



PROVINCIA DI RAVENNA

Presidente della Provincia
Francesco Giangrandi

Assessore alla Protezione Civile
Eugenio Fusignani

SETTORE AMBIENTE E SUOLO

Legge 20 maggio 1985 n. 222 – Otto per mille
Finanziamento: DPCM 23 novembre 2007

**Sistema sperimentale di preallarme per il rischio di collasso
arginale lungo l'asta dei Fiumi Uniti, del F. Montone, del F. Lamone
e del F. Savio quale misura non strutturale di difesa idraulica
della città di Ravenna e delle località in provincia di Ravenna
1° Lotto**

Importo Appalto: € 336.971,65

PROGETTO

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Elaborato 07

Data

novembre 2008

Dirigente del Settore Ambiente e Suolo: Dott. Stenio Naldi

Responsabile Unico del Procedimento: Dott. Stenio Naldi

Progettista: Dott. Geol. Carlo Del Grande - AMBIENTE TERRA Studio Associato
Via Andreoli, 22 -40068 San Lazzaro di Savena (BO)

**Indice**

CAPO I – NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO.....	7
1. OGGETTO E IMPORTO DELL'APPALTO	7
1.1 Natura e oggetto dell'appalto	7
1.2 Importo dell'appalto	7
1.3 Variazioni degli importi.....	9
1.4 Variazioni delle quantità e delle quote necessarie per la realizzazione dell'appalto .	9
1.5 Prezzi	9
1.6 Descrizione sommaria delle prestazioni.....	9
CAPO II – DISCIPLINA CONTRATTURALE.....	10
2. CATEGORIA DI APPARTENENZA DELL'APPALTO	10
CAPO III – DISPOSIZIONI PARTICOLARI	10
3. DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI L'APPALTO	10
3.1 Tempo utile per l'esecuzione delle prestazioni	10
3.2 Conoscenza delle condizioni di appalto	11
3.3 Forma dell'appalto.....	11
3.4 Garanzia a corredo dell'offerta.....	11
3.5 Cauzione definitiva	11
3.6 Stipulazione del contratto.....	12
3.7 Gestione dell'esecuzione del contratto.....	12
3.8 Avvio dell'esecuzione del contratto.....	12
3.9 Sospensioni dell'esecuzione del contratto	12
3.10 Subappalto	13
3.11 Revisione dei prezzi	13
3.12 Responsabilità e assicurazioni.....	13
3.13 Penalità	14
3.14 Pagamenti	14
3.15 Verifica di conformità.....	15
3.16 Certificato di regolare esecuzione per i lavori	17
3.17 Proprietà dei dati delle indagini.....	17
3.18 Presa in consegna delle opere	17
3.19 Risoluzione del contratto	17
3.20 Recesso anticipato.....	17
3.21 Divieto di cessione del contratto	18
3.22 Controversie	18
3.23 Spese, imposte e tasse	18
3.24 Trattamento dei dati	18
3.25 Rinvio.....	18
CAPO IV– NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DELLE OPERE	19
4. CRITERIO E METODI DI VALUTAZIONE E MISURAZIONE DELLE PRESTAZIONI E DELLE OPERE, SALVO DISPOSIZIONI DIVERSE CONTENUTE NEL CAPITOLATO SPECIALE	19
5. MODALITÀ DI ESECUZIONE	19
5.1 Osservanza di leggi e norme tecniche	19

5.2	Programma esecutivo delle prestazioni.....	21
5.3	Oneri a carico dell'appaltatore. Prestazioni inerenti l'esecuzione dei lavori. Impianto del cantiere, ordine dei lavori.....	21
5.3.1	Norme generali per l'esecuzione delle prestazioni	21
5.3.2	Impianto del cantiere.....	22
5.3.3	Vigilanza del cantiere	22
5.3.4	Sezioni topografiche degli argini con piezometri	23
5.3.5	Locali per uffici e per le maestranze	24
5.3.6	Attrezzature di pronto soccorso.....	24
5.3.7	Ordine dell'esecuzione dei lavori	24
5.3.8	Fornitura di notizie statistiche sull'andamento delle attività.....	25
5.3.9	Cartelli.....	25
5.3.10	Oneri per pratiche amministrative, occupazione di suolo e accesso ad aree pubbliche e private	25
5.3.11	Collaborazione con l'Amministrazione appaltante.....	26
5.3.12	Proprietà degli oggetti ritrovati	26
6.	SICUREZZA CANTIERI. PREVENZIONE INFORTUNI	26
6.1	Norme vigenti	26
6.2	Accorgimenti antinfortunistici e viabilità.....	27
6.3	Dispositivi di protezione	27
7.	SONDAGGI E MODALITA' DI INSTALLAZIONE DEI PIEZOMETRI.....	29
7.1	Specifiche tecniche per l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo e installazione dei piezometri all'interno dei fori.....	29
7.1.1	Generalità	29
7.1.2	Prescrizioni di carattere generale	29
7.1.3	Direzione del cantiere	29
7.1.4	Sondaggi geognostici e prove in situ: generalità.....	29
7.2	Documentazione delle indagini	30
7.2.1	Generalità	30
7.2.2	Consegna dei campioni di terreno	30
7.2.3	Conservazione delle cassette catalogatrici.....	30
7.2.4	Ubicazione e quote	30
7.3	Prescrizioni generali riguardanti i campioni ed i relativi certificati di prova	31
7.4	Sondaggi geotecnici.....	31
7.4.1	Generalità	31
7.4.2	Attrezzature di perforazione.....	32
7.4.3	Perforazioni a distruzione di nucleo	32
7.4.4	Perforazioni a carotaggio continuo	33
7.4.5	Utensili di perforazione.....	33
7.4.6	Utensili di pulizia fondo del foro	34
7.4.7	Stabilizzazione del foro di sondaggio	34
7.4.8	Rivestimenti provvisori	34
7.4.9	Stabilità al fondo del foro	35
7.4.10	Pulizia del fondo del foro.....	35
7.4.11	Campionamento in foro e prove geotecniche.....	36
7.4.12	Controllo della lunghezza delle batterie inserite in foro.....	36
7.4.13	Fluidi di circolazione.....	36
7.4.14	Strumenti di controllo e prova.....	36
7.4.15	Chiusura e sistemazione finale del foro.....	36

7.4.16	Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie	37
7.4.17	Sistemazione sul piano campagna della bocca di sondaggio	37
7.4.18	Cassette catalogatrici e carote	37
7.4.19	Fotografie a colori.....	38
7.5	Rilievo stratigrafico	38
7.5.1	Generalità	38
7.5.2	Dati generali e tecnici	38
7.5.3	Descrizione stratigrafica	38
7.5.3.1	Terreni non rocciosi	39
7.6	Campionamento durante i sondaggi geotecnici	43
7.6.1	Generalità	43
7.6.2	Campioni rimaneggiati	43
7.6.3	Campioni indisturbati	43
7.6.4	Osservazioni aggiuntive.....	44
7.6.5	Campioni semidisturbati con campionatore a pressione/percussione	45
7.6.6	Campioni indisturbati con campionatore a pistone stazionario e rotativo	45
7.6.7	Indicazioni sul campione	46
7.6.8	Imballaggio e trasporto dei campioni.....	46
7.7	Prove geotecniche in foro di sondaggio	47
7.7.1	Generalità	47
7.7.2	Standard penetration test (s.p.t.).....	48
7.7.3	Attrezzatura	48
7.7.4	Metodologia di prova	49
7.7.5	Documentazione.....	50
7.7.6	Prova di permeabilità lefranc	50
7.7.7	Modalità esecutive	50
7.7.7.1	Metodo a carico idraulico variabile	51
7.7.7.2	Metodo a carico idraulico costante	52
7.7.7.3	Documentazione	52
7.8	Strumentazione geotecnica per monitoraggio argini	53
7.8.1	Generalità	53
7.8.2	Principali caratteristiche che deve soddisfare il piezometro	53
7.8.3	Piezometro a tubo aperto in foro di sondaggio	53
7.8.4	Preparazione del foro.....	54
7.8.5	Installazione.....	54
7.8.6	Documentazione.....	56
7.8.7	Piezometri elettrici	56
7.8.8	Preparazione del foro.....	57
7.8.9	Modalità di installazione	58
7.8.10	Documentazione.....	58
7.8.11	Sistemazione esterna per qualsiasi tipo di piezometro	58
7.9	Prove geotecniche di laboratorio.....	59
7.9.1	Generalità	59
7.9.1.1	Requisiti generali del laboratorio	59
7.9.1.2	Locali di prova	59
7.9.1.3	Apparecchiature di prova	59
7.9.1.4	Identificazione dei campioni.....	60
7.9.1.5	Conservazione dei campioni.....	60
7.9.1.6	Modifiche al programma di prove	61

7.9.1.7	Rapporti con il direttore dell'esecuzione.....	62
7.9.1.8	Normative di riferimento	62
7.9.1.9	Documentazione da fornire.....	62
7.10	Determinazione delle caratteristiche fisiche.....	63
7.10.1	Apertura e descrizione geotecnica di campioni indisturbati	63
7.10.2	Apertura e descrizione geotecnica di campioni rimaneggiati	63
7.10.3	Determinazione del contenuto naturale d'acqua	64
7.10.3.1	Modalità di prova	64
7.10.3.2	Documentazione	64
7.10.4	Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale).....	64
7.10.4.1	Modalità di prova	64
7.10.4.2	Documentazione	65
7.10.5	Determinazione dei limiti di consistenza.....	65
7.10.5.1	Modalità di prova	65
7.10.5.2	Documentazione	66
7.10.6	Determinazione del limite di ritiro.....	66
7.10.6.1	Modalità di prova	66
7.10.6.2	Documentazione	66
7.10.7	Analisi granulometrica per vagliatura.....	66
7.10.7.1	Modalità di prova	67
7.10.7.2	Documentazione	68
7.10.8	Determinazione del passante o trattenuto ad un singolo vaglio.....	68
7.10.8.1	Modalità di prova	68
7.10.8.2	Documentazione	68
7.10.9	Analisi granulometrica per sedimentazione.....	69
7.10.9.1	Modalità di prova	69
7.10.9.2	Documentazione	69
7.10.10	Determinazione della massa volumica reale (peso specifico dei grani)	70
7.10.10.1	Modalità di prova	70
7.10.10.2	Documentazione	70
7.11	Determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche	70
7.11.1	Prova di taglio diretto consolidata - drenata	70
7.11.1.1	Modalità di prova	70
7.11.1.2	Documentazione	72
7.11.2	Prova di taglio anulare	73
7.11.2.1	Modalità di prova	73
7.11.2.2	Documentazione	73
7.12	Piezometri.....	74
7.12.1	Principali caratteristiche che deve soddisfare il piezometro	74
7.12.2	Scelta dei filtri	75
7.12.3	Scelta delle modalità di installazione.....	75
1.7	Descrizione dell'ubicazione dei piezometri e del sistema di monitoraggio	75
7.12.4	Ubicazione dei piezometri, delle centraline e disegni schematici delle opere	75
7.12.4.1	Generalità	75
7.12.5	Descrizione delle opere	76
7.12.5.1	Piezometro	76
7.12.5.2	Centralina di tipo A	77
7.12.5.3	Centralina di tipo B	77
7.13	Sistemi di monitoraggio e trasmissione dati	77

7.13.1	Generalità	77
7.14	Schema della struttura del sistema.....	78
7.14.1	Centraline di tipo A	78
7.14.2	Centraline di tipo B	78
7.15	Centro Analisi e Archiviazione dati.....	79
7.15.1	Generalità	79
7.15.2	Principali funzioni dei software del sistema di monitoraggio.....	79
7.15.3	Manuale dell'utente dei software e trattazione teorica.....	80
7.16	Manutenzione	80
7.16.1	Manutenzione centraline	80
7.16.1.1	Prima parte del segmento (centraline di tipo A - centralina di tipo B) ..	80
7.16.1.2	Seconda parte del segmento (centro di analisi e archiviazione dati) ...	80
7.16.2	Manutenzione della rete di monitoraggio ed il periodo di assistenza e garanzia (Prima parte e seconda parte).....	80
7.16.3	Pronto intervento.....	81
7.16.4	Piano di manutenzione	81
7.17	Assicurazioni	82

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

CAPO I – NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO

1. OGGETTO E IMPORTO DELL'APPALTO

1.1 *Natura e oggetto dell'appalto*

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di Sistema sperimentale di preallarme per il rischio di collasso arginale lungo l'asta dei Fiumi Uniti, del F. Montone, del F. Lamone e del F. Savio quale misura non strutturale di difesa idraulica della città di Ravenna e delle località in provincia di Ravenna - 1° Lotto – Fiumi Uniti.

