto seguente:

Diametro [mm]	Peso per metro lineare
40.5	4.23
50	7.23
60	10.03
70	10

DISPOSITIVO DI BATTUTA

Presenza di dispositivo di sollevamento automatico del maglio con peso totale < 115 kg, tale da garantire la caduta della massa battente senza rilevanti attriti.

- Peso massa battente: 63.5 +/- 0.5 kg
- Altezza di caduta: 760 mm +/- 2 mm

MODALITÀ DI ESECUZIONE

La prova dovrà essere eseguita a specifiche tecniche AGI - 1977 ed avverrà esclusivamente dopo aver attuato la pulizia del foro, avendo cura di evitare rifluimenti e franamenti delle pareti.

La prova viene prescritta mediante infissione del campionatore Raymond operata per percussione, con dispositivo di sganciamento automatico a cadenza regolare.

Nel corso della prova verranno misurati i colpi necessari per infiggere tre tratti della lunghezza di 15 cm ciascuno.

La prova verrà sospesa soltanto al superamento di un numero di colpi superiore a 50 per una lunghezza di infissione inferiore ai 15 cm nel primo tratto o di 100 colpi per una lunghezza di infissione inferiore ai 30 cm nella seconda parte della prova. In questo caso verrà accuratamente misurata la profondità di infissione raggiunta con questo numero di colpi e trascritta nelle note delle stratigrafie.

La prova si eseguirà infiggendo nel terreno alla base del sondaggio il campionatore per tre tratti consecutivi, di 15 cm ciascuno, annotando il numero dei colpi necessario per conseguire la penetrazione di ciascun tratto. I secondi due tratti avverranno con continuità e senza alcuna interruzione nella cadenza della battuta dei colpi.

Le fasi da seguire sono le seguenti:

- controllo con scandaglio centimetrato della quota del fondo foro confrontandola con la quota desunta dalla batteria di aste di perforazione o di pulizia del foro precedentemente fatta. Se la quota indicata dallo scandaglio risulta minore di oltre 5 cm di quella stimata per effetti di

rifluimenti del foro o di decantazione di detrito in sospensione nel fluido di perforazione, si eseguirà manovra di pulizia e successiva rimisurazione con scandaglio;

- - posizionamento a fondo foro della batteria di prova. La quota di inizio della prova SPT dovrà corrispondere a quella misurata con lo scandaglio; l'eventuale affondamento della batteria di aste per peso proprio dovrà essere annotato prima dell'esecuzione della prova;
- - infissione dei primi 15 cm contando ed annotando il numero dei colpi richiesto, fino ad un massimo di 50 colpi;
- - infissione del secondo tratto da 15 cm contando ed annotando il numero dei colpi relativi ;
- - infissione, in prosecuzione con il secondo tratto nella cadenza della battuta senza alcuna pausa, del terzo tratto da 15 cm contando ed annotando il numero dei colpi relativi sino ad un massimo di 100 colpi complessivi;
- - se a rifiuto, verifica mediante misura con metro centimetrato dell'infissione conseguita.

Ad estrazione avvenuta il campione prelevato viene misurato, descritto trascurando la parte alta composta da detriti, sigillato in contenitore adatto e trasportato al laboratorio.

In ogni caso viene escluso l'impiego della punta conica, ammesso esclusivamente dietro richiesta del Prestatore di Servizio/i in presenza di terreni ghiaiosi o ciottolosi o estremamente compatti.

DOCUMENTAZIONE DELLA PROVA SPT

La documentazione definitiva prevista deve comprendere, oltre alle informazioni generali sull'attrezzatura ed apparecchiatura impiegata valide per tutte le prove eseguite, per ciascuna prova:

- - diametro e profondità della tubazione provvisoria di rivestimento del foro
- - profondità misurata dallo scandaglio prima di eseguire la prova
- - annotazione se è stata eseguita manovra di pulizia del foro prima di svolgere la prova
- - profondità inizio prova misurata dalle aste di battuta
- - penetrazione, per peso proprio delle aste e el campionatore, se avvenuta
- - numero di colpi per ciascun tratto di 15 cm di infissione
- - lunghezza del campione prelevato e descrizione del materiale che lo costituisce
- - tipo di campionatore (aperto o chiuso) impiegato

In presenza di prove SPT consecutive con la profondità la documentazione comprende anche il grafico NSPT con la profondità.

2. PROVE DI LABORATORIO

I campioni indisturbati prelevati in situ durante l'esecuzione dei sondaggi devono essere analizzati da laboratori opportunamente certificati ed autorizzati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le analisi di laboratorio da effettuare per la caratterizzazione fisica, granulometrica (stacciatura e sedimentazione), meccanica e di deformabilità dei litotipi rinvenuti (prova di taglio diretto e prova edometrica) sono le seguenti:

Adeguamento funzionale dell'impianto di depurazione di Napoli Est
PROGETTO ESECUTIVO
PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE
Disciplinare Tecnico

- Analisi granulometrica: n.3 campioni per ciascun sondaggio = 15 campioni;
- Analisi granulometrica per sedimentazione: n.3 campioni per ciascun sondaggio = 15 campioni;
- Determinazione del contenuto di sostanze organiche: n.1 campione per ciascun sondaggio = 5 campioni;
- Prova di compressione edometrica: mediamente n. 2 campioni per ciascun sondaggio, max = 12 campioni;
- Prova di taglio diretta consolidata drenata: mediamente n. 2 campioni per ciascun sondaggio, max = 12 campioni.

3. TEMPI DI ESECUZIONE

I tempi di esecuzione delle indagini e delle prove di laboratorio sui campioni prelevati sono di **20 giorni (venti)** naturali e consecutivi dalla data dell'Ordine di Servizio di inizio delle attività.

Il progettista e DEC
Ing. Giovan B. Pasquariello

