



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
delle Infrastrutture
e dei Trasporti

ENAS



Ente acque della Sardegna

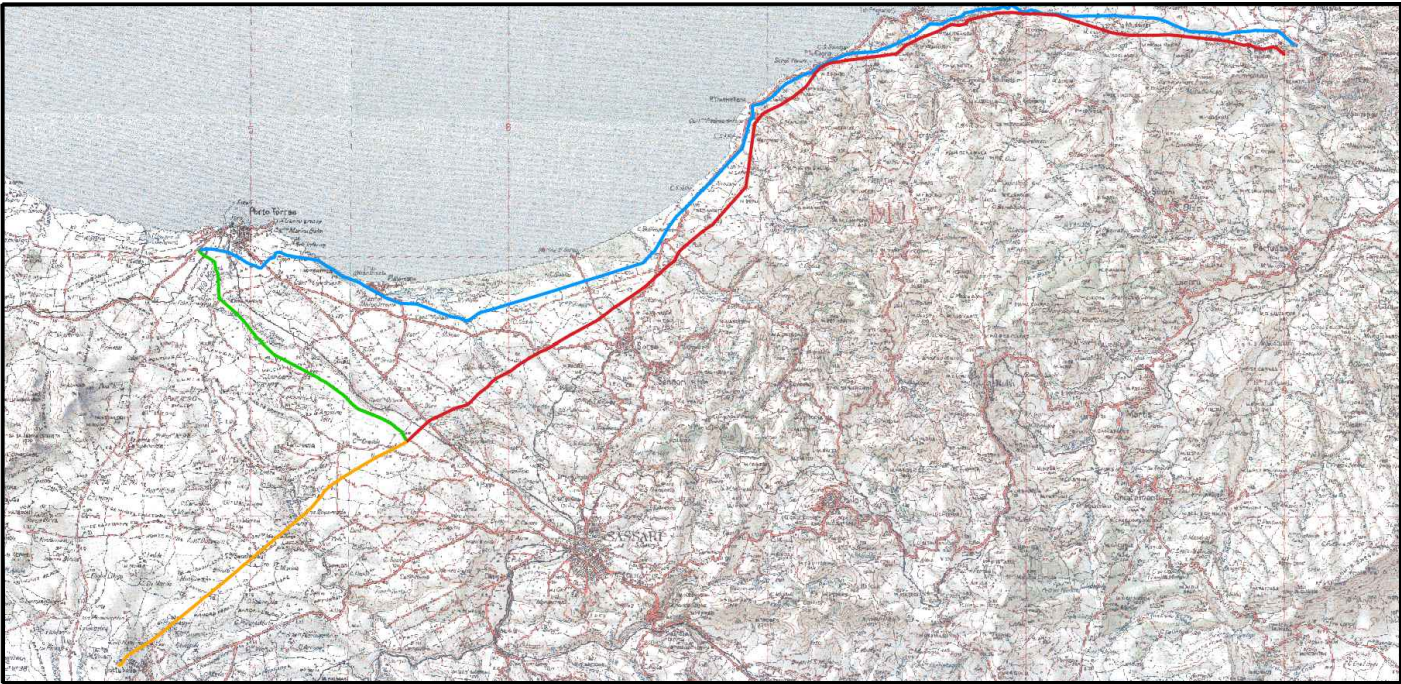


REGIONE AUTONOMA
DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Piano Nazionale per la Ripresa e Resilienza - M2C4 - I4.1

"Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico"

A1-35-PNRR: "Interventi di manutenzione straordinaria con sostituzione e/o risanamento strutturale di diversi tratti degli acquedotti "Coghinas I" e "Coghinas II", nei comuni di S. Maria Coghinas, Valledoria, Castelsardo, Sorso, Sassari e Porto Torres



I PROGETTISTI:



Lombardi
Lombardi Ingegneria S.r.l.

Lombardi
Lombardi SA Ingegneria Consulenti



VALDEMARIN
Ing. Mario Valdemarin
Dir. Ing. Dieter Schönburn

Ing. Marcello Ligas

Piazza chiesa, 10

09048 Sinnai

Geol. Domenico I

Corso Giovanni Pasc

07100 Sassari

Archeol. Andrea

Via F.lli Cervi, 1

09048 Sinnai

ENAS



Ente acque della Sardegna

RUP

Ing. Fernando Mura

Sebastiano Sau

13.02.2023

12:20:26 DEC

Geo. Sebastiano Sau

GMT 101.00

CUP

I87D20000010002

CIG

87453413B2

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

TITOLO ELABORATO INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI PRELIMINARI

ELABORATI GENERALI Firmato digitalmente da:
Capitolato speciale d'area PRATICO' DOMENICO

Firmato il 09/02/2023 11:14

Serial Certificate: 118646

Valido dal 02/02/2021 al 02/02/2024

InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

SCALA

-

FOGLIO

A4

FASE	LIVELLO	LINEA	INTERVENTO	DOCUMENTO	CODIFICA
FTE	IND	000	000	R	FTE_IND_000_000_R_07_01

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
0	05/08/2022	EMISSIONE	DPraticò	DPraticò	JTarchiani
1	09/01/2023	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA	DPraticò	DPraticò	JTarchiani

Indice

1	INDAGINI DIRETTE IN SITO	1
ART. 1.	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	1
ART. 2.	SEQUENZA DELLE INDAGINI	1
ART. 3.	METODO DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI GEOTECNICI	2
ART. 4.	RILIEVO STRATIGRAFICO	7
ART. 5.	ART. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DI TIPO SPT (STANDARD PENETRATION TEST).	14
ART. 6.	CAMPIONAMENTI DURANTE I SONDAGGI GEOTECNICI ED ESECUZIONE PROVE DI LABORATORIO	17
ART. 7.	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA ESEGUITA CON MASSA BATTENTE PESANTE 63,5-73 KG (DPSH).	21
ART. 8.	POZZETTI ESPLORATIVI	24
2	INDAGINI GEOFISICHE	27
ART. 9.	PROVE PER ONDE SUPERFICIALI ATTIVE (MASW)	27
ART. 10.	PROVE DI RESISTIVITÀ DEL TERRENO	29
3	PROVE DI LABORATORIO	31
ART. 11.	DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE MEDIANTE FUSTELLA TARATA O PESATA IDROSTATICA	31
ART. 12.	DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG	32
ART. 13.	ANALISI GRANULOMETRICA MECCANICA MEDIANTE SETACCI	32
ART. 14.	ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE SECONDO IL METODO DEL DENSIMETRO O DELLA PIPETTA	33
ART. 15.	PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON SCATOLA DI CASAGRANDE SU TRE PROVINI CON RILIEVO DELLE DEFORMAZIONI VERTICALI E DELLE CURVE SFORZI/DEFORMAZIONE TRASVERSALI	33
ART. 16.	CAROTAGGIO DI PROVINI CILINDRICI O PRISMATICI DI ROCCIA	33
ART. 17.	PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE SU PROVINI DI ROCCIA CILINDRICI	34
4	INDAGINI AMBIENTALI	34
ART. 18.	INDAGINI AMBIENTALI	34

1 INDAGINI DIRETTE IN SITO

Art. 1. SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'impresa esecutrice deve attenersi a quanto definito nel presente disciplinare, senza apportare variazioni al programma, alle attrezzature o alle modalità esecutive che non siano state preventivamente approvate dal Direttore dei Lavori.

Tutte le prove dovranno essere condotte alla presenza di un rappresentante dell'Ente e, se ritenuto necessario, dal geotecnico che dovrà utilizzare i risultati delle indagini oggetto del presente disciplinare, oltre che da un geologo iscritto all'Albo incaricato dall'Impresa.

L'impresa applicherà quanto di seguito specificato, fornendo personale e attrezzature pienamente rispondenti alle esigenze qualitative dell'indagine.

Durante l'esecuzione delle indagini possono essere apportate modifiche alle modalità esecutive, qualora le circostanze contingenti lo richiedano e salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori. In ogni caso si agirà in accordo con il Direttore dei Lavori.

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

Ai fini della consegna e prima dell'inizio dell'esecuzione delle indagini, l'Appaltatore dovrà consegnare:

- l'elenco dei mezzi e dei macchinari e degli utensili che utilizzerà e le specifiche caratteristiche tecniche;
- copia della Dichiarazione di Conformità, rilasciata dalla Ditta costruttrice, relativa a ciascun macchinario che utilizzerà per l'esecuzione delle indagini e delle prove.

L'impresa incaricata dello svolgimento delle indagini in oggetto è tenuta a fornire con cadenza giornaliera i risultati delle indagini, sia pure in bozza preliminare, alla direzione lavori e al raggruppamento di progettisti.