Trattasi di appalto misto di servizi, lavori e forniture ai sensi dell'art.14 del D.Lgs.n.162/2006, dove la prestazione principale è costituita da servizi, mentre i lavori e le forniture hanno carattere accessorio e costituiscono prestazioni secondarie.

1.2 *Importo dell'appalto*

L'importo a base di appalto ammonta complessivamente ad **euro 336.971,65 (Trecentotrentaseimilanovecentosettantuno/65)** al netto dell'I.V.A. e comprensivi degli oneri di scurezza, così suddivisi:

Tabella 2.0. – Importo Appalto

	Appalto	Importo (euro)
a	per forniture	95.267,50
b	per servizi	205.886,65
c	per lavori	26.817,50
	SOMMANO	327.971,65
	per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso d'asta	9.000,00
	TOTALE A BASE D'ASTA	336.971,65

In particolare, le prestazioni inerenti le forniture possono sommariamente riassumersi come segue:

Tabella 2.1. – Importo per forniture

N.	Descrizione	Importo (euro)
1	Piezometri elettrici	25.900,00
2	Tubo in PVC	500,00
3	Unità remota, sistema memorizzazione dati e trasmissione, data logger, antenne	67.500,00



4	Cavo elettrico	175,00
5	Cassette catalogatrici a cinque scomparti	1.192,50
	TOTALE IMPORTI	95.267,50

Per quanto concerne i servizi ed i lavori, essi si intendono in parte a corpo ed in parte a misura, come di seguito specificato:

Tabella 2.2. – Importo per servizi e lavori a misura

N.	Descrizione	Importo (euro)
1	Servizio sondaggi, installazioni in foro e stratigrafia	30.279,25
2	Servizio Analisi e prove di laboratorio	7.114,90
3	Scavo per posa in opera collegamenti	11.000,00
4	Posa in opera di pozzetti compresa la fornitura	3.467,50
5	Servizio Scatola di derivazione stagna con installazione	5.550,00
6	Setto poroso per piezometri elettrici	4.500,00
7	Servizio Kit e installazione unità memorizzazione	6.000,00
8	Servizio installazione delle unità di memorizzazione remota e configurazione	15.000,00
9	Rilevamento sezioni topografiche	1.142,50
	TOTALE IMPORTI	84.054.15

Tabella 2.3. – Importo per servizi e lavori a corpo

N.	Descrizione	Importo (euro)
1	Servizio Software per la gestione dell'impianto e licenze	5.200,00
2	Servizio di manutenzione ordinaria annuale	42.500,00
3	Servizio annuale di pronto intervento	12.500,00
4	Servizio Training	4.500,00
5	Accantieramento	1.200,00
6	Impiantistica e infilaggio cavi	5.750,00
7	Servizio Taratura modello per soglie pericolosità rottura arginale	45.000,00
8	Servizio di predisposizione di sito internet ed interfacciamento con Protezione Civile	32.000,00
	TOTALE IMPORTI	148.650,00

Le prestazioni oggetto dell'appalto verranno eseguite in conformità agli elaborati di progetto, nonché a quanto descritto nelle specifiche tecniche contenute nel presente capitolato. Le prestazioni, come sopra indicate, sono tutte quelle definite dal progetto a base d'appalto.



1.3 *Variazioni degli importi*

Il corrispettivo dell'appalto è quello definito in sede di gara ed è dato dal prezzo complessivo offerto dall'aggiudicatario, tenuto conto della percentuale di ribasso, al netto dell'I.V.A., aumentato dell'importo degli oneri per la sicurezza e la salute nel cantiere non soggetti al ribasso d'asta.

L'importo delle parti compensate a corpo resta fisso e invariabile, senza che possa essere invocata da alcuna delle parti contraenti, per tali prestazioni, alcuna successiva verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità delle medesime.

L'importo del contratto può variare, in aumento o in diminuzione, esclusivamente per la parte di lavori/servizi previsti a misura nonché per le forniture previste negli atti progettuali e nell'elenco prezzi, in base alle quantità effettivamente eseguite o ordinate.

In ogni caso le variazioni non potranno determinare il superamento del prezzo contrattuale che è fisso e invariabile e comprende tutto quanto occorre per l'esecuzione delle indagini e la consegna della documentazione secondo le specifiche tecniche contenute nel presente capitolato di appalto.

1.4 *Variazioni delle quantità e delle quote necessarie per la realizzazione dell'appalto*

Occorre precisare che, a causa della indeterminatezza legata alle tipologia sperimentale dell'appalto e alle previsioni di studio di porzioni sconosciute di sottosuolo, il numero, le profondità e la tipologia di piezometri da installare vanno considerati solamente indicativi e pertanto devono essere ritenuti modificabili in relazione alle informazioni geologiche, geotecniche e analitiche man mano acquisite, pur rimanendo all'interno dell'importo complessivo specificato nel computo metrico.

Comunque, è fatto tassativo divieto all'appaltatore introdurre varianti o addizioni al progetto delle opere appaltate, senza averne ottenuta la preventiva approvazione scritta dal direttore dell'esecuzione (col richiamo dell'avvenuta superiore approvazione). L'Amministrazione appaltante avrà diritto a far demolire, a spese dell'appaltatore stessa, le opere che questa avesse eseguito in contravvenzione a tale divieto.

Le economie derivanti da ribassi d'asta o che si manifestano durante l'esecuzione dei lavori saranno riutilizzate all'interno dello stesso progetto per ampliare la rete di monitoraggio o per migliorarla.

1.5 *Prezzi*

Le prestazioni, appaltate a misura, saranno liquidate in base ai prezzi unitari d'elenco e comprendenti, anch'essi, gli oneri previsti a carico dell'appaltatore al netto del ribasso percentuale indicato nell'offerta economica.

Resta inteso che la tipologia delle prestazioni che l'Amministrazione appaltante potrà richiedere sarà esclusivamente quella indicata nell'elenco prezzi. Eventuali tipologie diverse dovranno essere preventivamente concordate ed accettate da entrambe le parti.

1.6 *Descrizione sommaria delle prestazioni*



Le prestazioni che formano oggetto dell'affidamento di incarico possono riassumersi come di seguito, salvo più precise indicazioni che all'atto esecutivo potranno essere impartite dall'Amministrazione appaltante.

Le prestazioni richieste risultano essenzialmente:

- Installazione di piezometri in fori di sondaggio;
- l'installazione di stazioni di monitoraggio;
- preparazione dei piezometri elettrici;
- installazione degli stessi all'interno di un sondaggio a carotaggio continuo;
- stratigrafia del sondaggio ed eventuali prove di permeabilità;
- prelievo di campioni ed analisi granulometriche in laboratorio geotecnica;
- predisposizione delle centraline di acquisizione dati e dei collegamenti ai piezometri;
- predisposizione dei pannelli solari di alimentazione o di quant'altro ed installazione;
- installazione del sistema trasmissione dati a distanza con modem GSM o ponte radio;
- messa a punto e taratura del modello che individui le quantità di infiltrazione pericolose per il collasso arginale e permetta di stabilire i vari livelli di allarme;
- predisposizione di un sito internet consultabile in tempo reale dalla Protezione Civile o da altri enti Istituzionali preposti alla sicurezza della cittadinanza al fine di poter predisporre le opportune misure di sicurezza in caso di superamento delle varie soglie di infiltrazione.

CAPO II – DISCIPLINA CONTRATTUALE

2. CATEGORIA DI APPARTENENZA DELL'APPALTO

I servizi oggetto del presente appalto sono attribuibili all'elenco dei servizi di cui agli artt. 20 e 21, all'allegato IIA, del D.Lgs.n.163/2006, alla voce 12: servizi di sperimentazione tecnica e analisi.

CAPO III – DISPOSIZIONI PARTICOLARI

3. DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI L'APPALTO

3.1 *Tempo utile per l'esecuzione delle prestazioni*

Il tempo utile per ultimare le prestazioni sarà di **180 (centottanta)** giorni naturali e consecutivi decorrenti dalla data del verbale di avvio dell'esecuzione; mentre la taratura e predisposizione del modello di saturazione dei corpi arginali con individuazione delle soglie di allerta (punto 6.1 e 6.2 del Computo metrico), dovrà essere ultimato in **360 (trecentosessanta)** giorni naturali e consecutivi, decorrenti dalla data del verbale di avvio dell'esecuzione.

Il servizio di manutenzione avrà durata di **5 (cinque)** anni dal rilascio del certificato di



verifica di conformità.

3.2 Conoscenza delle condizioni di appalto

L'appalto, tutte le condizioni ad esso relative, prezzi, modalità di esecuzione, pagamento, ecc. e comunque tutto quanto inerente e conseguente all'appalto stesso, si intende accettato dall'appaltatore.

L'assunzione dell'appalto di cui al presente capitolato implica da parte dell'appaltatore la conoscenza perfetta, non solo delle norme generali e particolari che lo regolano, ma altresì tutte le condizioni locali che si riferiscono alle prestazioni da realizzare.

In particolare, l'appaltatore dà atto di conoscere le soggezioni, i vincoli e gli impatti ambientali gravanti sul territorio oggetto dell'intervento, nonché i vincoli amministrativi gravanti sul territorio in riferimento all'opera in esame e si impegna ad acquisire tutte le autorizzazioni necessarie, incluso il premezzo della Soprintendenza ai Beni Ambientali ed Architettonici.

3.3 Forma dell'appalto

L'appalto sarà aggiudicato con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, ai sensi dell'art.83 del D.Lgs.n.163/2006.

I criteri di valutazione dell'offerta nonché la ponderazione relativa attribuita a ciascuno di essi saranno stabiliti nel bando di gara e nel disciplinare di gara.

3.4 Garanzia a corredo dell'offerta

È prevista, ai sensi dell'art.75 del D.Lgs.n.163/2006, la prestazione di una garanzia a corredo dell'offerta sotto forma di cauzione o fideiussione, a scelta dell'offerente, pari al 2% (due per cento) del prezzo a base di gara.

Le forme, le modalità di presentazione della suddetta garanzia saranno specificate nel bando di gara e nel disciplinare di gara.

3.5 Cauzione definitiva

A garanzia dell'esatto adempimento degli obblighi assunti con il presente capitolato ed il relativo contratto, l'appaltatore deve costituire una cauzione definitiva, in conformità a quanto stabilito dall'art.113 del D.Lgs.n.163/2006, pari al 10% dell'importo contrattuale.

Fatto salvo il diritto al risarcimento degli eventuali maggiori danni, l'Amministrazione appaltante può in qualsiasi momento ritenere i crediti derivanti dal presente capitolato e dal relativo contratto, dandone comunicazione all'appaltatore; quest'ultimo ha l'obbligo di reintegrare o ricostituire il deposito cauzionale stesso entro dieci giorni dal ricevimento della comunicazione stessa.

L'Amministrazione appaltante ha il diritto di valersi della cauzione per l'eventuale maggiore spesa sostenuta per il completamento dei lavori nel caso di risoluzione del contratto disposta in danno dell'appaltatore.



L'Amministrazione appaltante ha inoltre il diritto di valersi della cauzione per provvedere al pagamento di quanto dovuto dall'appaltatore per le inadempienze derivanti dalla inosservanza di norme e prescrizioni dei contratti collettivi, delle leggi e di regolamenti sulla tutela, protezione, assicurazione, assistenza e sicurezza fisica dei lavoratori comunque presenti in cantiere.

3.6 Stipulazione del contratto

Il contratto è stipulato mediante forma pubblica amministrativa a cura dell'Ufficiale rogante dell'Amministrazione appaltante.

L'aggiudicatario si impegna a stipulare il contratto nel termine stabilito dall'Amministrazione appaltante.

Ove l'aggiudicatario, senza giustificato motivo, non si presenti per la stipulazione del contratto nel giorno stabilito, l'Amministrazione appaltante si riserva la facoltà di procedere alla revoca dell'aggiudicazione e di disporla in favore del concorrente che segue immediatamente nella graduatoria.

3.7 Gestione dell'esecuzione del contratto

Ai sensi dell'art.119 del D.Lgs.n.163/2006 l'Amministrazione appaltante verifica il regolare andamento dell'esecuzione del contratto attraverso il direttore dell'esecuzione del contratto, il quale assumerà anche le funzioni di direttore dei lavori per la parte delle prestazioni oggetto del contratto che riguardano i lavori.

3.8 Avvio dell'esecuzione del contratto

Dopo che il contratto è divenuto efficace, il responsabile del procedimento autorizza il direttore dell'esecuzione a dare avvio all'esecuzione della prestazione.

L'Amministrazione appaltante si riserva la facoltà, in caso d'urgenza, di autorizzare l'esecuzione anticipata delle prestazioni, anche in pendenza della stipulazione del contratto.