Per quanto sopra, verranno quindi spedite per mezzo mail le foto delle cassette risultanti dai sondaggi, anche per permettere la scelta dei campioni da prelevare per le analisi di laboratorio, nonché i risultati delle prove SPT, le stratigrafie dei pozzetti ed ogni eventuale annotazione in merito allo svolgimento delle indagini.

Art. 2. SEQUENZA DELLE INDAGINI

L'impresa esecutrice, per quanto concerne la pianificazione temporale delle diverse tipologie di indagini di seguito descritte, dovrà attenersi a quanto riportato nel cronoprogramma e quindi seguire il seguente ordine:

- Indagini geofisiche di superficie
- Esecuzione dei sondaggi (con relative SPT) in concomitanza con lo scavo dei pozzetti geognostici
- Prove penetrometriche DPSH

- Prove di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi. Tale attività dovrà essere avviata immediatamente al termine di ciascun sondaggio.

Art. 3. METODO DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI GEOTECNICI

Si fa presente che le specifiche tecniche riportate qui di seguito hanno carattere generale; per quanto invece non specificato si farà riferimento alle seguenti raccomandazioni:

- A.G.I. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- A.N.I.S.I.G. "Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche".
- Bollettino de Liaison des Laboratoires Routiers - Special N - Idraulica dei terreni.

Tali raccomandazioni si considerano accettate da parte dell'affidatario che dichiarerà, con la sottoscrizione del contratto, di conoscere perfettamente ed eseguire tutte le attività di indagine secondo quanto previsto nelle predette raccomandazioni.

I macchinari di perforazione devono essere di potenza adeguata ed attrezzati per le prestazioni da eseguire. Qualora l'attrezzatura di perforazione installata nel cantiere non fosse ritenuta idonea allo scopo, la stazione appaltante ha facoltà di richiederne l'immediata sostituzione, sospendendo le indagini sino a sostituzione avvenuta, senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso. L'installazione di macchinari di perforazione in luoghi diversi da quelli concordati comporterà la reinstallazione dei macchinari e la riperforazione dei materiali attraversati nel luogo diverso da quello stabilito; ciò senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

Il foro di sondaggio, una volta ultimato, verrà riempito con miscele cementizie, a meno di esplicithe diverse indicazioni da parte della D.L. o dei documenti di progetto; ad esempio, il riempimento non dovrà essere eseguito, ovviamente, per i fori attrezzati con strumentazione per monitoraggio.

Le perforazioni finalizzate all'esecuzione di sondaggi geotecnici sono caratterizzate dalle seguenti modalità esecutive.

La sonda (o le sonde) impiegata dovrà avere dimensioni, potenza e caratteristiche tali da poter, senza difficoltà, raggiungere i punti di indagine ed effettuare i carotaggi e le prove previste nel programma indagini, tenendo conto delle caratteristiche dei materiali da attraversare e delle modalità di avanzamento previste.

A tal fine, l'Impresa dovrà effettuare, preliminarmente all'inizio dei lavori, un sopralluogo sui luoghi di indagine e in dettaglio su tutti i punti di indagine, per sincerarsi delle eventuali difficoltà di accesso e/o operative, e individuare la sonda e le attrezzature tali da consentire di eseguire tutte le indagini nel pieno rispetto dei tempi del cronoprogramma di progetto e delle modalità indicate in questo documento, e poter decidere possibili adattamenti dello schema di sondaggi previsto. Eventuali difformità rispetto a quanto qui indicato dovranno essere concordate con la D.L. prima dell'esecuzione delle indagini.

In ogni caso, l'Impresa non potrà vantare alcun ulteriore compenso a seguito di variazioni delle attrezzature e/o delle modalità operative impiegate, quali che siano.

In fase esecutiva si dovrà tenere conto degli inevitabili scarti tra l'asse teorico di perforazione e l'effettivo tracciato del foro. Quindi la ditta esecutrice delle perforazioni dovrà garantire uno scarto massimo verso monte dall'asse teorico delle perforazioni pari a $0^{\circ}40'$. A tale fine è previsto che durante le perforazioni l'impresa esecutrice dei lavori monitori con opportuna strumentazione la verticalità dell'asse di perforazione e in caso di superamento delle prescrizioni appresti tutti i possibili correttivi per far rientrare le perforazioni all'interno delle prescrizioni.

I fori da eseguire sono 8 (otto), denominati S1 ÷ S8, e avranno tutti lunghezza di perforazione pari a 10 metri. La lunghezza dei singoli sondaggi potrà essere variata, in aumento o riduzione, su indicazione della D.L. in funzione della stratigrafia incontrata o di altri fattori. Le quantità saranno comunque computate e compensate a misura.

I fori da coronamento saranno eseguiti a carotaggio continuo.

Per quanto riguarda il diametro e il tipo di carotiere, si procederà con carotiere semplice o doppio di tipo T6 e diametro minimo 86 mm, con corona diamantata; la scelta del carotiere dovrà essere adeguata ai terreni incontrati a mano a mano durante la perforazione.

Nella scelta delle macchine e attrezzature, e del diametro di perforazione, l'Impresa esecutrice dovrà tenere conto che il terreno entro cui eseguire i sondaggi è costituito da depositi sedimentari sabbiosi e ghiaiosi perlopiù di matrice silicoclastica e vulcanoclastica con elementi trovanti ciclopici derivanti ora da crolli associati delle parti alte ignimbriche ora a scivolamenti minori del loro sostegno in tufi cineritici.

Inoltre, la scelta del diametro di perforazione dovrà essere tale da consentire l'esecuzione delle prove in foro previste nel programma indagini e secondo le prescrizioni contenute in questo documento.

Tutte le carote andranno conservate con cura, disposte in opportune cassette e protette, in modo da facilitare i successivi rilievi e prelievi di campioni.

Devono in ogni caso essere rispettate le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce.

Per eventuali perforazioni superiori a 10 m dovrà essere compilata a cura dell'Impresa esecutrice, a norma della legge n. 464 del 4 agosto 1984, una dettagliata relazione, corredata dalla relativa documentazione, sui dati geologici e geofisici acquisiti.

Le perforazioni dovranno essere eseguite nei punti preventivamente indicati dalla stazione appaltante, in base agli elaborati presentati. L'esatta ubicazione dei singoli sondaggi sarà definita alla luce dell'effettiva raggiungibilità dei luoghi e disponibilità di spazi operativi adeguati, di concerto con la D.L., al momento della consegna dei lavori, e comunque sarà compresa all'interno dell'area indicata e in ogni caso tale da garantire il mantenimento della significatività rispetto ai fini per cui è previsto ciascun sondaggio.

L'ubicazione definitiva dei punti di perforazione sarà fissata dal Direttore dei Lavori, e rimarrà comunque facoltà dello stesso variarla in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che l'appaltatore possa vantare alcun ulteriore compenso.

Il dettaglio delle modalità esecutive, l'ubicazione e la profondità dei singoli sondaggi potranno essere ulteriormente precisate nella fase esecutiva dei lavori.

Metodi di Perforazione

Relativamente alla realizzazione di sondaggi geognostici è prevista di norma la perforazione a rotazione con carotaggio continuo con carotiere doppio di tipo T6, diametro ≥ 86 mm o carotiere semplice, con corona diamantata.

In generale la tecnica di perforazione deve essere adattata alla tipologia e alla natura del materiale da perforare, mediante la scelta appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona, della velocità di avanzamento, della portata e della pressione dell'eventuale fluido di circolazione.

Il carotaggio sarà eseguito a secco o con acqua come fluido di circolazione, che comunque non dovrà causare alcuna alterazione al materiale carotato. In ogni caso l'utilizzo di acqua come fluido di circolazione dovrà essere autorizzato preventivamente dalla D.L..

A prescindere dal tipo di roccia o materiale gli utensili di perforazione da utilizzare saranno comunque tali da consentire l'estrazione di tutto il materiale interessato dal carotaggio senza che avvengano fratturazioni, dilavamenti o danneggiamenti dei campioni.

Le carote dovranno sempre essere estratte dagli utensili di perforazione effettuando l'espulsione dal carotiere su apposita canaletta, che permetta la raccolta del campione nella sua lunghezza

Al fine di mantenere le predette prescrizioni di orientazione del foro, è previsto che durante le perforazioni l'impresa esecutrice dei lavori monitori con opportuna strumentazione in grado di misurare, con una risoluzione del decimo di grado, l'inclinazione dei due assi X e Y rispetto alla verticale della perforazione.

In caso di superamento della inclinazione massima consentita l'impresa dovrà sospendere immediatamente le lavorazioni ed apprestare tutti i possibili correttivi per far rientrare la perforazione all'interno delle predette prescrizioni, senza per questo poter vantare alcun onere o compenso. Nel caso in cui non sia possibile riportare la perforazione all'interno delle predette prescrizioni l'impresa dovrà procedere alla chiusura del foro realizzato e ad una nuova perforazione, il tutto interamente a suo carico, quindi senza poter richiedere alcun compenso o onere.