Dell'avvio dell'esecuzione del contratto viene redatto, a cura del direttore dell'esecuzione, apposito verbale in contraddittorio con l'appaltatore medesimo, sottoscritto

Dalla data di avvio dell'esecuzione, risultante dal verbale suddetto, decorrono i termini per l'esecuzione delle prestazioni di cui al punto 3.1.

L'appaltatore è tenuto a seguire le istruzioni e le direttive fornite dall'Amministrazione appaltante per l'avvio dell'esecuzione del contratto; qualora l'appaltatore non adempia, l'Amministrazione appaltante ha facoltà di procedere alla risoluzione del contratto.

3.9 Sospensioni dell'esecuzione del contratto

Qualora circostanze particolari impediscano temporaneamente la prosecuzione a regola d'arte delle attività oggetto del contratto, il direttore dell'esecuzione ne ordina la sospensione, indicando le ragioni e l'imputabilità delle medesime.

E' ammessa la sospensione della prestazione, ordinata dal direttore dell'esecuzione nelle



modalità sopra indicate, nei casi di avverse condizioni climatiche, di forza maggiore, o di altre circostanze speciali che impediscano la esecuzione o la realizzazione a regola d'arte della prestazione.

Delle sospensioni viene compilato apposito verbale indicante le ragioni che hanno determinato l'interruzione delle attività oggetto del contratto, le attività già effettuate, i mezzi e gli strumenti esistenti che rimangono eventualmente nel luogo dove l'attività contrattuale era in corso di svolgimento. Il verbale di sospensione è firmato dall'esecutore ed inviato al responsabile del procedimento entro cinque giorni dalla sua redazione.

Non appena venute a cessare le cause della sospensione, il direttore dell'esecuzione ordina la ripresa dell'esecuzione del contratto, redigendo apposito verbale firmato anche dall'appaltatore. Nel verbale di ripresa il direttore dell'esecuzione indica il nuovo termine ultimo di esecuzione del contratto, calcolato tenendo in considerazione la durata della sospensione e gli effetti da questa prodotti.

3.10 Subappalto

Il subappalto è ammesso, ad eccezione del servizio di manutenzione che non può essere subappaltato né in tutto né in parte pena la risoluzione immediata del contratto con riserva del risarcimento dei danni, previa autorizzazione dell'Amministrazione appaltante, nei termini e nei modi previsti dalla legislazione vigente.

Ai sensi dell'art.118 del D.Lgs. n.163/2006 l'appaltatore deve indicare nella sua offerta le parti dell'appalto che egli eventualmente intende subappaltare a terzi, fatto salvo il limite del 30% della quota subappaltabile. Resta comunque impregiudicata la responsabilità dell'appaltatore.

Tutte le disposizioni del presente capitolato in merito alla tutela dei lavoratori si applicano anche nei confronti dei subappaltatori.

3.11 Revisione dei prezzi

Tutti i prezzi di contratto sono fissi ed invariabili. Non è prevista alcuna revisione dei prezzi ai sensi e per gli effetti dell'art. 1664, primo comma, del codice civile.

3.12 Responsabilità e assicurazioni

L'appaltatore risponde, sollevando l'Amministrazione appaltante da ogni responsabilità ed onere, di tutti i danni causati, a qualsiasi titolo, nell'esecuzione delle prestazioni oggetto del rapporto contrattuale:

- a beni, persone, cose alle dipendenze e/o di proprietà dell'appaltatore stesso;
- a beni, persone, cose alle dipendenze e/o di proprietà dell'Amministrazione appaltante;
- a terzi e/o cose di loro proprietà.

A garanzia di quanto sopra indicato l'appaltatore dovrà stipulare, a sua cura ed a sue spese, apposita polizza, valevole per l'intera durata del rapporto contrattuale, che tenga indenne l'Amministrazione appaltante da tutti i rischi di esecuzione da qualsiasi causa determinati, salvo quelli derivanti da errori di progettazione, insufficiente progettazione, azioni di terzi o cause maggiori, per un importo pari ad euro 300.000,00 e che prevede



anche una garanzia di responsabilità civile per danni a terzi (RCT) con un massimale unico per sinistro di euro 1.000.000,00.

La polizza dovrà altresì prevedere le seguenti condizioni estensive:

- sono considerati terzi i dipendenti dell'Amministrazione appaltante e tutte le persone da essa incaricate di controllare o sorvegliare i lavori e l'esecuzione delle prestazioni, anche se partecipano alle stesse;
- danni arrecati e/o subiti da eventuali subappaltatori;
- danni a cose di terzi, comprese quelle dell'Amministrazione appaltante, nell'ambito dell'esecuzione delle attività.

Copia di tali polizze dovranno essere trasmesse all'Amministrazione appaltante prima dell'inizio delle prestazioni e, comunque, prima della stipula del contratto.

L'appaltatore risponde, inoltre, direttamente di qualsiasi infrazione a leggi e regolamenti in materia antinfortunistica, di igiene del lavoro e tutela ambientale.

3.13 Penalità

Fatte salve le ulteriori ipotesi stabilite nel presente capitolato, sono previste le seguenti penalità:

- per ogni giorno naturale e consecutivo di ritardo nell'ultimazione delle prestazioni: euro 200,00 (duecento/00);
- per irregolarità nello svolgimento della prestazione, mancata esecuzione parziale della prestazione e per inadempienze diverse, quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, modifiche non concordate, mancate comunicazioni, ecc: da euro 500,00 (cinquecento/00) a euro 5.000,00 (cinquemila/00) in proporzione all'entità dell'inadempienza;
- qualora non vengano effettuati gli interventi di manutenzione ordinaria e/o non venga mantenuto in perfetto funzionamento tutto il sistema di monitoraggio si procederà: da euro 150,00 (centocinquanta/00) a euro 1.000,00 (mille/00) in proporzione all'entità dell'inadempienza;
- qualora non vengano effettuati gli interventi richiesti entro le 24 ore dalla chiamata e/o non fornisca l'apparecchiatura sostitutiva prevista: da euro 400,00 (quattrocento/00) a euro 2.000,00 (duemila/00) in proporzione all'entità dell'inadempienza.

Le penalità potranno essere irrogate a seguito di un procedimento in contraddittorio. Unica formalità preliminare per la loro applicazione è l'inoltro per iscritto della contestazione degli addebiti, prevedendo un termine di 10 (dieci) giorni dalla data del suo ricevimento per la presentazione di chiarimenti ed eventuali giustificazioni a quanto contestato.

In caso di non accettazione delle giustificazioni di cui al paragrafo precedente, ovvero decorso infruttuosamente il termine per la presentazione delle stesse, l'Amministrazione appaltante si riserva di applicare le penali previste, comunicandolo per iscritto all'appaltatore e salvo il risarcimento del danno ulteriore.

Le penalità verranno imputate all'appaltatore al momento della liquidazione del compenso, oppure dalla cauzione in caso di importo delle prestazioni già liquidato.

3.14 Pagamenti



All'appaltatore non è dovuta alcuna anticipazione sull'importo contrattuale.

L'appaltatore avrà diritto a pagamenti in acconto in corso d'opera, ogni qual volta, il suo credito, al netto del ribasso d'asta e delle ritenute di legge, raggiunga la cifra di euro 100.000,00 (centomila/00); contestualmente saranno pagati le percentuali relative agli oneri di sicurezza che non sono soggetti a ribasso d'asta.

Per quanto concerne, in particolare, i lavori ed i servizi previsti a corpo saranno pagati in base alla percentuale realizzata.

Per quanto concerne le forniture nonché i lavori ed i servizi previsti a misura saranno pagate in base alle quantità effettivamente consegnate e/o realizzate.

I pagamenti degli acconti verranno disposti su autorizzazione del responsabile del procedimento, previo accertamento da parte del direttore dell'esecuzione della prestazione effettuata, in termini di quantità e qualità, rispetto alle prescrizioni previste nei documenti contrattuali.

I pagamenti, come sopra autorizzati, vengono effettuati per il tramite del servizio di Tesoreria, a mezzo accredito in c/c bancario, entro 60 (sessanta) giorni dalla data di ricevimento delle fatture da parte dell'Ufficio competente, salve le verifiche di legge.

Il saldo verrà corrisposto entro 90 (novanta) giorni dall'emissione del certificato di verifica di conformità.

Per quanto concerne il servizio di manutenzione, il pagamento verrà effettuato annualmente entro 60 (sessanta) giorni dal ricevimento della fattura.

In caso di raggruppamenti i pagamenti saranno effettuati esclusivamente a favore del capogruppo, restando l'Amministrazione appaltante del tutto estranea ai rapporti intercorrenti tra le imprese componenti il raggruppamento.

3.15 Verifica di conformità

A seguito di apposita comunicazione dell'intervenuta ultimazione delle prestazioni, il direttore dell'esecuzione effettua i necessari accertamenti e rilascia il certificato attestante l'avvenuta ultimazione delle prestazioni.

Le operazioni di verifica di conformità sono avviate entro 30 (trenta) giorni dall'ultimazione delle prestazioni e dovranno concludersi entro e non oltre 12 mesi dall'ultimazione delle prestazioni. Dell'eventuale prolungarsi delle operazioni rispetto a detto termine il soggetto incaricato della verifica di conformità trasmette comunicazione all'appaltatore e al responsabile del procedimento.

Le attività di verifica di conformità sono dirette a certificare che le prestazioni contrattuali siano state eseguite a regola d'arte sotto il profilo tecnico e funzionale, in conformità e nel rispetto delle condizioni, modalità, termini e prescrizioni stabiliti nel presente capitolato e nel contratto, nonché nel rispetto delle leggi di settore. Le attività di verifica hanno altresì lo scopo di accertare che i dati risultanti dalla contabilità e dai documenti giustificativi corrispondano fra loro e con le risultanze di fatto.

La verifica di conformità, oltre agli accertamenti e riscontri che il soggetto incaricato ritenga necessari, dovrà prevedere necessariamente i seguenti controlli:

1. Certificato di taratura del sensore piezometrico da parte della appaltatore fornitrice;
2. Certificato di taratura del piezometro completamente montato, non anteriore a tre mesi dalla data di installazione;



3. Prima dell'installazione di ogni piezometro la appaltatore dovrà fornire certificati di cui ai punti 1 e 2. Inoltre a discrezione del direttore dell'esecuzione prima della messa in posto del piezometro potrà essere richiesta la verifica della misura corretta della cella piezometrica, da effettuarsi direttamente in sito con il metodo della colonna di acqua (si immerge il piezometro in una colonna d'acqua la cui altezza è nota e si controlla all'output del sensore che il valore del segnale elettrico, ovvero del corrispondente valore di pressione, corrisponda all'altezza dell'acqua nella colonna).
4. Verifica con misure elettriche, in base alle specifiche tecniche di ogni tipologia di strumento, delle centraline e di ciascun piezometro;
5. Verifica a campione dei piezometri installati, almeno n. 4 scelti a discrezione dal direttore dell'esecuzione, da eseguirsi con controlli in sito, taratura con colonna d'acqua nota, o in laboratorio con apposita strumentazione, a discrezione del direttore dell'esecuzione;
6. Verifica nei siti in remoto del corretto funzionamento di tutto il sistema;

Alle operazioni di verifica di conformità dovrà essere presente il direttore dell'esecuzione e il rappresentante dell'appaltatore.

Della verifica di conformità è redatto processo verbale, sottoscritto da tutti i soggetti intervenuti, in cui sono descritti tutti i rilievi fatti dal soggetto incaricato della verifica medesima, le singole operazioni, le verifiche compiute e i risultati ottenuti.

Il soggetto che procede alla verifica di conformità provvede a raffrontare i dati risultanti dal processo verbale con i dati relativi al contratto e con i documenti contabili e a formulare le proprie considerazioni sul modo in cui l'appaltatore ha osservato le prescrizioni contrattuali e le eventuali indicazioni del direttore dell'esecuzione.

Qualora dagli accertamenti effettuati in sede di verifica di conformità emergessero difetti di esecuzione imputabili all'appaltatore e tali da rendere necessari attività di riparazione e/o di completamento, l'appaltatore è tenuto alla loro esecuzione nei termini stabiliti dal soggetto incaricato della verifica di conformità, che non dovranno in ogni caso essere superiori a 30 (trenta) giorni. In caso di mancato adeguamento entro i termini, l'Amministrazione appaltante si riserva la facoltà di rivolgersi al concorrente che segue in graduatoria per l'intervento e di rivalersi in danno all'appaltatore.