Perforazione a carotaggio continuo nei terreni sciolti.

La perforazione a carotaggio continuo sarà di norma eseguita mediante carotiere semplice o carotiere doppio. Il carotiere semplice è un tubo di acciaio la cui estremità inferiore è costituita da una corona provvista generalmente di inserti di widia. All'estremità superiore deve essere posizionata una valvola di non ritorno a sfera che impedisca all'acqua presente nelle aste di perforazione di venire a contatto con la carota riducendone così il disturbo e la possibilità che la carota stessa fuoriesca dal carotiere. Nei terreni sciolti (argilla, limo, sabbia, ghiaia, ciottoli) l'avanzamento del carotiere dovrà avvenire sempre a secco senza impiego di fluidi di

perforazione per impedire il dilavamento delle frazioni fini. Nei terreni sabbiosi e/o ghiaiosi per evitare l'essiccamento del materiale e la formazione dei cosiddetti "tappi" (materiale "bruciato") si dovrà regolare la velocità di rotazione su valori bassi e incrementare la pressione di spinta oppure avanzare per mezzo della sola pressione di spinta, senza rotazione, mediante piccoli movimenti in su e giù della batteria di aste collegate alla testa di rotazione o all'argano di sollevamento. In presenza di terreni estremamente molli sarà necessario posizionare in prossimità della corona un porta-estrattore con estrattore a cestello per impedire al materiale di sfilarsi. Al termine della manovra di carotaggio il carotiere dovrà essere estratto molto lentamente mantenendo il battente d'acqua il più elevato possibile con continui rabbocchi, al fine di evitare che la carota si sfilì per effetto pistone. Nei materiali granulari per evitare che la carota si sfilì, sarà necessario eseguire il "tappo" negli ultimi 10-20 cm di carotaggio di ogni manovra essiccando il materiale in modo che si attacchi alle pareti del carotiere; questa operazione sarà eseguita mediante rotazione e spinta sull'utensile. Per le operazioni di estrazione della carota dovrà essere utilizzato un estrusore idraulico oppure una scarotatrice dotata di un regolatore della pressione di estrusione e di un tampone a tenuta che impedisca il contatto della carota con il fluido di spinta. Prima di ogni manovra di campionamento o di prova geotecnica in foro dovrà essere misurata con precisione la profondità del foro utilizzando uno scandaglio a filo graduato. Qualora vi sia differenza tra la quota raggiunta con la perforazione e la quota misurata si deve procedere alla pulizia del foro con apposita manovra. La pompa utilizzata per la circolazione dei fanghi dovrà avere una potenza atta a sviluppare una adeguata velocità di fuoriuscita dei fanghi stessi dal foro onde impedire la decantazione dei detriti nel foro di sondaggio.

Modalità Esecutive delle perforazioni a carotaggio continuo

La Ditta ha l'obbligo di fornire il carotaggio del foro adottando tutte le cautele, le attrezzature e gli accorgimenti necessari per ottenere la massima percentuale di recupero. In particolare, le modalità di estrazione dell'attrezzo di perforazione, campionamento, ecc., devono essere eseguite con velocità molto bassa nel tratto iniziale per minimizzare "l'effetto pistone".

Si precisa che le percentuali di recupero del terreno, con riguardo alla natura e caratteristiche dei terreni attraversati, devono essere calcolate per ogni singola battuta di carotaggio e valutate al momento dell'estrazione del terreno dal carotiere, tenuto presente che la lunghezza di ogni singola manovra di norma non dovrà superare 1,5 m. In ogni caso le percentuali di recupero non dovranno essere inferiori al:

- 70% per terreni sciolti in genere (sabbia, ghiaia, ecc.);
- 80% per i terreni coesivi (argilla, argilla marnosa, ecc.) e rocce fratturate;
- 90% per rocce compatte in genere (calcari, calcari marnosi, arenarie, conglomerati, gessi, anidriti, rocce ignee, rocce metamorfiche anche fratturate o scistose, ecc.).

La lunghezza esatta delle batterie di aste inserite nel foro sarà misurata e riportata, a cura del Direttore Tecnico del Cantiere, in un'apposita tabella, onde prevenire imprecisioni nella definizione delle profondità raggiunte.

Chiusura e sistemazione finale ed identificazione del foro

Ogni foro di sondaggio, ultimata l'indagine, dovrà essere debitamente chiuso superiormente con un tappo, riportante in modo chiaro ed indelebile il contrassegno del foro (sigla e numero). Al termine dell'indagine, a meno di esplicite diverse indicazioni da parte della D.L., ciascun foro non attrezzato con strumentazione per monitoraggio verrà intasato, procedendo dal fondo verso la superficie, mediante l'inserimento di materiali indicati dalla D.L. (malte cementizie, miscele cementizie, iniezioni di miscele cementizie addizionate di bentonite o argilla, immissione di sabbia).

Eventuali fori attrezzati con strumentazione saranno terminati in sommità con chiusini dotati di lucchetti, le cui chiavi dovranno essere sempre disponibili in cantiere e consegnate alla D.L. e alla Stazione Appaltante al termine dei lavori.

Anche i chiusini dovranno riportare il contrassegno identificativo del foro, come per i tappi dei sondaggi non attrezzati.

Cassette catalogatrici

Le carote provenienti dai sondaggi a carotaggio continuo verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici in plastica preformata, munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera o dotato di fascette di chiusura. Tali cassette, di consistenza tale da poter essere trasportate ed impilate, hanno dimensioni di circa 1,0 x 0,6 x 0,15 m e devono essere atte a contenere max 5 m di carotaggio. Non sono ammessi campioni consegnati in buste di plastica o in altri contenitori. Le carote coesive verranno scortecciate, le carote lapidee saranno lavate. Appositi setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, con l'indicazione precisa delle quote di riferimento di ciascuna manovra rispetto al p.c..

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota eventualmente prelevati ed asportati per il laboratorio (campioni rimaneggiati, indisturbati, ecc.), con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

Sul coperchio e su un lato della cassetta dovranno essere indicati in modo indelebile e chiaro:

- committente,
- progetto,
- contrassegno del foro (sigla),
- località, data di perforazione,
- intervallo di profondità perforato riferito alle carote contenute.

Sulla parte frontale dovranno essere chiaramente indicate le quote progressive delle carote.

Le cassette dovranno essere tempestivamente trasportate e conservate in ambienti riparati dalle intemperie alla fine di ciascuna giornata lavorativa, al fine di garantire la conservazione dei campioni, fino al loro trasporto alla sede definitiva, indicata dalla D.L..

Sarà a carico dell'Appaltatore, oltre la fornitura delle cassette catalogatrici, la raccolta, il trasporto e lo scarico delle cassette dai locali provvisori al Laboratorio Prove e Materiali dell'Ente o in altro sito indicato dalla D.L..

Conferimento a discarica

Tutti i materiali derivanti dalla realizzazione dei sondaggi, qualora presenti, non riutilizzabili per i successivi rinterri, saranno conferiti a discarica autorizzata o comunque smaltiti secondo la normativa vigente, a cura e spese dell'Appaltatore.

Elaborati e allegati da consegnare a carico del Direttore Tecnico dell'Impresa (Geologo)

- Informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativi degli operatori);
- Planimetrie con ubicazione georeferenziata dei sondaggi;
- Copia dei rapporti giornalieri delle operazioni di campagna;
- Relazione tecnica riepilogativa delle attività svolte con commento finale. Tale relazione sarà redatta e sottoscritta dal Direttore Tecnico e riporterà oltre agli esiti delle prove anche una descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate e delle modalità operative utilizzate.

Tutta la predetta documentazione sarà presentata sia in formato cartaceo che su supporto digitale.

Strumenti a corredo della sonda disponibili per prove in cantiere

Devono far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freatimetro;

Sono compresi negli oneri di utilizzo della sonda gli oneri per l'utilizzo dei predetti strumenti da parte del Direttore Tecnico del Cantiere (Geologo) e la produzione delle relative elaborazioni.

Art. 4. RILIEVO STRATIGRAFICO

Il Direttore Tecnico del Cantiere (Geologo) realizzerà un profilo stratigrafico (Figura 1) del sondaggio, inteso come rappresentazione della successione dei terreni attraversati dai mezzi di indagine; tale profilo sarà composto dai seguenti elementi.

8

Dati generali e tecnici

I dati generali e tecnici dovranno riportare come minimo:

- denominazione del cantiere;
- committente;
- impresa esecutrice;
- numero del sondaggio;
- coordinate piano-altimetriche della boccaforo, determinate attraverso rilievo topografico;
- inclinazione del sondaggio rispetto alla verticale:
- date di perforazione (inizio e fine);
- metodi di perforazione utilizzati nei diversi spessori;
- attrezzatura impiegata;
- utensili di perforazione (carotieri);
- diametro di perforazione;
- diametro e lunghezza del rivestimento;
- fluido di circolazione;
- tempi di manovra, di velocità e di spinta di avanzamento;
- profondità di prelievo dei campioni indisturbati e rimaneggiati;

Parametri di perforazione.

Su richiesta della direzione dei lavori, per tutta la perforazione e/o parte di essa, dovranno essere registrati, in funzione della profondità di perforazione, tramite idonei sensori di misura collegati ai circuiti di trasmissione oleopneumatica, i seguenti parametri:

- velocità di rotazione dell'utensile (V_r);
- velocità istantanea di avanzamento (V_a);
- pressione relativa alla spinta che agisce sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione di iniezione del fluido di circolazione (PIF);
- pressione relativa alla coppia di rotazione trasmessa.

Ove possibile dovrà essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione o opportunamente attrezzata.

Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica deve riportare come minimo:

- riconoscimento e descrizione del tipo di terreno o di roccia;
- condizioni di umidità naturale;
- consistenza;
- colore o colore prevalente;

- struttura;
- particolarità aggiuntive;
- litologia ed origine;
- percentuale di recupero;
- rilievo del livello dell'acqua nel foro;
- eventuali franamenti, perdite di circolazione, cavità;
- Quote di eventuali prove geotecniche in foro.

Per la rappresentazione e restituzione della stratigrafia si descrivono gli elementi da trattare in base alla tipologia di terreno o roccia riscontrati. Si sottolinea il fatto che alcuni dei parametri sono descrivibili sia nel caso di terreni che di rocce.

Terreni non rocciosi

1) Recupero % di carotaggio

Per i materiali non rocciosi viene definito come il rapporto percentuale tra la lunghezza della carota recuperata L_c e la lunghezza della battuta L_b presa in considerazione:

$$Recupero\% = 100 \cdot \frac{L_c}{L_b}$$

Il suo valore viene riportato graficamente in stratigrafia inspessendo il tratto corrispondente al valore riscontrato e riportando il valore numerico in colonna.

2) Tipo di terreno

a) Composizione granulometrica approssimata del terreno in esame, con riferimento alla tabella seguente (Tabella 1).

Tabella 1- Tipo di terreno

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		>200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		200÷60	
Ghiaia	grossa media fine	60÷20 20÷6 6÷2	
Sabbia	grossa media fine	2÷0.6 0.6÷0.2 0.2÷0.06	
Limo		0.06÷0.002	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato fra le dita.

Argilla		<0.002	I frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita, si disgrega in acqua lentamente, liscia al tatto, plastica, non dilatante, appiccica alle dita, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione	"
Terreno agrario organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali	"
Torba			Predominano resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità	"

La descrizione dovrà essere conforme alle raccomandazioni AGI.

Si elenca per primo il nome del costituente principale, seguito dal costituente secondario nella forma:

- preceduto dalla preposizione "con", se rappresenta una percentuale compresa fra il 25% ed il 50%;
- seguito dal suffisso "oso", se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25 %;
- preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10 %.

b) per quanto riguarda la frazione ghiaiosa e ciottolosa è necessario descrivere il grado di arrotondamento e/o appiattimento, con riferimento alla tabella seguente (Tabella 2).

Tabella 2- Arrotondamento

Definizione	Arrotondamento	Descrizione
Angolare	0-0.15	Nessun smussamento
Sub-angolare	0.15-0.25	Mantiene forma originale con evidenze di smussamento
Sub-arrotondata	0.25-0.40	Smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto
Arrotondata	0.40-0.60	Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta
Ben-arrotondata	0.60-1	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

Specificare inoltre la natura litologica ed il diametro massimo della ghiaia, dei ciottoli e dei blocchi e precisare il grado di uniformità della composizione granulometrica.

3) Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità naturale del terreno saranno definite utilizzando uno dei seguenti termini:

- asciutto;
- debolmente umido;
- umido;
- molto umido;
- saturo.

È fondamentale nell'interpretazione descrivere la condizione propria del terreno naturale, escludendo quanto indotto dalla circolazione di fluido connesso alle modalità di perforazione adottate.

4) Consistenza e addensamento

Per i terreni coesivi e semicoesivi verrà valutata la consistenza del terreno, mentre per i terreni incoerenti o granulari sarà misurato il grado di addensamento.

La consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi sarà descritta con riferimento alla Tabella 3, misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta dopo averla scortecciata ed applicando lo strumento nel nucleo; la frequenza di esecuzione della misura lungo una carota è di 20 X 30 cm.

In aggiunta alle prove eseguite con il penetrometro tascabile dovranno essere eseguite, sempre sulla carota appena estratta e scortecciata e alternandole alle prime, prove con lo scissometro tascabile; i risultati dovranno essere annotati nell'apposita colonna in stratigrafia.

Tabella 3- Consistenza terreni coesivi

Definizione	Resistenza al penetrometro tascabile (kg/cm2)	Prove manuali
Privo di consistenza	< 0,25	Espelle acqua quando strizzato fra le dita
Poco consistente	0,25 ÷ 0,5	Si modella fra le dita con poco sforzo; si scava facilmente
Moderatamente consistente	0,5 ÷ 1,0	Si modella fra le dita con un certo sforzo. Offre una certa resistenza allo scavo
Consistente	1,0 ÷ 2,0	Non si modella fra le dita. E' difficile da scavare
Molto consistente	> 2,0	E' molto resistente fra le dita e si scava con molta difficoltà

Nel caso di terreni granulari si esprimerà la consistenza in termini di addensamento, con riferimento alla tabella seguente (Tabella 4).

Tabella 4- Addensamento terreni granulari

N _{SPT} (colpi/30cm)	Valutazione dello stato di addensamento	Prove manuali
0 - 4	Sciolto	Si scava facilmente con un badile
4 - 10	Poco addensato	Si scava abbastanza facilmente con badile e si penetra con una barra
10 - 30	Moderatamente addensato	Difficile da scavare con badile, o da penetrare con barra
30 - 50	Addensato	Molto difficile da penetrare; si scava con piccone
> 50	Molto addensato	Difficile da scavare con piccone

5) Colore

Nel caso di sondaggi in terreno per l'identificazione di questo parametro è necessario fare riferimento alle carte colorimetriche "Munsell soil" o alla "Rock color chart". Queste tavole forniscono dei nominativi identificativi per ciascun colore dominante, la gradazione (hue), la luminosità relativa (value) ed il tono (chroma). Nel caso di terreni grossolani il colore da descrivere è quello della matrice.

Nel caso di sondaggi in roccia si potranno adottare definizioni più generiche, avendo cura però di distinguere il colore della roccia intatta da quello delle superfici delle fratture o discontinuità, evidenziando ciò che può dare indicazioni sulla presenza di filtrazione idrica (sarà descritto scegliendo o combinando i seguenti termini):

- rosa;
- rosso;
- viola;
- arancione;
- giallo;
- marrone;
- verde;
- grigio;
- nero.

6) Particolarità aggiuntive

Per particolarità aggiuntive si intendono tutte quelle caratteristiche non inserite in alcuna descrizione precedente che siano significative ai fini di una schematizzazione geotecnica. Si segnala a titolo di esempio la presenza di quanto segue:

- radici;
- manufatti, riporti, materiali di discarica;
- fossili o residui organici vegetali;
- sostanze deperibili, friabili, solubili;
- effervescenza all'acido HCl in soluzione diluita al 5%.

7) Simboli grafici per rappresentare terre e rocce

Nei profili stratigrafici è necessario adottare, per una più facile lettura in corrispondenza della colonna della descrizione del materiale, simboli grafici rappresentanti i diversi tipi litologici.

8) Rilievo del livello dell'acqua nel foro

Nel corso della perforazione verrà rilevato in forma sistematica il livello dell'acqua nel foro. Le misure verranno eseguite tramite sondina piezometrica o freatimetro in particolare prima e dopo ogni interruzione di lavoro (sera, mattina, altre pause), con annotazione di quanto segue:

- livello acqua nel foro rispetto al p.c.;
- quota del fondo del foro;

- quota della scarpa del rivestimento;
- data ed ora della misura;

Tali annotazioni devono comparire nella documentazione definitiva del lavoro.

Art. 5. ART. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DI TIPO SPT (STANDARD PENETRATION TEST).

Questa prova consente di determinare la resistenza di un terreno alla penetrazione dinamica di un campionatore standard infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. Di seguito si riportano le caratteristiche delle attrezzature e le modalità esecutive della prova che dovranno essere rispettate.