Le operazioni necessarie alla verifica di conformità sono svolte a spese dell'appaltatore. L'appaltatore, a propria cura e spese, mette a disposizione del soggetto incaricato della verifica di conformità i mezzi necessari ad eseguirli. Nel caso in cui l'esecutore non ottemperi a siffatti obblighi, il direttore dell'esecuzione o il soggetto incaricato al controllo dispongono che sia provveduto d'ufficio, deducendo la spesa dal corrispettivo dovuto all'appaltatore.

Il soggetto incaricato rilascia il certificato di verifica di conformità quando risulti che l'appaltatore abbia completamente e regolarmente eseguito le prestazioni contrattuali.

E' fatta salva la responsabilità dell'appaltatore per eventuali vizi o difetti anche in relazione a parti, componenti o funzionalità non verificabili in sede di verifica di conformità.

La data di rilascio del certificato di verifica di conformità è da considerarsi come data di inizio del periodo di manutenzione ai sensi del presente capitolato.

Successivamente all'emissione del certificato di verifica di conformità si potrà procedere al pagamento del saldo delle prestazioni eseguite e allo svincolo della cauzione prestata



dall'appaltatore a garanzia del mancato o inesatto adempimento delle obbligazioni dedotte in contratto.

3.16 Certificato di regolare esecuzione per i lavori

Per i lavori previsti nell'appalto dovrà essere emesso, entro 3 (tre) mesi dall'ultimazione degli stessi, il certificato di regolare esecuzione ai sensi di quanto previsto dall'art.208 del D.P.R. n.554/1999.

3.17 Proprietà dei dati delle indagini

I dati ottenuti dal servizio in oggetto diverranno patrimonio dell'Amministrazione Provinciale di Ravenna e la loro divulgazione, anche parziale, sarà ammessa solo previa autorizzazione della medesima.

3.18 Presa in consegna delle opere

Successivamente alla certificazione di verifica di conformità, debitamente approvata, le opere saranno prese in consegna dall'Amministrazione appaltante.

L'Amministrazione appaltante, qualora abbia necessità di utilizzare le opere realizzate, ovvero parte di esse, prima che intervenga la verifica di conformità, si riserva la facoltà di procedere alla presa in consegna anticipata delle medesime.

3.19 Risoluzione del contratto

Oltre a quanto genericamente previsto dall'art.1453 del codice civile per i casi di inadempimento delle obbligazioni contrattuali, il contratto può venir risolto di diritto dall'Amministrazione appaltante, previa diffida all'appaltatore, ai sensi dell'art.1456 del codice civile, nei seguenti casi:

- frode, negligenza grave, ripetuta contravvenzione agli obblighi contrattuali;
- qualora l'importo complessivo delle penali erogate ai sensi del punto 3.12 ecceda il 10% dell'importo del contratto;
- violazione di quanto previsto al punto 3.9 in tema di subappalto;
- qualora l'appaltatore non segua le istruzioni e le direttive fornite dall'Amministrazione appaltante per l'avvio dell'esecuzione del contratto.

E' in ogni caso salva l'azione per il risarcimento del danno ed ogni altra azione che l'Amministrazione appaltante ritenesse opportuno intraprendere a tutela dei propri diritti.

3.20 Recesso anticipato

L'Amministrazione si riserva il diritto di recedere dal contratto in qualsiasi momento, ai sensi dell'art. 1671 del codice civile, assegnando alla controparte un termine di preavviso di giorni. Salvi in ogni caso il pagamento delle prestazioni/delle forniture effettivamente



eseguite/ricevute e ritenute utili per l'Amministrazione stessa, secondo quanto disposto dall'art. 134, comma 1, del D.Lgs n. 163/2006.

Qualora l'appaltatore dovesse recedere dal contratto prima della scadenza convenuta, senza giustificato motivo o giusta causa, l'Amministrazione appaltante si rivarrà sul deposito cauzionale a titolo di penale, fatto salvo ogni altro diritto per danni eventuali.

3.21 *Divieto di cessione del contratto*

Il contratto non può essere ceduto, a pena di nullità, salvo quanto disposto dall'art.116 del D.Lgs.n. 163/2006.

3.22 *Controversie*

Tutte le controversie che dovessero eventualmente insorgere nell'interpretazione e dell'esecuzione del presente capitolato e del relativo contratto tra l'appaltatore e l'Amministrazione appaltante, non risolvibili in via amministrativa, saranno deferite all'Autorità Giudiziaria Ordinaria. Il foro competente è quello di Ravenna.

3.23 *Spese, imposte e tasse*

Sono a carico dell'appaltatore tutte le spese, diritti di segreteria, imposte e tasse, incluse le spese di registrazione, relative all'appalto, salva l'applicazione dell'I.V.A. ai sensi di legge.

3.24 *Trattamento dei dati*

In relazione alle disposizioni del D.Lgs.n.196/2003, i dati acquisiti nell'ambito del presente procedimento sono conservati nelle banche dati della Provincia di Ravenna, in qualità di titolare del trattamento, nel rispetto della normativa sopra richiamata, in modo lecito e nel rispetto degli obblighi di correttezza e riservatezza.

Il trattamento dei dati è finalizzato esclusivamente alla gestione dle procedimento di aggiudicazione e del successivo rapporto contrattuale.

I dati stessi non saranno comunicati ad altri soggetti, se non in ottemperanza ad obblighi di legge ed in accoglimento di richieste di accesso agli atti del procedimento, espresse dagli interessati ai sensi della legge n.241/1990 e successive modificazioni ed integrazioni.

In relazione alla detenzione ed al trattamento dei dati è facoltà dei partecipanti e dell'appaltatore l'esercizio dei diritti previsti dagli articoli 7 e 14 del D.Lgs.n.196/2003 secondo le modalità riportate dalle relative disposizioni.

3.25 *Rinvio*

Per quanto non specificamente previsto dal presente capitolato vanno osservate le norme legislative e le altre disposizioni vigenti in materia, le disposizioni del codice civile, il D.Lgs.n.163/2006, se e in quanto applicabili.



CAPO IV– NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DELLE OPERE

4. CRITERIO E METODI DI VALUTAZIONE E MISURAZIONE DELLE PRESTAZIONI E DELLE OPERE, SALVO DISPOSIZIONI DIVERSE CONTENUTE NEL CAPITOLATO SPECIALE

I materiali e le opere verranno conteggiati nelle loro effettive quantità e dimensioni quando queste corrispondano alle indicazioni del progetto ed a quanto contenuto nel computo metrico ed a quelle impartite dal direttore dell'esecuzione.

Nessuna prestazione, già compiuta come appartenente ad una determinata categoria, potrà essere compensata come facente parte di altra.

Tutto quanto è necessario per la perfetta esecuzione di un'opera si ritiene compreso, salvo patto contrario, nel rispettivo prezzo contrattuale.

Nei prezzi dell'elenco prezzi si intendono pertanto comprese e compensate tutte le prestazioni e somministrazioni occorrenti dallo scarico dei materiali in cantiere fino alla loro completa e perfetta posa, alla protezione delle opere ed al loro perfetto funzionamento in base alle disposizioni ed alle finalità del progetto.

CAPO V – QUALITA', REQUISITI DI ACCETTAZIONE E PROVE DEI MATERIALI E DELLE APPARECCHIATURE – MODO DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI SERVIZI

5. MODALITÀ DI ESECUZIONE

5.1 Osservanza di leggi e norme tecniche

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate ecc., emanate con D.M: 11.03.1988;

Normativa emanata nel quadro della legge 10.05.1976, n°319 (tutela delle acque dall'inquinamento), integrata e modificata dalla legge 24.12.1979, n°650.

Legge 10.12.1981, n° 741;

Legge 08.10.1984, n° 687 e successive modificazioni e integrazioni, se ed in quanto applicabili;

Normativa antimafia di cui alle leggi 27.12.1956, n°1423 e 19.03.1990, n° 55 e successive modifiche e integrazioni;

Leggi, decreti, regolamenti e circolari ministeriali vigenti alla data di esecuzione dei lavori;

Leggi, decreti, regolamenti e circolari emanate dalla Regione, Provincia e Comune nel quale si svolgono le opere oggetto dell'appalto;



Normativa emanata dal C. N. R., U. N. I. C. E. I., tabelle CEI-ENEL, anche se non espressamente richiamate, e tutte le altre norme modificative o sostitutive che venissero eventualmente emanate nel corso di esecuzione del presente appalto.

La sottoscrizione da parte dell'appaltatore del contratto e del presente capitolato ad esso allegato per farne parte integrante, equivale a dichiarazione di completa e perfetta conoscenza di tutte le leggi, decreti, circolari, norme, ecc. sopra richiamate e della loro accettazione incondizionata.

L'appaltatore si obbliga contrattualmente alla scrupolosa osservanza delle assicurazioni sociali derivanti da leggi e contratti collettivi (invalidità, vecchiaia, disoccupazione involontaria, malattie, ecc.) nonché al pagamento dei contributi sindacali messi a carico del datore di lavoro, come assegni familiari ed indennità ai richiamati alle armi.

Inoltre, si assume gli obblighi seguenti:

Osservanza delle leggi sulle assicurazioni degli operai, R. D. 13.03.1904, n° 141, per l'esecuzione della legge 31.01.1904, n° 51, modificata dal R. D. 05.12.1928, nonché dai RR. DD. 17.11.1918, 20.03.1921 e 14.04.1927, n°628 per l'assicurazione degli operai contro gli infortuni sul lavoro.

Osservanza delle disposizioni contenute nel R. D. 18.06.1899, n° 230 e 231 e 27.05.1900, n°250 per la prevenzione degli infortuni sul lavoro e successive modifiche e integrazioni.

Osservanza del D. Lgs. 14.08.1996, n° 494 e del piano della sicurezza del cantiere allegato al progetto.

Nell'esecuzione delle prestazioni che formano oggetto del presente appalto, l'appaltatore si obbliga ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel contratto collettivo nazionale di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende industriali edili ed affini e gli accordi locali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori; si obbliga altresì ad applicare il contratto e gli accordi medesimi anche dopo la scadenza e fino alla sostituzione e, se cooperative, anche nei rapporti con i soci.

I suddetti obblighi vincolano l'appaltatore anche se non sia aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura artigiana o industriale, dalla struttura e dimensione dell'appaltatore stessa e da ogni altra qualificazione giuridica, economica o sindacale.

In caso di inottemperanza agli obblighi precisati nel presente articolo, accertata dalla Amministrazione appaltante o ad essa segnalata dall'Ispettore del Lavoro, verrà comunicata all'appaltatore e, se del caso, anche all'Ispettorato del Lavoro, l'inadempienza accertata e si procederà ad una detrazione del 20% sui pagamenti in acconto se le prestazioni sono in esecuzione, ovvero alla sospensione del pagamento del saldo se le prestazioni sono ultimate, destinando le somme accantonate all'adempimento degli obblighi di cui sopra. Il pagamento all'appaltatore delle somme accantonate non sarà effettuato sino a quando dall'Ispettorato del Lavoro non sia stato accertato che gli obblighi predetti siano stati integralmente adempiuti.

Per le detrazioni e le sospensioni dei pagamenti di cui sopra, l'appaltatore non può opporre eccezioni alla Amministrazione appaltante, né ha titolo per risarcimento danni.

L'appaltatore sarà inoltre tenuto ad osservare tutte le disposizioni che saranno emanate dalle autorità marittime ed eventualmente anche da quelle militari.



L'appaltatore si obbliga ad osservare scrupolosamente le norme in vigore e quelle che eventualmente venissero emanate durante l'esecuzione dei lavori in materia di assunzione di manodopera in genere, in particolare di reduci e invalidi.

L'appaltatore, infine, è tenuta a provvedere alle assicurazioni di qualunque specie che l'opera prescrive o che siano imposte dalle leggi e dai regolamenti vigenti per la sicurezza, l'incolumità delle persone, la prevenzione degli infortuni e dei danni alle persone ed alle cose.

5.2 Programma esecutivo delle prestazioni

Entro 5 (cinque) giorni dalla data del verbale di avvio dell'esecuzione del contratto, e comunque 10 giorni prima dell'inizio dell'esecuzione del contratto, l'appaltatore deve predisporre e consegnare al direttore dell'esecuzione un programma esecutivo delle prestazioni, elaborato in relazione alle proprie tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa.

Tale programma dovrà essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dal direttore dell'esecuzione, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dalla data di ricevimento.

Trascorso il predetto termine senza che il direttore dell'esecuzione si sia pronunciato, il programma si intenderà accettato, fatte salve palesi illogicità o indicazioni erronee palesemente incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.