A. Attrezzatura

A1. Dispositivo di battitura

Il dispositivo di battitura, di peso totale non superiore a 115 kg, deve comprendere:

- una testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- un maglio di acciaio da $63,5 \pm 0,5$ kg;
- un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio, che assicuri una corsa a caduta libera di 0,76 m ($\pm 0,03$ m).

Non è ammesso il metodo del cabestano manovrato con la fune.

A2. Aste

Secondo AGI le aste di infissione devono avere diametro esterno ≥ 50 mm e peso pari a $7,00 \pm 0,5$ kg/m. Diametro e peso delle aste non dovranno superare tassativamente il peso di 10 kg/m. Se la differenza tra il diametro esterno delle aste e il diametro interno della tubazione di rivestimento del foro è maggiore o uguale a 60 mm, devono essere usati appositi distanziatori (alette di irrigidimento) ad intervalli di circa 3 m lungo la colonna, per ridurre la flessione delle aste durante la battitura. I distanziatori dovranno essere impiegati anche per prove eseguite a profondità superiore di 15 m. Le aste devono essere perfettamente dritte ed in sito devono essere controllate periodicamente. Ciascuna asta, nella sua lunghezza totale, deve presentare una flessione inferiore all'1‰.

Le aste devono essere strettamente avvitate in corrispondenza dei giunti.

A3. Campionatore Raymond

Tubo campionatore in acciaio indurito con superfici lisce, apribile longitudinalmente:

- Diametro esterno: $\varnothing_{est} = 51 \pm 1 \text{ mm}$
- Diametro interno: $\varnothing_{int} = 35 \pm 1 \text{ mm}$
- Lunghezza minima escluso tagliente principale: $L_{min} \geq 457 \text{ mm}$
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm: $l = 76 \pm 1 \text{ mm}$

Il campionatore, nell'estremità superiore, sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato; la valvola deve essere a tenuta d'acqua nella fase di estrazione del campionatore.

La scarpa del campionatore è costituita da acciaio indurito e deve essere riparata o sostituita quando è sbeccata o distorta.

In presenza di strati di terreno con ghiaia la scarpa del campionatore Raymond potrà essere sostituita da una punta conica con diametro esterno pari a 51 mm e angolo di 60°. Tuttavia l'impiego della punta conica non sarà ammesso senza preventiva autorizzazione scritta della D.L..

B. Modalità esecutive

Le procedure da rispettare sono le seguenti:

- estrazione lenta degli utensili di perforazione per evitare la decompressione del terreno interessato dalla prova;
- verifica che il fondo foro sia pulito e controllo con scandaglio della quota del fondo foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta: se la quota misurata è più alta, per effetto di rifluimenti del fondo o per decantazione di detriti in sospensione nel fluido e se tale differenza supera 7 cm la prova non potrà essere eseguita e si dovrà procedere ad una ulteriore manovra di pulizia;
- il fondo foro deve essere sempre sotto la scarpa dei tubi di rivestimento;
- se la prova da eseguire è sotto il livello piezometrico, il livello del fluido nel foro dovrà essere mantenuto sempre sopra il livello idrostatico per assicurare l'equilibrio idraulico alla profondità della prova;
- posizionamento a fondo foro della batteria di prova, montaggio del dispositivo di prova e annotazione della penetrazione iniziale dovuta al peso dell'intero sistema;
- segnare su una asta i tre tratti di 15 cm.

La distanza tra la testa di battuta e la sommità del rivestimento non deve essere superiore a m 1,50. Il campionatore deve essere infisso, con un ritmo di battuta di circa 20-30 colpi al minuto, per 3 tratti consecutivi di 15 cm determinando il numero di colpi della massa battente necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm.

Qualora il numero di colpi per l'affondamento della punta per il primo tratto (N1) raggiunga il numero di 50 e l'avanzamento risultasse minore a 15 cm la prova si intende conclusa; in tal caso deve essere registrata la penetrazione ottenuta con i suddetti 50 colpi. Se il tratto di avviamento è superato con N1 minore o uguale a 50 colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 30 cm, contando

separatamente il numero di colpi necessari per la penetrazione dei primi e dei secondi 15 cm (N2 ed N3) fino al limite di 100 colpi ($N2+N3=100$).

Se con $N2 + N3 = 100$ non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm, l'infissione viene sospesa (rifiuto), la prova è considerata conclusa e viene annotata la relativa penetrazione.

L'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio, delle aste e della testa di battuta deve essere annotato ma deve essere considerato già parte integrante dei 15 cm di infissione preliminare del campionatore. Durante l'estrazione della batteria il fluido di circolazione deve essere mantenuto costante alla quota del piano di lavoro. Il materiale contenuto nel campionatore, dopo l'esecuzione della prova, deve essere misurato, descritto ed inserito (tralasciando la parte alta del campione) in un involucro di plastica con l'indicazione della quota di esecuzione della prova stessa e deve essere inviato al Laboratorio Geotecnico oppure, se richiesto, conservato in un luogo adatto per tutta la durata dell'indagine.

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

a) per ciascuna prova eseguita:

- quota della tubazione provvisoria di rivestimento del foro, riferita al piano di campagna;
- quota raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia, riferita al piano di campagna;
- quota del fondo foro controllata con scandaglio prima di iniziare la prova (= quota inizio prova), riferita al piano di campagna;
- affondamento per peso proprio delle aste e della testa del campionatore;
- numero di colpi per infissione di ciascuno dei tre tratti di 15 cm, oppure penetrazione misurata dopo raggiunto il limite dei colpi;
- peso per metro lineare delle aste impiegate;
- lunghezza e descrizione litologica del campione estratto;
- tipo di campionatore impiegato.

b) per ciascuna verticale indagata:

- il grafico N_{spt} in funzione della profondità;
- eventuali annotazioni dell'operatore e data di esecuzione.

Riferimenti normativi:

- ASTM - D1586-99 (2001). Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione dell'indagine geotecniche.

- ISSMFE Technical Committee (1988). Standard Penetration Test (SPT: International Reference Test Procedure);
- UNI EN ISO 22476-3 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito -Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test);
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

Art. 6. CAMPIONAMENTI DURANTE I SONDAGGI GEOTECNICI ED ESECUZIONE PROVE DI LABORATORIO

Generalità

I campioni di terreno prelevati nel corso dei lavori d'indagine sia da fori di sondaggio che da scavi saranno destinati al riconoscimento, all'identificazione e alla determinazione, in laboratorio, delle caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche dei terreni. I campioni, a seconda del loro grado di disturbo, vengono classificati in:

- a) campioni disturbati o rimaneggiati.
- b) campioni indisturbati o a disturbo limitato;
- c) campioni di carota lapidea.

I campioni tipo a) e b) devono assicurare una rappresentazione veritiera della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni di tipo b) e c) non devono subire deformazioni strutturali rilevanti e conservare inalterati:

- contenuto d'acqua (solo b));
- peso di volume apparente;
- deformabilità;
- resistenza al taglio.

Tutti i campioni prelevati devono essere chiaramente contraddistinti mediante etichette inalterabili in cui siano riportate le seguenti informazioni:

- cantiere;
- numero del sondaggio e del campione;
- profondità di prelievo;
- data di prelievo;
- tipo di campionatore;
- orientamento del campione (parte alta, parte bassa).

I dati relativi al numero del campione, al tipo di campionatore impiegato e al metodo di prelievo devono essere riportati nell'elaborato della stratigrafia anche nel caso di campionamenti non riusciti.

Nei campioni indisturbati si dovranno pulire accuratamente le estremità del campione rimuovendo le parti di terreno disturbato. Le estremità della fustella devono essere sigillate mediante uno strato di paraffina fusa e con due tappi chiusi ermeticamente con nastro adesivo impermeabile.

Tutti i campioni prelevati dovranno essere ricoverati in locali adatti, chiusi, asciutti prima del sollecito invio al laboratorio geotecnico

Art. 6.1 - Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati vengono prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio; sono i campioni ottenuti con i normali utensili di perforazione e devono essere conservati ordinatamente nelle apposite cassette catalogatrici (campioni con grado di qualità Q1-Q2) oppure sigillati in sacchetti o barattoli di plastica a tenuta stagna per consentirne la conservazione e la misura del tenore di umidità (campioni con grado di qualità Q3); essi dovranno essere contraddistinti da un cartellino indelebile posto all'esterno del sacchetto o del barattolo, riportandone la data di prelievo, il nome del campione (rappresentato da lettere alfabetiche) e del sondaggio, nonché l'indicazione del cantiere. Tali dati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

La quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 gr. per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani. Nella scelta si avrà cura di eliminare le parti di campione alterabile dall'azione del carotiere (corteccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.). Tali campioni devono essere rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato.

Art. 6.2 - Campioni indisturbati

La fustella dei campionatori dovrà essere a pareti sottili in acciaio inox; la fustella deve essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. Il prelievo dei campioni può essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

1. Campionatore a pistone infisso idraulicamente (tipo Osterberg)

Il campionatore ad infissione idraulica del pistone (tipo Osterberg) può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio ≤ 200 kPa, in relazione alla potenza della pompa utilizzata; può essere impiegato con risultati positivi anche in sabbia fine da poco a mediamente addensata.

2. Campionatore a parti sottili infisso a pressione (tipo Shelby)

Viene infisso a pressione ed è utilizzato in terreni a grana fine da poco a mediamente consistenti. Il tubo campionatore deve avere diametro minimo 80mm e scarpa con tagliente avente angolo non superiore a 6° . Il campionatore è composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati collegata con viti a brugola al tubo d'infissione che funge da contenitore del campione di terreno.

3. Campionatore a fune con infissione meccanica del pistone

Il campionatore a fune con pistone agganciabile permette il campionamento in terreni la cui consistenza arresta la fustella spinta idraulicamente. Può essere utilizzato positivamente in sostituzione del campionatore Shelby di cui presenta la stessa capacità penetrativa (utilizza la spinta meccanica della batteria di aste) con i vantaggi del pistone.

4. Campionatore rotativo a pareti sottili

Il campionatore rotativo a pareti sottili, con scarpa sporgente, permette di campionare i terreni la cui consistenza arresta l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste, in presenza di fluido di circolazione.

L’Affidatario dovrà produrre un’attestazione relativa all’uso di campionatori con i requisiti richiesti; in ogni caso l’affidatario dovrà fornire le caratteristiche del tubo campionatore in dotazione e quanto non espressamente indicato andrà concordato con la DL. I tubi campionatori utilizzati dovranno essere nuovi e costituiti in acciaio inox e dotati di tagliente affilato.

Altri campionatori possono essere utilizzati solo dietro autorizzazione della DL.

Tabella 5- Scheda riassuntiva sui tipi di campionatore secondo le “Raccomandazioni A.G.I.”

Campionatori pesanti a percussione	Generalmente predisposti con astuccio interno di contenimento, talvolta con dispositivo di ritenuta alla base (estrattore, molla a cestello);
Campionatori a pareti sottili	Previsti generalmente per terreni coesivi a grana fine, poco o moderatamente consistenti. Il tubo di infissione, in acciaio di qualità, è impiegato anche come contenitore e pertanto deve essere resistente alla corrosione (acciaio inossidabile oppure zincato o cadmiato oppure termoplastificato). Rientrano tra i campionatori a parete sottile i campionatori a pistone e quelli a pressione idraulica (Shelby a pressione e Oersterberg, a pistone). Il campionatore Oersterberg è impiegato solo in terreni coesivi e semicoesivi teneri e medi;
Campionatori a rotazione (rotativi) a doppia o tripla parete con scarpa tagliente avanzata	Si impiegano in terreni coesivi di elevata consistenza nei quali non sia possibile l’infissione di campionatori a pressione o a pistone; il tubo interno non rotante, che funziona da contenitore, è spinto nel terreno mentre il tubo esterno, rotante e dotato di corona tagliente, asporta il terreno circostante; per un buon campionamento è indispensabile che la scarpa del tubo interno sporga rispetto alla scarpa del tubo rotante.

Attrezzatura per i campionamenti

I campionatori a parete sottile con pistone e quello rotativo a doppia parete, sono costituiti da cilindri di acciaio inox sagomati a tagliente nella parte terminale, e devono avere le seguenti dimensioni:

- diametro interno non inferiore a 85 mm;
- lunghezza utile ≥ 60 cm.

I campionatori rotativi consistono in due tubi di acciaio: uno rotante esterno ed uno fisso interno; quello a doppia parete ha anche la funzione diretta di contenitore per la spedizione dei campioni al laboratorio; quello a tripla parete ospita a tal fine un apposito cilindro di lamiera o in PVC.

Il tubo esterno è fornito di una corona avvitata all’estremità inferiore, mentre quello interno è sagomato a tagliente e sporge da quello esterno di una quantità dipendente dalla consistenza del terreno da campionare.

I campionatori rotativi vengono fissati nel terreno per mezzo di rotazione e pressione, usando fluidi di circolazione, mentre i campionatori a parete sottile con pistone devono essere infissi a pressione ed in un’unica tratta.

Osservazioni aggiuntive

L’infissione del campionatore deve avvenire in un’unica tratta, senza soluzione di continuità e senza flessioni o rotazioni del campionatore.

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto tra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori fra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso di autosostentamento del foro, ove il tratto scoperto non resista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si dovrà rivestire prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio $0,2 \div 0,5$ m più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro. Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione nella fase di installazione del rivestimento. A tal fine la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) da escludersi nelle fasi di campionamento Osterberg, ove sono necessarie pressioni maggiori.

Art. 6.3 – Campioni di carota lapidea

I campioni di roccia, oltre ad assicurare una rappresentazione litologica della roccia, non devono subire rotture meccaniche al momento del prelievo conservando inalterate le caratteristiche strutturali.

I campioni saranno prelevati direttamente dalle carote lapidee nelle cassette catalogatrici.

Art. 6.4 - Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo, protette dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto verrà effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni sotto la diretta responsabilità dell'impresa esecutrice fintanto che non verranno presi in carico dalla ditta incaricata per le prove.

Art. 7. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA ESEGUITA CON MASSA BATTENTE PESANTE 63,5-73 KG (DPSH).

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita. La punta conica è avvitata all'estremità di una batteria di aste metalliche e la battitura avviene con un maglio che cade liberamente da una altezza costante.

A. Attrezzatura

Gli standard per tale prova sono definiti da due associazioni di settore:

- AGI - Associazione Geotecnica Italiana;
- ISSMFE - International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Tali standard sono differenti e vengono di seguito descritti.

Secondo l'AGI, l'attrezzatura sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste interne ad una seconda batteria di tubi esterni di rivestimento con scarpa sagomata a tagliente alla base:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \div 2$ m
 - Peso per metro lineare aste: $M = 4,6 \pm 0,5$ kg
 - Diametro esterno aste interne: $\varnothing_{est} = 34$ mm
 - Diametro esterno rivestimento: $\varnothing_{est} = 48$ mm
 - Diametro interno rivestimento: $\varnothing_{int} = 38$ mm
 - Peso per metro lineare rivestimento: $M = 5,3$ kg
- (l'intercapedine tra \varnothing_{int} della scarpa e le aste sarà di $0,2 \div 0,3$ mm; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).
- 2) Punta conica collegata alla base delle aste interne:
 - Angolo apertura: $\alpha = 60^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 50,8$ mm
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente: $M = 73$ kg
 - altezza di caduta: $h = 750$ mm
 - testa di battuta: ≤ 55 kg

L'asta, alla cui estremità è collegata la punta conica, deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50 cm. L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

Secondo ISSMFE, l'attrezzatura ("superpesante" - DPSH) sarà la seguente:

1) Batteria di aste:

- Lunghezza aste: $L = 1 \div 2$ m
- Peso per metro lineare aste: $M_{\max} = 8,0$ kg
- Diametro esterno aste: $\varnothing_{\text{est}} = 32 \pm 0,3$ mm

(l'intercapedine tra \varnothing_{int} della scarpa e le aste sarà di $0,2 \div 0,3$ mm; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).

2) Punta conica collegata alla base delle aste:

- Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ$
- Diametro base: $\varnothing_b = 50,5 \pm 0,5$ mm

3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:

- massa battente: $M = 63,5 \pm 0,5$ kg
- altezza di caduta: $h = 750 \pm 0,02$ mm
- testa di battuta: ≤ 30 kg

Il rivestimento nella procedura ISSMFE non è previsto; il suo impiego, tuttavia, è consigliabile soprattutto per ridurre l'effetto dell'attrito laterale sulle aste. In ogni caso si deve sempre verificare che le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro.

B. Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20/30 cm misurando il numero di colpi (N_p) necessari, previo eventuale preforo di attraversamento di pavimentazioni o altri ostacoli all'infissione della punta stessa.

L'AGI prevede avanzamenti di 30 cm mentre ISSMFE prevede l'infissione per tratti consecutivi di 20 cm.

Con l'attrezzatura AGI dopo 30 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (N_r).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando N_p o N_r superano il valore di 100 colpi per avanzamento. Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 30 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza N_r misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazioni di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le due colonne.

Ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle due colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei due interventi sopra descritti. Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1 centratore con funzione di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata.

Con l'attrezzatura ISSMFE l'infissione della punta conica avverrà per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi necessari.

La cadenza di avanzamento dovrà essere pari a 15-30 colpi/minuto. Tutte le interruzioni nella continuità di prova devono essere annotate nel rapporto di cantiere.