5.3 Oneri a carico dell'appaltatore. Prestazioni inerenti l'esecuzione dei lavori. Impianto del cantiere, ordine dei lavori

5.3.1 Norme generali per l'esecuzione delle prestazioni

Tutte le prestazioni dovranno essere eseguite a perfetta regola d'arte ed in conformità alle speciali prescrizioni che l'Amministrazione appaltante darà all'atto esecutivo, impiegando nella loro effettuazione tutte le cautele necessarie a non danneggiare qualsiasi opera o altro.

Rimane convenuto che l'appaltatore dovrà, a sua cura e spesa, provvedere al ripristino di tutte quelle parti che rimanessero danneggiate per mancanza di provvedimenti atti alla salvaguardia delle stesse e per negligenza.

In particolare se l'installazione dei piezometri verranno effettuate in zone abitate o in vicinanza di essi, l'appaltatore dovrà assumere le relative informazioni per l'individuazione di cavi telefonici, elettrici, tubazioni di gas e acqua e quant'altro possa trovarsi sotto al piano di campagna.

Eventuali danni, in fase di preparazione ed esecuzione dei sondaggi, saranno a completo carico dell'appaltatore per il ripristino funzionale di quanto danneggiato.

L'appaltatore, inoltre, dovrà provvedere ad ottenere, a propria cura e spese, presso i privati e le competenti Autorità tutti i permessi necessari per gli accessi nelle proprietà di terzi e per l'esecuzione dei lavori, ivi inclusa l'eventuale bonifica da residui bellici; nonché ad assumere la responsabilità dei danni derivanti dall'esecuzione dei lavori stessi e al ripristino della situazione esistente.



Nei prezzi si intendono sempre compresi e compensati anche i lavori e gli oneri dell'appaltatore per ripristinare i terreni alle condizioni preesistenti alle esecuzioni dei lavori di installazione delle postazioni di monitoraggio.

L'appaltatore dovrà nominare un Direttore Tecnico responsabile della conduzione del cantiere e della qualità delle indagini, geologo o ingegnere con comprovata e documentabile esperienza nei campi di specifica competenza richiesti dai lavori in appalto, regolarmente iscritto al proprio albo professionale e di gradimento dell'Amministrazione appaltante.

Il Direttore Tecnico dovrà essere sempre presente durante le operazioni di cantiere e compilerà e firmerà quotidianamente il Rapporto di Cantiere, dove saranno registrate tutte le operazioni eseguite; tale Rapporto sarà controfirmato dal direttore dell'esecuzione.

Le eventuali prove di laboratorio dovranno essere seguite da un Direttore Tecnico di Laboratorio geologo o ingegnere con comprovata esperienza nel campo geotecnico, regolarmente iscritto al proprio albo professionale e di gradimento dell'Amministrazione appaltante.

Il Direttore Tecnico di Laboratorio firmerà gli elaborati tecnici delle varie prove e le relative note che saranno controfirmati dal direttore dell'esecuzione.

Qualora l'Amministrazione appaltante ed il direttore dell'esecuzione non dovessero essere soddisfatti dalle capacità tecniche degli operatori e/o tecnici di cantiere o di laboratorio, ne potrà chiedere la sostituzione immediata, senza che la Appaltatore ne possa chiedere alcun prezzo o compenso.

Resta inteso che l'appaltatore assume a proprio carico anche la fornitura di operatori, di tecnici e degli strumenti tecnici occorrenti per rilievi, tracciamenti, misurazioni, sondaggi, prove e lavori relative alle prestazioni in oggetto.

5.3.2 Impianto del cantiere

L'appaltatore dovrà provvedere all'impianto del cantiere non oltre il termine di 15 (quindici) giorni dalla data del verbale di avvio dell'esecuzione del contratto.

5.3.3 Vigilanza del cantiere

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e la guardia del cantiere, sia diurna che notturna, nel rispetto dei provvedimenti antimafia, e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso (siano essi di pertinenza dell'appaltatore, dell'Amministrazione, o di altre ditte), nonché delle opere eseguite o in corso di esecuzione.

Ai sensi dell'art. 22 della legge 13 settembre 1982, n. 646, la custodia del cantiere installato per la realizzazione di opere pubbliche deve essere affidata a persone provviste della qualifica di guardia particolare giurata.

In caso di inosservanza si incorrerà nelle sanzioni previste dal comma 2 del citato art. 22 della legge n. 646/1982.

Tale vigilanza si intende estesa anche al periodo intercorrente tra l'ultimazione delle prestazioni e la verifica di conformità, salvo l'anticipata consegna delle opere all'Amministrazione appaltante e per le sole opere consegnate.



Sono altresì a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e la guardia del cantiere nei periodi di sospensione delle prestazioni, purché non eccedenti un quarto della durata complessiva prevista per l'esecuzione dei lavori stessi, e comunque quando non superino sei mesi complessivi.

Fermo restando l'obbligo della vigilanza nei periodi eccedenti i termini fissati in precedenza, ne verranno riconosciuti i maggiori oneri sempre che l'appaltatore non richieda ed ottenga di essere sciolto dal contratto.

5.3.4 Sezioni topografiche degli argini con piezometri

L'appaltatore dovrà eseguire il rilevamento di sezioni trasversali di alveo fluviale su cui sono installati i piezometri.

Il rilevamento di sezioni (vedi Tavola 3, Figura 1) trasversali di alveo fluviale, eseguite nei luoghi indicati dal direttore dell'esecuzione, dovrà essere realizzato da una squadra di almeno tre persone, mediante l'uso di teodolite elettronico e prisma riflettente, compresi:

- il collegamento plano-altimetrico ai capisaldi esistenti, che dovranno essere reperiti dal Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli;
- eventuale utilizzo di mezzo galleggiante per il rilievo dei fondali;
- eventuale taglio di vegetazione;
- fornitura e posa di picchetti in legno di segnalazione;
- onere per il rilevamento di punti intermedi alle sezioni (incluso quote di briglie e luce libera ponti) per la redazione del profilo longitudinale di fondo alveo;
- planimetria di posizionamento del rilievo in scale richieste dal Committente;
- restituzione grafica delle sezioni trasversali e di quelle particolari (una cartacea e una in formato digitale) in scale richieste dal Committente;

L'appaltatore sarà responsabile della conservazione dei capisaldi, che non potrà rimuovere senza preventiva autorizzazione.

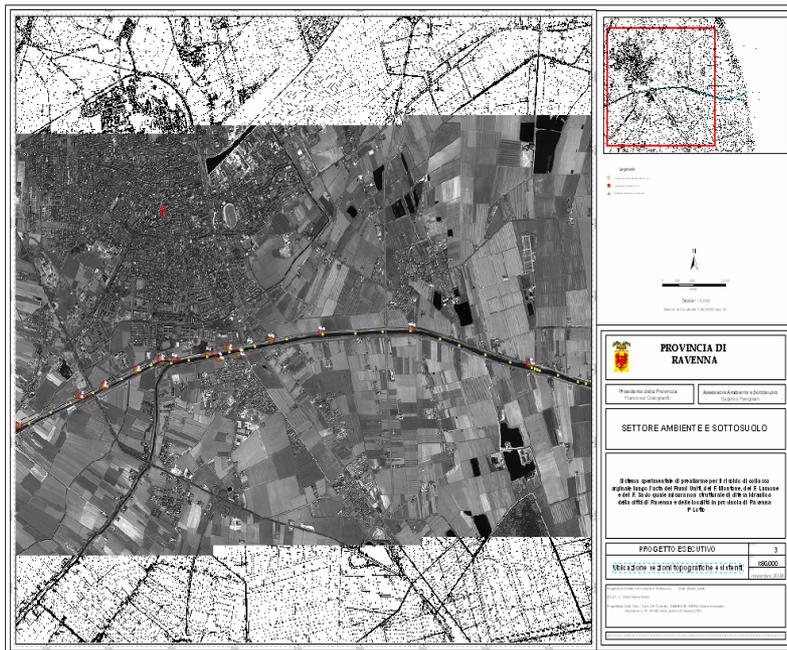


Figura 1 – Tavola 3: Ubicazione delle sezioni topografiche esistenti.

5.3.5 Locali per uffici e per le maestranze

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di locali uso ufficio (in muratura o prefabbricati) idoneamente rifiniti e forniti dei servizi necessari alla permanenza ed al lavoro di ufficio della direzione. Tale ufficio deve essere adeguatamente protetto da dispositivi di allarme e anti-intrusione, climatizzato nonché dotato di strumenti (fax, fotocopiatrice, computer, software, ecc.). I locali saranno realizzati nel cantiere o in luogo prossimo, stabilito o accettato dal direttore dell'esecuzione, il quale disporrà anche il numero degli stessi e le attrezzature di dotazione. Saranno inoltre idoneamente allacciati alle normali utenze (luce, acqua, fognatura, telefono).

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di locali e di strutture di servizio per gli operai, quali tettoie, ricoveri, spogliatoi prefabbricati o meno, e la fornitura di servizi igienico-sanitari in numero adeguato.

Le spese per gli allacciamenti provvisori, e relativi contributi e diritti, dei servizi di acqua, elettricità, gas, telefono e fognature necessari per il funzionamento del cantiere e l'esecuzione di tutte le prestazioni contrattuali, nonché le spese di utenza e consumo relative ai predetti servizi.

5.3.6 Attrezzature di pronto soccorso

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'approntamento di locali adatti ed attrezzi per pronto soccorso ed infermeria, dotati di tutti i medicinali, gli apparecchi e gli accessori normalmente occorrenti, con particolare riguardo a quelli necessari nei casi di infortunio.

5.3.7 Ordine dell'esecuzione dei lavori

In linea generale l'appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo a lui più



conveniente per consegnarli entro il termine contrattuale purché, a giudizio del direttore dell'esecuzione, ciò non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi dell'Amministrazione appaltante. Questa si riserva ad ogni modo il diritto di stabilire la precedenza o il differimento di un determinato tipo di prestazione, o l'esecuzione entro un congruo termine perentorio, senza che l'appaltatore possa rifiutarsi o richiedere particolari compensi. In questo caso la disposizione dell'Amministrazione appaltante costituirà variante al programma dei lavori.

5.3.8 Fornitura di notizie statistiche sull'andamento delle attività

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di notizie statistiche sull'andamento delle attività, per periodi quindicinali, a decorrere dal sabato immediatamente successivo alla consegna degli stessi, come di seguito:

- a) numero degli operai impiegati, distinti nelle varie categorie, per ciascun giorno della quindicina, con le relative ore lavorative;
- b) genere di lavoro eseguito nella quindicina di giorni in cui non si è lavorato e cause relative.

Dette notizie devono pervenire al direttore dell'esecuzione non oltre il mercoledì immediatamente successivo al termine della quindicina, stabilendosi una penale, per ogni giorno naturale e consecutivo di ritardo, di 25,82 euro.

5.3.9 Cartelli

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di cartelli indicatori e la relativa installazione, nel sito o nei siti indicati dal direttore dell'esecuzione, entro 5 giorni dalla data di avvio dell'esecuzione del contratto. I cartelloni, delle dimensioni minime di 1,00 x 2,00 m recheranno impresse a colori indelebili le diciture riportate, con le eventuali modifiche ed integrazioni necessarie per adattarlo ai casi specifici.

Nello spazio per aggiornamento dei dati, devono essere indicate le sospensioni e le interruzioni intervenute nell'esecuzione del contratto, le relative motivazioni, le previsioni di ripresa ed i nuovi tempi.

Tanto i cartelli che le armature di sostegno devono essere eseguiti con materiali di adeguata resistenza meccanica e agli agenti atmosferici e di decoroso aspetto e mantenuti in ottimo stato fino alla verifica di conformità.

Per la mancanza o il cattivo stato del prescritto numero di cartelli indicatori, sarà applicata all'appaltatore una penale di euro 500,00 (cinquecento). Sarà inoltre applicata una penale giornaliera di euro 50,00 (cinquanta) dal giorno della constatata inadempienza fino a quello dell'apposizione o riparazione del cartello mancante o deteriorato.

5.3.10 Oneri per pratiche amministrative, occupazione di suolo e accesso ad aree pubbliche e private

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per le pratiche presso amministrazioni ed enti per permessi, licenze, concessioni, autorizzazioni per opere di presidio, occupazioni temporanee di suoli pubblici o privati, apertura di cave di prestito, uso di discariche,



interruzioni provvisorie di pubblici servizi, attraversamenti, cautelamenti, trasporti speciali nonché le spese ad esse relative per tasse, diritti, indennità, canoni, cauzioni, ecc.

Rimane a carico dell'appaltatore gli oneri per individuare e contattare i soggetti pubblici e privati interessati e coinvolti dai lavori e acquisire i permessi di accesso ai suoli, anche temporanei, nonché le spese ad esse relative per eventuali indennità.