Le aste devono essere ruotate per un giro e mezzo ogni metro per mantenere il foro verticale e diritto nonché per ridurre l'attrito laterale sulle aste. Quando la profondità di prova supera 10 m, la rotazione delle aste deve essere più frequente (ogni 20 cm). Per eliminare il problema dell'attrito laterale lungo le aste è opportuno prevedere l'iniezione di fango bentonitico tra le aste e le pareti del foro oppure l'adozione di un rivestimento provvisorio, benché non espressamente previsti nella procedura ISSMFE.

C. Elaborazione

Il numero di colpi necessari all'avanzamento dovrà essere espresso anche come resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura impiegata. L'espressione da utilizzare è la seguente:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \text{ [MPa]}$$

Con:

M = massa del maglio

M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste

g = accelerazione di gravità

H = altezza di caduta del maglio

a = area della sezione trasversale della punta

e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il numero di colpi)

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria, in scala non inferiore a 1:5000, recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
 - caratteristiche generali dell'attrezzatura impiegata tipo di penetrometro, dimensioni della punta conica, diametro e peso delle aste e del rivestimento, peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
 - tabella dei dati rilevati per ciascuna verticale di prova della resistenza alla punta (N20 o N30) e della resistenza al rivestimento (Nr);
 - grafico della resistenza alla punta N_p ed al rivestimento N_r in funzione della profondità;
 - grafico e tabella della resistenza alla penetrazione dinamica q_d in funzione della profondità;
 - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988). Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure (secondo la terminologia ISSFE, questa prova rientra nel tipo super-pesante: DPSH, in quanto con maglio maggiore di 60 kg).
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) -Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica.

Art. 8. POZZETTI ESPLORATIVI

Lo scavo di un pozzetto esplorativo consente la visione in dettaglio della stratigrafia degli strati più superficiali, il livello della falda freatica, lo spessore del terreno vegetale e inoltre consente di prelevare campioni rimaneggiati di terreno e, in presenza di terreni coesivi, campioni indisturbati cubici di ottima qualità, per l'esecuzione di prove di laboratorio.

La profondità massima di scavo è limitata a quella raggiungibile con gli escavatori normalmente in uso, cioè 4 ÷ 5 m; tuttavia, in presenza di falda, potrà essere anche minore, per problemi di sicurezza.

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura consisterà di un escavatore a braccio rovescio in grado di raggiungere la profondità prestabilita di progetto delle indagini (max. 4 m). Il volume della benna dovrà essere compreso tra 0.3 e 0.8 m³. Oltre all'escavatore l'attrezzatura dovrà comprendere una scala di lunghezza adeguata a scendere e risalire nello scavo e normali attrezzi di scavo.

Modalità esecutive

Lo scavo dovrà avere dimensioni orientative di 4 x 1.5 m, in pianta, e dovrà essere spinto alla profondità indicata dal progetto delle indagini.

Il materiale scavato dovrà essere ammucciato a distanza di 2 ÷ 3 m dal ciglio dello scavo mantenendo separati, per quanto possibile, i diversi strati presenti.

Le pareti dello scavo dovranno essere profilate con una pendenza tale da garantire la stabilità dello scavo e la sicurezza dell'operatore che procede alla ispezione. In caso di livello piezometrico prossimo a piano campagna, lo scavo verrà interrotto al raggiungimento della falda.

L'ispezione dello scavo prevede che venga compilata la stratigrafia del pozzetto, in accordo con lo schema descrittivo seguente:

- spessore del terreno vegetale o della copertura;
- descrizione geotecnica dei singoli strati attraversati, secondo le modalità indicate nella parte relativa al sondaggio geotecnico, adattandole alla descrizione della parete dello scavo.

In presenza di terreni coesivi, la descrizione dei terreni dovrà essere integrata da misure sistematiche (ad intervalli di profondità di 10 ÷ 20 cm) della resistenza al taglio in sito, utilizzando il penetrometro e lo scissometro tascabili.

Si sottolinea che le misurazioni dirette, le operazioni di campionamento e le prove all'interno del pozzetto dovranno per motivi di sicurezza essere limitate a 1,5 m di profondità; pertanto, oltre tale profondità si descriverà accuratamente il terreno attraversato analizzando e descrivendo direttamente i mucchi accumulati dall'escavatore a tergo del pozzetto, mantenendo separati i diversi strati presenti.

Ad ispezione conclusa, il pozzetto dovrà essere ritombato utilizzando lo stesso materiale di scavo, costipandolo con la benna dell'escavatore usata come maglio. La disposizione dei terreni nello scavo dovrà rispettare l'originaria stratigrafia: in particolare il terreno vegetale dovrà essere messo in posto per ultimo.

Documentazione

La documentazione di ciascun pozzetto comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operato
- quota assoluta o relativa di p.c.;
- livello piezometrico della falda freatica.
- stratigrafia geotecnica del terreno;
- indicazioni relative al prelievo di campioni e alla esecuzione di eventuali prove (prove di carico su piastra, prove di densità in sito, ecc.);
- documentazione fotografica a colori delle pareti del pozzetto con scala metrica e colorimetrica;
- documentazione fotografica delle prove e dei campionamenti eseguiti.

2 INDAGINI GEOFISICHE

L'Esecutore dovrà provvedere alla fornitura delle attrezzature necessarie, del personale tecnico specializzato (laureato e diplomato) e della manovalanza. Dovrà provvedere alla redazione di una relazione generale sulle indagini geofisiche effettuate, con allegati i diagrammi delle singole indagini, i risultati interpretativi e tutti gli elementi tecnico/scientifici necessari. Inoltre, dovrà essere obbligatoriamente eseguito un rilievo topografico piano-altimetrico georeferenziato di tutti gli stendimenti eseguiti e di tutti i rilievi eseguiti, completo delle relative planimetrie a curve di livello in scala opportuna e perfettamente leggibile.

Art. 9. PROVE PER ONDE SUPERFICIALI ATTIVE (MASW)

Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali eseguita con un dispositivo lineare di sensori sismici e con sorgenti artificiali.

A. Modalità esecutive

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

- Sismografo digitale a 12 canali (meglio 24) con possibilità di stack delle registrazioni, guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit;
- Per prove relative alla caratterizzazione del sottosuolo, 12 (meglio 24) geofoni verticali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz;
- Sistema di energizzazione costituito da uno dei seguenti dispositivi da scegliersi in funzione della scala delle indagini:
 - mazza battente con eventuale piastra di ripartizione appoggiata al suolo
 - energizzatori sismici impulsivi oleopneumatici e/o a gravità
 - fucili sismici
 - sorgenti vibranti (vibrochina)

La procedura consiste in tre step principali: l'acquisizione dei dati sismici sul terreno; l'elaborazione per la stima delle curve di dispersione sperimentali e l'inversione delle curve di dispersione, volta alla stima dei profili V_s che costituisce il risultato della prova.

1. Acquisizione

La fase di acquisizione prevede l'utilizzo di una sorgente (impulsiva controllata) tramite la quale creare una perturbazione sismica che si propaga lungo la superficie libera che viene rilevata da più ricevitori (di norma geofoni verticali a bassa frequenza) posti lungo dispositivi lineari sul piano campagna.

La sorgente dovrà essere posta ad un estremo dello stendimento di misura ed effettuare energizzazioni ai due lati opposti dello stendimento per confrontare i risultati. Si dovranno effettuare almeno 10 ripetizioni dell'energizzatore – con eventuale stacking – per ogni punto sorgente.

Si dovranno rispettare i seguenti parametri di acquisizione:

Profondità d'indagine [m]	T [s]	dt [ms]	L [m]	dl [m]
1 (pavimentazione)	0,15	1,125	3	0,1
10	1	0,5	23	1
30	2	1	46	2
100	4	2	200	5-10

Dove per T si intende la durata dell'acquisizione, dt l'intervallo di campionamento, L la lunghezza dello stendimento di misura e dl la distanza intergeofonica.

2. Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω - p (frequenza angolare – lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione.

3. Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

B. Documentazione finale

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritimi, impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- Informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- Sismogrammi originali sul supporto magnetico
- Immagini relative alla trasformazione bidimensionale del campo d'onda (f-k, w-p, f-v) con massimi spettri evidenziati;

- Confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di V_s ;
- Confronto tra il profilo di V_s di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- Tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, V_s , rapporto di Poisson o V_p e densità).

Art. 10. PROVE DI RESISTIVITÀ DEL TERRENO

La metodologia consiste nell'immettere nel terreno una corrente elettrica attraverso due elettrodi di corrente AB esterni misurando la differenza di potenziale risultante in due elettrodi interni di tensione MN. La prospezione mette in evidenza i contrasti di resistività su una medesima verticale in funzione delle caratteristiche fisiche dei materiali incontrati quali ad esempio la porosità, la saturazione in fase fluida, la presenza di minerali disciolti ecc..

Art. 11.1 – Strumentazione

La strumentazione da utilizzare, di potenza adeguata in relazione alle misure eseguibili sui massimi stendimenti previsti, dovrà avere caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili. In particolare, l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- georesistivimetro analogico e/o digitale con impedenza di ingresso minima pari a 10 megaohm, sensibilità almeno 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; lo strumento utilizzato per la misura dell'intensità di corrente dovrà avere sensibilità di almeno 0,1 milliampere e scala $1\text{mA} \div 2\text{ A}$;
- generatore di potenza costituito da gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari (preferibilmente fino a 32) ad alto isolamento, con specifica guaina di protezione esistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio, in rame e impolarizzabili; in particolare gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere in rame e, in terreni particolarmente secchi, dovranno essere immersi in una soluzione satura di solfato di rame (sensori impolarizzabili);
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per il collegamento in linea.

Art. 11.2 – Modalità esecutive

Per ciascun sondaggio elettrico verticale (SEV) dovrà essere effettuata preliminarmente una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico. La prospezione potrà avvenire secondo il dispositivo Schlumberger, Wenner, o Polo-Dipolo ecc., a scelta della Ditta esecutrice ma previa approvazione della DL.

La massima apertura degli elettrodi di corrente sarà determinata in funzione della profondità di indagine, considerando la necessità di avere un rapporto tra profondità e apertura degli elettrodi pari a 1/5. La profondità di indagine deve essere tale da valutare le proprietà di resistività del terreno alla profondità della condotta in progetto (circa 2.5m dal piano di campagna).

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore. La durata del periodo di registrazione deve essere tale da permettere di valutare, senza incertezze, il valore della differenza di potenziale ΔV .

Dopo ogni misura e prima di quella successiva, dovrà essere effettuato sul terreno il calcolo della resistività apparente ed il tracciato della curva dovrà essere riportato su opportuni diagrammi in scala bilogaritmica.

Nel caso fossero disponibili risultati di sondaggi meccanici questi dovranno essere presi a riferimento per la taratura delle indagini geoelettriche.

L'interpretazione delle curve di campagna dovrà essere eseguita per mezzo di adeguati programmi di elaborazione in grado di restituire:

- l'elettrostratigrafia del sottosuolo in termini di spessori e di resistività reale dei singoli elettrostrati;
- la determinazione dello scarto quadratico medio tra i dati sperimentali e i dati calcolati dal modello di resistività;
- i limiti di equivalenza della soluzione.

Art. 11.3 – Documentazione da consegnare

Documenti da consegnare.

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, analisi delle metodologie adottate per il raffronto tra curve teoriche e curve di campagna, con commento dei risultati finali ottenuti;
- b) Rappresentazione plano-altimetrica degli stendimenti eseguiti con indicazione della posizione di sondaggi di taratura eventualmente effettuati;
- c) Diagrammi di resistività di tutti i S.E.V. eseguiti;
- d) Sezioni elettriche interpretative, in scala appropriata alla necessità di rappresentazione dei dettagli rilevati, recante l'indicazione dei valori di resistività dei vari livelli interessati;
- e) Copia dei libretti di campagna originali

3 PROVE DI LABORATORIO

Art. 11. DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE MEDIANTE FUSTELLA TARATA O PESATA IDROSTATICA

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite da un laboratorio di prova geotecnico autorizzato di cui all'art. 59 del DPR 6 giugno 2001 n. 380, il laboratorio deve comparire nell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, il tutto così come prescritto nel cap 6.2.2 delle NTC 2018."

Apertura campione di terra, indisturbato o a limitato disturbo, compreso l'esame qualitativo preliminare, la descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

Tutte le informazioni inerenti al campione devono essere annotate su appositi moduli in modo che sia sempre identificabile il sondaggio, la profondità di prelievo, la data. All'atto dell'apertura dovrà essere eseguito l'esame qualitativo preliminare del campione, la sua descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili. Una volta estruso il campione dalla fustella con la tecnica più adatta in modo da minimizzare il disturbo, si deve creare una zona piana mediante apposito utensile (coltello o filo d'acciaio) per le prove con penetrometro e vane test tascabili. Dovranno essere descritte eventuali anomalie presenti (rammollimenti, essiccamenti, inclusi organici, fossili, fanghi di perforazione, rimescolamenti).

Le parti omogenee vanno descritte ed evidenziate con schizzi o foto con riferimento alle raccomandazioni AGI. Dall'esame dovranno risultare quindi le dimensioni dei granuli, il grado di arrotondamento, l'assortimento, la forma, il colore (attraverso l'ausilio delle Tavole Munsell), l'odore, la reazione all'acido cloridrico, livelli, lenti, laminazioni, vene di ossidazione.

Riferimenti normativi:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1997). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- UNI-EN-ISO 14688-1 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;

- UNI-EN-ISO 14688-2 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System);
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure).
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes;
- ASTM D653-02. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids,
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.

Art. 12. DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

Riferimenti normativi:

- ASTM D4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 4 "Determination of the liquid limit".
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 5 "Determination of the plastic limit and plasticity index".
- UNI CEN ISO/TS 17892-12 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg.

Art. 13. ANALISI GRANULOMETRICA MECCANICA MEDIANTE SETACCI

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica.
- UNI EN 933-1 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica. Analisi granulometrica per stacciatura.
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- ASTM D421-85 (1998). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants.
- ASTM D2217-85 (1998). Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. 9.2 "Wet sieving method"

- UNI EN 933-2 (1997). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica – Setacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture.

Art. 14. ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE SECONDO IL METODO DEL DENSIMETRO O DELLA PIPETTA

Esclusa la determinazione della massa volumica reale dei granuli.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Subclause 9.5 "Sedimentation by the hydrometer method"
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica.

Art. 15. PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON SCATOLA DI CASAGRANDE SU TRE PROVINI CON RILIEVO DELLE DEFORMAZIONI VERTICALI E DELLE CURVE SFORZI/DEFORMAZIONE TRASVERSALI

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D3080-98. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto.

Art. 16. CAROTAGGIO DI PROVINI CILINDRICI O PRISMATICI DI ROCCIA

Riferimenti normativi:

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

Art. 17. PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE SU PROVINI DI ROCCIA CILINDRICI

Riferimenti normativi:

- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ISRM (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials

4 INDAGINI AMBIENTALI

Art. 18. INDAGINI AMBIENTALI

Le indagini dovranno essere condotte secondo quanto previsto dal DPR 120/2017 e relativi allegati. Sono previste anche analisi per la caratterizzazione dei rifiuti.

Al momento del prelievo per ogni campione sarà indicato:

- Identificativo del cantiere;
- Identificativo e descrizione del campione;
- Rilievo delle coordinate geografiche delle stazioni di campionamento mediante GPS (WGS84) con precisione metrica;
- Data di prelievo;
- Profondità del prelievo;

I dati di cui sopra dovranno essere inseriti nel verbale di campionamento.

I certificati dovranno essere sottoscritti dal responsabile del laboratorio che si occuperà delle analisi e dovranno contenere almeno i seguenti elementi:

- Identificativo del cantiere;
- Identificativo e descrizione del campione;
- Data di prelievo;
- Profondità del prelievo;
- Data ricezione del campione in laboratorio, data accettazione del campione in laboratorio;
- Data inizio e fine analisi;
- Risultati analitici con indicazione del metodo utilizzato e delle soglie di riferimento di cui al D.Lgs. 152/06 – parte, quarta, titolo V, All.5 – Tab.1;

- Individuazione codice CER (ove richiesto per le specifiche analisi).

La presente copia e' conforme all'originale depositato presso gli archivi dell'Azienda

69-DB-2E-9F-0D-38-16-FE-F8-7B-0F-81-B4-87-AA-5B-CF-53-03-D5

PAdES 1 di 3 del 09/02/2023 11:14:19

Soggetto: PRATICO' DOMENICO

S.N. Certificato: 1CF76

Validità certificato dal 02/02/2021 11:19:20 al 02/02/2024 00:00:00

Rilasciato da InfoCamere S.C.p.A.

PAdES 2 di 3 del 09/02/2023 11:19:16

Soggetto: TARCHIANI JACOPO

S.N. Certificato: 1524510

Validità certificato dal 25/02/2021 12:38:42 al 25/02/2024 00:00:00

Rilasciato da INFOCERT SPA

PAdES 3 di 3 del 13/02/2023 12:20:26

Soggetto: Sebastiano Sau

S.N. Certificato: 11906ECE

Validità certificato dal 19/02/2022 17:47:46 al 01/02/2024 08:32:46

Rilasciato da ArubaPEC S.p.A.