In difetto rimane ad esclusivo carico dell'appaltatore ogni eventuale multa o contravvenzione nonché il risarcimento degli eventuali danni.

5.3.11 Collaborazione con l'Amministrazione appaltante

L'appaltatore è tenuto, oltre che alla corretta esecuzione di quanto ordinatogli, anche a presentare la propria collaborazione con il direttore dell'esecuzione, per la migliore riuscita delle opere suddette ed al fine di eseguire i lavori a perfetta regola d'arte.

5.3.12 Proprietà degli oggetti ritrovati

L'Amministrazione appaltante, salvi i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia o l'etnologia, compresi i relativi frammenti, che si rinverranno nei fondi occupati per l'esecuzione delle prestazioni e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi. L'appaltatore dovrà pertanto consegnarli alla Amministrazione appaltante.

Qualora l'appaltatore, nella esecuzione delle prestazioni, scopra ruderi monumentali, deve darne subito notizia al direttore dell'esecuzione e non può demolirli né alterarli in qualsiasi modo senza il preventivo permesso del direttore stesso.

L'appaltatore deve denunciare immediatamente alle forze di pubblica sicurezza il rinvenimento di sepolcri, tombe, cadaveri e scheletri umani, ancorché attinenti pratiche funerarie antiche, nonché il rinvenimento di cose, consacrate o meno, che formino o abbiano formato oggetto di culto religioso o siano destinate all'esercizio del culto o formino oggetto della pietà verso i defunti. L'appaltatore dovrà altresì darne immediata comunicazione al direttore dell'esecuzione, che potrà ordinare adeguate azioni per una temporanea e migliore conservazione, segnalando eventuali danneggiamenti all'autorità giudiziaria.

6. SICUREZZA CANTIERI. PREVENZIONE INFORTUNI

6.1 Norme vigenti

Relativamente alla parte di prestazione consistente in lavori, devono essere osservate le disposizioni delle seguenti norme, anche se non espressamente richiamate:

Legge 7 novembre 2000, n. 327 – *Valutazione dei costi del lavoro e della sicurezza nelle gare di appalto.*

D.P.R. 3 luglio 2003, n. 222 - *regolamento sui contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili, in attuazione dell'art. 31, comma 1, della legge 11 febbraio 1994, n. 109*

D.Lg. 9 aprile 2008, n. 81 – *Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro.*



In generale devono essere rispettate le prescrizioni del piano di sicurezza e di coordinamento, del piano operativo e le indicazioni impartite dal coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o del direttore dell'esecuzione.

6.2 Accorgimenti antinfortunistici e viabilità

L'appaltatore dovrà sottrarre alla viabilità il minor spazio possibile ed adottare i provvedimenti necessari a rendere sicuro il transito di veicoli e pedoni, nonché l'attività delle maestranze.

Fermi tutti gli obblighi e le responsabilità in materia di prevenzione degli infortuni, l'appaltatore risponde della solidità e stabilità delle armature di sostegno degli scavi ed è tenuto a rinnovare o rinforzare quelle parti delle opere provvisorie che risultassero deboli. L'efficienza delle armature dovrà essere verificata giornalmente. Per entrare ed uscire dalla fossa, si devono utilizzare apposite scale a pioli solidamente disposte, facendosi assoluto divieto di utilizzare gli sbatacchi.

L'appaltatore dovrà contornare, a suo esclusivo carico, tutti gli scavi mediante robusti parapetti, formati con tavole prive di chiodi sporgenti e di scheggiature, da mantenere idoneamente verniciate, ovvero con sbarramenti di altro tipo che garantiscano un'adeguata protezione. In vicinanza delle tranvie, le barriere devono essere tenute a distanza regolamentare, e comunque non inferiore a 80 cm dalle relative sedi.

In corrispondenza ai punti di passaggio dei veicoli ed agli accessi alle proprietà private, si costruiranno sugli scavi solidi ponti provvisori muniti di robusti parapetti e – quando siano destinati al solo passaggio di pedoni – di cartelli regolamentari di divieto di transito per i veicoli, collocati alle due estremità. La costruzione, il noleggio e il disfaccimento di tali passaggi provvisori e delle loro pertinenze saranno compensati con gli appositi prezzi d'elenco.

6.3 Dispositivi di protezione

Per i dispositivi di protezione si rimanda alle seguenti norme:

UNI EN 340 – *Indumenti di protezione. Requisiti generali.*

UNI EN 341– *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi di discesa.*

UNI EN 352-1 – *Protettori auricolari. Requisiti di sicurezza e prove. Cuffie.*

UNI EN 353-1 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio rigida.*

UNI EN 353-2 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio flessibile.*

UNI EN 354 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Cordini.*

UNI EN 355 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Assorbitori di energia.*

UNI EN 358 – *Dispositivi individuali per il posizionamento sul lavoro e la prevenzione delle cadute dall'alto. Sistemi di posizionamento sul lavoro.*

UNI EN 360 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo retrattile.*



UNI EN 361 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Imbracature per il corpo.*

UNI EN 362 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Connettori.*

UNI EN 363 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Sistemi di arresto caduta.*

UNI EN 364 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Metodi di prova.*

UNI EN 365 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Requisiti generali per le istruzioni per l'uso e la marcatura.*

UNI EN 367 – *Indumenti di protezione. Protezione contro il calore e le fiamme. Metodo di prova: Determinazione della trasmissione di calore mediante esposizione a una fiamma.*



7. SONDAGGI E MODALITA' DI INSTALLAZIONE DEI PIEZOMETRI

7.1 Specifiche tecniche per l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo e installazione dei piezometri all'interno dei fori.

7.1.1 Generalità

L'appaltatore esecutrice deve attenersi a quanto definito in questo rapporto, senza apportare variazioni al programma, alle attrezzature o alle modalità esecutive che non siano state preventivamente approvate dal direttore dell'esecuzione.

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";

In ogni caso si agirà in accordo con il direttore dell'esecuzione.

7.1.2 Prescrizioni di carattere generale

L'appaltatore applicherà quanto di seguito specificato, fornendo personale ed 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 del direttore dell'esecuzione.

7.1.3 Direzione del cantiere

Il coordinamento e la direzione dell'esecuzione delle prestazioni e del cantiere di indagine sarà affidata ad un geologo che sarà presente in cantiere a tempo pieno e sarà il diretto responsabile dell'esecuzione del contratto, della compilazione dei dati e della loro trasmissione.

Il responsabile di cantiere è tenuto a disporre in situ di una copia del presente fascicolo e degli eventuali documenti integrativi seguiti alla definizione particolareggiata delle attrezzature e delle modalità esecutive.

7.1.4 Sondaggi geognostici e prove in situ: generalità

I macchinari di perforazione devono 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, l'Amministrazione appaltante ha facoltà di richiederne l'immediata sostituzione,



sospendendo le indagini sino a sostituzione avvenuta, senza che l'appaltatore possa vantare alcun ulteriore compenso.

Le perforazioni dovranno essere eseguite in quei punti preventivamente indicati dall'Amministrazione appaltante, in base al programma di indagine.

L'ubicazione dei punti di perforazione sarà fissata dall'Amministrazione appaltante, e rimarrà comunque facoltà della stessa variarla in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che l'appaltatore possa vantare alcun ulteriore compenso.

Installazione di macchinari di perforazione in luoghi diversi da quelli concordati comporteranno la reinstallazione dei macchinari ed il riperforamento dei terreni attraversati nel luogo diverso da quello stabilito; ciò senza che l'appaltatore 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, verrà riempito con materiale di risulta, ovvero con miscele cementizie, se esplicitamente richiesto dall'Amministrazione appaltante.

7.2 Documentazione delle indagini

7.2.1 Generalità

La documentazione preliminare dei sondaggi e delle prove in foro verrà progressivamente aggiornata nel corso delle operazioni e sarà a disposizione del direttore dell'esecuzione e dei consulenti della stessa, quando richiesta.

La documentazione in forma definitiva sarà presentata non oltre 20 giorni solari dal completamento dei sondaggi, delle prove in foro e di laboratorio e comprenderà anche una pianta contenente l'esatta ubicazione delle prove eseguite.

7.2.2 Consegna dei campioni di terreno

I campioni destinati al laboratorio dovranno essere imballati con cura in casse il cui peso lordo non superi i 60 kg, avendo cura di evitare danni nel corso del trasporto; i contenitori ed in modo particolare i campioni indisturbati dovranno essere adeguatamente imballati.

Essi saranno consegnati al laboratorio geotecnico prescelto dal direttore dell'esecuzione per la realizzazione delle relative prove.

7.2.3 Conservazione delle cassette catalogatrici

Le cassette catalogatrici contenenti il carotaggio saranno sistemate in prossimità del cantiere o in altro luogo da concordarsi con il direttore dell'esecuzione, al riparo dagli agenti atmosferici.

7.2.4 Ubicazione e quote



La posizione e la quota planimetrica di ciascun punto di indagine saranno definite rispetto al rilievo planoaltimetrico progettuale.

La quota assoluta del piano campagna sarà trascritta sulla scheda stratigrafica per ciascuna indagine. In alternativa l'appaltatore provvederà a definire quota e posizione planimetrica di ciascun punto di indagine con riferimento a capisaldi indicati e concordati con il direttore dell'esecuzione.

7.3 Prescrizioni generali riguardanti i campioni ed i relativi certificati di prova

Per qualsiasi campione di materiale, prelevato per esami di laboratorio, dovrà essere redatto un regolare verbale in contraddittorio tra il direttore dell'esecuzione e l'appaltatore o, in sua vece, due testimoni ed essere apposto sul campione il sigillo personale del direttore dell'esecuzione.

Analogo sigillo deve essere apposto sui campioni dal rappresentante dell'appaltatore appaltatrice principale o dai testimoni.

Il laboratorio presso cui verranno eseguite le prove, dovrà accertare e precisare nel certificato che il campione è pervenuto con sigilli integri. Nel verbale, il direttore dell'esecuzione dovrà indicare il tipo di sigillo impiegato, in maniera da consentire la sua sicura identificazione.

Dovranno essere acquisiti:

- certificati di qualità relativi ai materiali di cui il direttore dell'esecuzione ha autorizzato l'impiego;
- certificati di origine;
- certificati di indagini preventive;
- originale dei verbali di prelievo dei campioni inviati ai laboratori ufficiali;
- certificati di analisi emessi dai laboratori corredati dal visto e dal parere dello stesso direttore dell'esecuzione.

I predetti documenti dovranno essere tutti trasmessi tempestivamente al direttore dell'esecuzione perché siano allegati fra gli atti della contabilità finale dell'opera.

Il soggetto incaricato della verifica di conformità, oltre a disporre ed eseguire gli opportuni controlli di carattere tecnico, contabile ed amministrativo di sua competenza, si esprimerà esplicitamente in merito ai certificati di qualità e di prova allegati alla contabilità finale delle prestazioni, valutandone la congruità con quanto da lui stesso riscontrato esaminando le prestazioni cui si riferiscono le prove ed i certificati.

7.4 Sondaggi geotecnici

7.4.1 Generalità

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

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti o "carote";



- prelievo di campioni indisturbati di terreno per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche;
- prove in situ per la determinazione delle proprietà geotecniche;
- campionamento e rilievo del livello delle acque superficiali e sotterranee;
- descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Il dettaglio delle modalità esecutive, l'ubicazione e la profondità dei singoli sondaggi, le prove di laboratorio sui campioni indisturbati, le prove in situ e le relative quote sono precisate, su disposizione del direttore dell'esecuzione, nel programma delle indagini.

Devono in ogni caso essere rispettate le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione emanate con decreto del Ministero dei lavori pubblici dell' 11 marzo 1988.

Per perforazioni superiori a 30 m dovrà essere compilata, a norma della legge n. 464 del 4 agosto 1984, una dettagliata relazione, corredata dalla relativa documentazione, sui dati geologici e geofisici acquisiti.

7.4.2 Attrezzature di perforazione

L'attrezzatura di perforazione deve essere costituita da :

- sonda a rotazione (testa idraulica) a tavola rotary, a mandrino, con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotieri, si ottiene l'avanzamento nel terreno. I requisiti minimi sono indicati in tabella 11.1:

Tabella 11.1 - Requisiti minimi sonda di perforazione

Velocità di rotazione	0 - 500	rpm
Coppia massima	≥ 400	kg/m
Corsa continua	≥ 150	cm
Spinta	≥ 4000	kg
Tiro	≥ 4000	kg
Pressione pompa (gruppo energia autonomo)	≥ 70	bar
Argano a fune	presente	- - -

- pompa con circuito supplementare per il rabbocco del fluido alla testa del foro.
- impianto per la preparazione ed il recupero di eventuali fanghi di circolazione
- corredo della sonda, completo di tutti gli accessori, necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica, e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

7.4.3 Perforazioni a distruzione di nucleo

Questo tipo di perforazione può essere eseguita per l'attraversamento di spessori di cui non interessi un'esatta conoscenza stratigrafica, per l'installazione di strumentazione geotecnica, per l'eventuale riperforazione o per l'esecuzione di prove in situ a determinate



profondità. Prelevando campioni del cutting estratto dal foro può essere ricostruita una descrizione indicativa dei terreni attraversati.

Gli utensili utilizzati possono essere:

- triconi o scalpelli di vario tipo;
- martello rotopercussore;
- punte distruttrici con eliche.

Per eseguire il foro è spesso necessario utilizzare fluidi di circolazione (acqua, fango o aria compressa) che vengono immessi nel foro in *circolazione diretta*, attraverso la batteria di aste, o in *circolazione inversa*, lungo le pareti del foro stesso. Il foro sarà sostenuto, a seconda delle esigenze, da tubo di rivestimento, da fluidi di circolazione o tramite la cementazione del foro stesso.

7.4.4 Perforazioni a carotaggio continuo

Le modalità esecutive del sondaggio saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati consentendo il prelievo continuo di materiale rappresentativo (carote). La tecnica di perforazione deve essere adattata alla tipologia e alla natura del terreno, 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.

Tale carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato deve essere caratterizzato da una percentuale di recupero $\geq 85\%$.

Il carotaggio sarà eseguito a secco, senza fluido di perforazione, se con carotiere semplice (C.S.); con fluido di circolazione se si utilizzano carotieri doppi-tripli (T2, T6 etc.).

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purchè si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto, l'appaltatore desisterà dall'uso di sistemi "wire-line" per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

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 scistososi o comunque in ammassi molto fratturati dovranno essere utilizzati carotieri apribili (T6S).

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

7.4.5 Utensili di perforazione

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 mm



Lunghezza utile $L = 150 \div 300$ 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 = $60 \div 76$ 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.

7.4.6 Utensili di pulizia fondo del foro

Gli utensili per la pulizia del foro devono essere costituiti da:

- carotiere semplice, $l = 40 \div 80$ cm;

- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;

- campionatore a pareti grosse $\varnothing 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

7.4.7 Stabilizzazione del foro di sondaggio

Durante le fasi lavorative, per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica di rivestimento provvisoria.

7.4.8 Rivestimenti provvisori

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. Rappresenta il metodo più sicuro di stabilizzazione delle pareti. Vengono inoltre impiegati per fori nei quali si debbano eseguire prove sulle acque sotterranee.

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo $s = 8 \div 10$ mm

- diametro interno $\varnothing_{\text{interno}} = 107 \div 162$ mm

- lunghezza spezzoni $l = 150 \div 200$ cm



L'appaltatore potrà proporre l'impiego di rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, subordinandone l'uso all'approvazione del direttore dell'esecuzione.

L'infissione dei rivestimenti avviene di norma a rotazione con fluido di circolazione. Per garantire la stabilità di eventuali tratti di roccia intensamente fratturati, si ricorre alla cementazione del foro ed alla sua successiva riperforazione.

In particolare:

- la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di certo autosostentamento delle pareti, con l'uso di fluido in circolazione il cui livello deve essere sempre mantenuto mediante aggiunta opportuna fino ad una quota tale da bilanciare la pressione idrostatica nel terreno naturale (in particolare durante l'estrazione della batteria di aste);
- la pressione del fluido sarà minore possibile e controllata tramite manometro; il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto nei limiti minimi, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a 20 ÷ 50 cm dal fondo del foro (con l'esclusione del metodo wire-line);
- nei tratti di perforazione seguiti da prelievo di campioni indisturbati e/o prove in situ al fondo del foro, l'infissione della tubazione di rivestimento, così come la perforazione quando eseguita con fluido di circolazione, deve avvenire evitando punte di pressione del fluido dovute a: infissione molto rapida, formazione di "anelli" all'esterno del rivestimento, formazione di tappi nel carotiere. A tal fine occorre operare (verificando sul manometro o sul display) in modo che la pressione del fluido, al piano lavoro, non superi mai quella naturale alla quota del fondo del foro (pari a circa 0.1 bar per ogni metro di profondità);
- al fine di minimizzare il disturbo al fondo del foro, il rivestimento può essere arrestato 0.5 m al di sopra della quota di campionamento e/o prova di sito prevista.

7.4.9 Stabilità al fondo del foro

La stabilità del fondo del foro sarà assicurata in ogni fase della lavorazione con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessita di rivestimento provvisorio.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo alla bocca del foro, mediante rabbocchi progressivi, specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, oppure occorre mantenerlo sempre più alto possibile, anche facendo sporgere fino a 1.0 m dal piano di lavoro l'estremità superiore del rivestimento, da mantenersi pieno di fluido.

L'estrazione degli utensili o dei campionatori deve avvenire con velocità iniziale molto bassa (1÷2 cm/sec), eventualmente intervallata da pause di attesa, al fine di ristabilire la pressione idrostatica del fluido sul fondo del foro. Ciò riguarda le fasi di estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Indesiderabili effetti di risucchio (effetto "pistone") possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore del terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

7.4.10 Pulizia del fondo del foro



La quota del fondo del foro sarà misurata con *scandaglio a filo graduato* prima di ogni manovra di campionamento indisturbato, di prova geotecnica SPT o prima dell'esecuzione di qualunque prova.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite quando la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio supererà le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

7.4.11 Campionamento in foro e prove geotecniche

In tutti i casi nei quali non si verificano repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT deve seguire la manovra di perforazione con carotiere, precedendo il rivestimento a fondo del foro, il quale sarà, se necessario, eseguito a campionamento/prova SPT ultimati.

7.4.12 Controllo della lunghezza delle batterie inserite in foro

La lunghezza esatta delle batterie inserite nel foro sarà misurata e riportata a cura del geologo responsabile della sonda in una apposita tabella.

7.4.13 Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione può essere costituito solo da acqua.

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.

7.4.14 Strumenti di controllo e prova

Devono far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freaticometro;
- penetrometro tascabile, fondo scala $\geq 5 \text{ kg/cm}^2$;
- Vane Test, fondo scala 2 kg/cm^2 .

7.4.15 Chiusura e sistemazione finale del foro

Ogni foro, al termine delle indagini, deve essere richiuso procedendo al relativo riempimento. L'intasamento si realizzerà con:

- iniezione di miscele cementizie;
- iniezione di miscele cementizie addizionate di bentonite o argilla;
- immissione di sabbia;
- inserimento di materiali di risulta.



7.4.16 Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Se richiesto del direttore dell'esecuzione, il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100;
- cemento: 30;
- bentonite: 5.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Solamente previo autorizzazione del direttore dell'esecuzione è possibile tralasciare l'intasamento del foro di sondaggio.

7.4.17 Sistemazione sul piano campagna della bocca di sondaggio

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile o se in esso è stata installata strumentazione geotecnica, al fine di evitare manomissioni esterne e per permettere l'esecuzione dei controlli periodici e delle varie letture, si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del foro al piano campagna: si dovrà installare una flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o di un conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile secondo le indicazioni del direttore dell'esecuzione.

7.4.18 Cassette catalogatrici e carote

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo o plastica), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera; tali cassette, di consistenza tale da essere trasportate ed impilate, hanno dimensioni di circa 1.0 x 0.6 x 0.15 m. Le carote coesive verranno scortecciate. Appositi setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o targhette adesive, a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio, con le quote di inizio e di fine di tali prelievi.

Sul fondo di ogni scomparto, su richiesta del direttore dell'esecuzione, deve essere posto un foglio di plastica trasparente (tipo polietilene) di dimensioni tali da poter essere anche risvoltato a coprire e proteggere le carote, una volta sistemate nella cassetta catalogatrice.

Sui bordi 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
- numero della cassetta;
- quote (da m. a m.);
- data esecuzione.



7.4.19 Fotografie a colori

Le singole cassette verranno fotografate con pellicola a colori o tramite fotocamera digitale entro 24 ore dal loro completamento. Si richiede la completa leggibilità di tutte le indicazioni esistenti sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute.

Tale documentazione fotografica verrà allegata in stratigrafia o in relazione tecnica assieme agli eventuali negativi.

7.5 Rilievo stratigrafico

7.5.1 Generalità

Il geologo responsabile del cantiere realizzerà un profilo stratigrafico (fig. 12.1) del sondaggio, inteso come rappresentazione della successione dei terreni attraversati dai mezzi di indagine; tale profilo sarà composto dai seguenti elementi.

7.5.2 Dati generali e tecnici

I dati generali e tecnici dovranno riportare:

Denominazione del Cantiere;

Committente;

Appaltatore esecutrice;

Numero del sondaggio;

Quota;

Inclinazione del sondaggio rispetto la 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.

Parametri di perforazione: Tempi di manovra, di velocità e di spinta di avanzamento

Profondità di prelievo dei campioni indisturbati e rimaneggiati

7.5.3 Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica deve riportare:

- 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.

7.5.3.1 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:

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

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 12.1.

Tabella 12.1. - Tipo di terreno

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		>200	<i>Visibili ad occhio nudo</i>
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 12.2.

Tabella 12.2. - 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 calsto
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.

E' 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 12.3, 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 ÷ 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 12.3. - Consistenza terreni coesivi

Definizione	Resistenza al penetrometro tascabile (kg/cm ²)	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 12.4.

Tabella 12.4. - Addensamento terreni granulari

N _{spt}	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 (fig. 12.2) o freatometro 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.

7.6 Campionamento durante i sondaggi geotecnici

7.6.1 Generalità

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campioni:

- a) "*campioni rimaneggiati*", raccolto fra i testimoni del carotaggio di qualsiasi litologia;
- b) "*campioni indisturbati*", prelevato con campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi;

I campioni a) e b) devono assicurare una rappresentazione veridica della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni b) non devono subire deformazioni strutturali rilevanti conservando inalterati:

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

I campioni devono essere prelevati tenendo conto delle esigenze dell'indagine ovvero del grado di qualità richiesto e delle quantità necessarie per le prove di laboratorio.

7.6.2 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.

7.6.3 Campioni indisturbati

Sono i campioni recuperati con appositi utensili chiamati campionatori, scelti in base alle caratteristiche del terreno. Hanno un grado di qualità pari a Q4-Q5. I campionatori da utilizzare impiegano la fustella a pareti sottili in acciaio inox, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D = 8$
- rapporto delle aree o coefficiente di parete:



$$c_p = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 = 9 \div 13 \%$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0,0 \div 1,0 \quad \text{secondo necessità}$$

- diametro utile ≥ 85 mm

dove:

L = lunghezza utile della fustella

D_i = diametro interno della fustella

D_{est} = diametro esterno della fustella

D = diametro all'imboccatura della fustella.

La fustella deve essere preferibilmente in acciaio inossidabile e comunque priva di corrosione, 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:

- a.1) campionatore a pistone, tipo Osterberg;
- a.2) campionatore a fune, tipo RODIO - NENZI (RO-NE);
- a.3) campionatore rotativo a pareti sottili, tipo CRAPS;
- a.4) altri campionatori (in tutti i casi subordinandone l'uso alla preventiva autorizzazione della direzione dei lavori).

Il campionatore Osterberg, a parete sottile, è il più comune dei tipi a pistone; può essere utilizzato con profitto in terreni a grana fine o coesivi, con consistenza da tenera a media ed aventi resistenza al taglio ≤ 20 t/mq, in relazione alla potenza della pompa utilizzata. Funziona bene anche in sabbie, fino a quelle mediamente addensate.

Il campionatore a fune con pistone agganciabile permette il campionamento in terreni la cui consistenza arresterebbe la fustella spinta idraulicamente. Sostituisce validamente il classico Shelby, avendone la stessa capacità penetrativa (utilizza la spinta meccanica della batteria di aste), con i vantaggi del pistone.

Il campionatore CRAPS, con scarpa sporgente e fustella a pareti sottili permette di campionare i terreni compatti a grana fine o coesivi, la cui consistenza arresterebbe l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste.

I campionatori quali i tradizionali Shelby, Denison e Mazier, possono essere utilizzati solo in seguito alla preventiva autorizzazione da parte della direzione dei lavori e comunque sotto la completa responsabilità dell'appaltatore per quanto riguarda l'esito del campionamento. Altri tipi di campionatore possono essere presentati dall'appaltatore stessa, per essere sottoposti a preventivo esame da parte del direttore dell'esecuzione.

7.6.4 Osservazioni aggiuntive

L'infissione del campionatore deve sempre avvenire in un'unica tratta.



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 l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si rivestirà prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio 0,2 ÷ 0,5 m più in alto della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo del foro.

Si deve inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di circolazione nella fase di installazione dei rivestimenti. A tal fine, la pressione del fluido alla testa del foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) (da escludere nelle fasi di campionamento Osterberg, ove sono necessarie pressioni maggiori)

7.6.5 Campioni semidisturbati con campionatore a pressione/percussione

Il prelievo verrà eseguito con campionatore cosiddetto "a pareti grosse" con fustella di plastica inserita, diametro adeguato alla granulometria del terreno ed al diametro del foro, comunque avente diametro utile (del campione) non inferiore a 85 mm.

Se necessario il campionatore deve essere munito di cestello di ritenuta alla base. L'infissione avverrà a percussione o a pressione in base alla compattezza del terreno.

In alternativa a questo tipo di campionatore potrà essere richiesto l'impiego del campionatore rotativo a tripla parete e scarpa avanzata tipo Denison o Mazier aventi diametro utile (della carota) non inferiore a 70 mm.

7.6.6 Campioni indisturbati con campionatore a pistone stazionario e rotativo

La fustella da impiegare è sempre quella a pareti sottili, costituita da un cilindro di acciaio inox avente rapporto fra lunghezza utile e diametro utile pari a 8, nonché rapporto delle aree compreso fra 9 e 13. Il cilindro deve essere pulito, liscio, privo di cordoli e non ovalizzato. Il diametro utile sarà ≥ 85 mm

Il più comune dei campionatori a pareti sottili con pistone è quello tipo Osterberg (*) che quando utilizzato con una buona pompa può prelevare campioni:

- in terreni coesivi aventi resistenza al taglio fino a 30 t/mq;
- in sabbie da sciolte a mediamente addensate.

Per terreni di compattezza superiore a quella di utilizzazione dell'Oersterberg, l'appaltatore impiegherà possibilmente il campionatore a pareti sottili a pistone trattenuto da fune (**), oppure quello a pareti sottili rotativo con scarpa avanzata (***), entrambi spinti meccanicamente dal "pull down" della sonda agente sulla batteria di aste.



Ove il campionatore rotativo sopra descritto non fosse disponibile, potrà essere impiegato il campionatore rotativo a tripla parete, tipo Danison, ma con scarpa migliorata (****).

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

Nel campionatore rotativo la sporgenza della fustella del carotiere in rotazione esterno può essere scelta a priori fra 0.5 e 3-4 cm, ma deve poi rimanere costante durante il prelievo.

In terreni coesivi la scarpa (estremità inferiore) del rivestimento metallico provvisorio deve essere mantenuta 0.2 ÷ 0.5 m più alta della quota di inizio prelievo. Inoltre si deve evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione, nella fase di installazione dei rivestimenti. A tal fine, la pressione del fluido alla testa del foro, dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) (da escludere nelle fasi di campionamento con Oesrsterberg, ove sono necessarie pressioni ben più alte)

7.6.7 Indicazioni sul campione

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:

- 1) committente;
- 2) cantiere;
- 3) numero del sondaggio;
- 4) numero del campione;
- 5) profondità di prelievo;
- 6) tipo di campionatore impiegato;
- 7) data di prelievo;
- 8) parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione, previa accurata pulizia della testa e della coda del campione.

7.6.8 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'appaltatore esecutrice.

Tabella 13.1. - 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.

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.

Le dimensioni del campione rotativo a tripla parete devono essere:

- diametro interno ≥ 65 mm;
- lunghezza da 60 a 100 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.

7.7 Prove geotecniche in foro di sondaggio

7.7.1 Generalità

Le prove geotecniche in foro di sondaggio sono le seguenti:

- Standard Penetration Test (S.P.T.)
- Prove scissometriche in foro (VANE TEST)
- Prove di permeabilità tipo Lefranc
- Prove di permeabilità tipo Lugeon
- Prova pressiométrica tipo Menard
- Prove di portata



- Campionamento per analisi
- Rilievo televisivo
- Prova di fratturazione idraulica
- Prova dilatometrica.

7.7.2 Standard penetration test (s.p.t.)

Questa prova consiste nell'infissione a percussione di una speciale punta conica o di un particolare campionatore a pareti grosse (*Campionatore Raymond – split spoon*), i quali consentono di valutare la resistenza meccanica del terreno alla penetrazione, in base al numero di colpi infissi da un apposito maglio per un dato avanzamento.

La normativa di riferimento per l'esecuzione di prove S.P.T. è la seguente:

- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- ASTM D1586-67 (74); D1586-84. Standard Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil";
- ISSMFE Techn. Committee (1988). Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test procedure.

7.7.3 Attrezzatura

Le dimensioni del campionatore, il peso delle aste e del maglio, l'altezza di caduta dello stesso, vengono indicati nella normativa sopra citata.

Tali dati sono riassunti nella tabella 14.1.

Tabella 14.1. - Parametri per prove S.P.T.

Tubo campionatore apribile longitudinalmente:	$\varnothing_{est} = 50.8 \text{ mm}; \varnothing_{int} = 35 \text{ mm};$ $L_{minima} \text{ (escluso tagliente principale)} > 457 \text{ mm}; L_{utile} = 630 \text{ mm};$ $L_{scarpa \text{ tagliente terminale (con rastremazione negli ultimi 19 mm)}} = 76 \text{ mm};$ il campionatore sarà munito di valvola a sfera alla sommità e aperture di scarico e sfiato
Massa battente	di peso 63,4 kg che cada da 75 cm di altezza



Aste collegate al campionatore	avanti peso per metro lineare 6.5 kg (± 0.5 kg/ml). Le aste saranno diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova $< 1^\circ/\text{m}$.
--------------------------------	---

La caduta del maglio deve essere libera; pertanto deve essere adottato un dispositivo di sganciamento automatico che svincoli il maglio dal cavo, o altro dispositivo di sollevamento, all'altezza voluta.

Fra la testa di battuta in sommità delle aste ed il piano campagna deve essere installato almeno un centratore di guida ed irrigidimento delle aste stesse.

La differenza fra il diametro esterno delle aste e diametro interno della tubazione metallica provvisoria di rivestimento non deve superare di norma i 6 cm.

Qualora ciò avvenga devono essere predisposte, lungo la batteria delle aste ad intervalli di 3 m, opportune alette di irrigidimento, di dimensioni adeguate al diametro interno effettivo della tubazione di rivestimento provvisoria.

7.7.4 Metodologia di prova

La prova consiste nell'infiggere nel terreno alla base del sondaggio il campionatore, per 3 tratti consecutivi, ciascuno di 15 cm, rilevando il numero di colpi (N) necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm. Il valore di N_{spt} è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa quando il numero dei colpi N, per un tratto di 15 cm, supera 50. In tal caso si annota la penetrazione (in cm) ottenuta con 50 colpi: tale valore rappresenta il "Rifiuto".

Le fasi da seguire sono le seguenti:

- prima di eseguire la prova è necessario controllare con scandaglio la quota del fondo del foro, confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente eseguita. Può risultare dal controllo che la quota misurata sia più alta per effetto di reflussi del fondo del foro o per decantazione di detriti in sospensione del fluido. Se tale differenza supera 7 cm la prova non può essere eseguita; si deve pertanto procedere ad un'ulteriore manovra di pulizia;
- calare a fondo del foro la batteria di prova. La quota di inizio della prova S.P.T. deve corrispondere a quella misurata mediante il controllo di cui sopra che, come detto, può coincidere con quella di perforazione o pulizia ma può anche essere (fino a 7 cm) superiore. L'eventuale affondamento del campionatore, per peso proprio e delle aste, deve essere annotato ma è già parte integrante dei 45 cm complessivi di infissione;
- procedere all'infissione contando ed annotando il numero dei colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi per ogni tratto di 15 cm. Il ritmo di percussione deve essere compreso tra i 10 ed i 30 colpi al minuto;



- ad estrazione avvenuta il campione prelevato viene misurato, descritto, trascurando l'eventuale parte alta costituita da detriti, sigillato in adatto contenitore ed inviato al laboratorio;
- in presenza di materiali molto compatti o ghiaie grossolane si adatterà la particolare punta conica.

7.7.5 Documentazione

La documentazione preliminare e quella definitiva devono comprendere:

1) per ciascuna prova eseguita:

- quota della tubazione provvisoria di rivestimento del foro;
- quota raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia;
- quota del fondo del foro controllata prima di iniziare la prova;
- penetrazione (per peso proprio e delle aste) del campionatore;
- N per infissione di ciascuno dei 3 tratti di 15 cm;
- eventuale "rifiuto";
- peso per metro lineare delle aste impiegate;
- lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- tipo di campionatore (aperto o chiuso) impiegato.

2) per ciascuna verticale indagata:

- grafico N_{spt} in funzione della profondità.

Nel caso sia disponibile il dispositivo per la determinazione dell'energia trasmessa al campionatore, le caratteristiche del sistema di misure ed i risultati determinati saranno parte integrante della documentazione.

7.7.6 Prova di permeabilità lefranc

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica del terreno; a seconda della geometria realizzata in corrispondenza del tratto di foro prescelto e quindi della direzione del flusso che si instaura durante la prova, la permeabilità misurata sarà quella orizzontale (K_h), quella verticale (K_v) o una media tra le due ($K_h * K_v$). Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro predeterminato. E' una prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi, sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di una elevata conducibilità.

Per l'esecuzione della prova è necessario che le pareti del foro siano rivestite con tubo di rivestimento per tutto il tratto non interessato alla prova.

7.7.7 Modalità esecutive

La preparazione del tratto di terreno sarà effettuata secondo il tipo di schema prescelto:

a) prova su fondo filtrante piano:

- perforazione con carotiere fino alla quota di prova;



- infiggere il rivestimento a secco negli ultimi 20-30 cm, per bloccare l'eventuale flusso dell'acqua;
- eseguire la pulizia del foro;
- b) prova con filtro cilindrico:
 - perforazione con carotiere fino alla quota di prova;
 - rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
 - inserimento, nella colonna di rivestimento, di ghiaia molto lavata, fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo del foro (solo nel caso di terreni che tendono a franare o a rifluire);
 - sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
 - misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- c) determinazione del coefficiente di permeabilità verticale:
sarà necessario utilizzare una seconda colonna di rivestimento, interna a quella di sondaggio, alla cui estremità viene avvitato un cilindro di acciaio a pareti sottili sagomato a tagliente (tipo fustella per campioni indisturbati) da poter infiggere a pressione a fondo del foro, per un tratto pari a circa 2 diametri; tutta la batteria interna, cilindro terminale compreso, deve essere a tenuta.
Per la determinazione della permeabilità al di sopra del livello della falda freatica, le prove da eseguirsi dovranno essere precedute da una fase di saturazione, da considerarsi conclusa quando si raggiunga, in condizioni di portata immessa costante, la stabilità del livello dell'acqua all'interno del foro. Tale fase di saturazione dovrà comunque avere una durata non inferiore a 30 minuti.

7.7.7.1 Metodo a carico idraulico variabile

Il metodo a carico idraulico variabile sarà eseguito mediante:

- riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento.
- misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', 20', 25', 30', 45', 60' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Le prove a carico variabile al di sotto del livello della falda possono essere eseguite abbassando il livello dell'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello (prove di risalita), oppure riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (prova di abbassamento).

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) può essere determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = A / (F \cdot T)$$

dove:

A = area della sezione trasversale del foro al livello dell'acqua, cioè la sezione del rivestimento (m^2)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)



T = tempo di riequilibrio (basic time-lag) (s)

Il calcolo del fattore di forma F viene eseguito con la soluzione analitica indicata da Hvorslev (1951), scelta in base alla geometria della prova.

Per la determinazione di T si devono diagrammare i valori del rapporto h/h_0 , in scala logaritmica, con i corrispondenti valori di tempo t in scala decimale (t = 0 all'inizio della prova quando $h/h_0 = 1$, essendo h l'altezza misurata e h_0 l'altezza iniziale). Si traccia poi la retta che meglio collega i punti sperimentali diagrammati. In qualche caso, i punti sperimentali per valori di h/h_0 vicini ad 1 possono seguire una curva; ciò deve essere trascurato e la linea retta va tracciata attraverso i restanti punti. Si disegna quindi una retta parallela a quella precedente, ma che passa per l'origine degli assi ($h/h_0 = 1$; t = 0). Il valore del tempo t letto in corrispondenza del rapporto $h/h_0 = 0.37$ è il valore richiesto del tempo di riequilibrio T.

7.7.7.2 Metodo a carico idraulico costante

Il metodo a carico idraulico costante sarà eseguito mediante:

- immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento, fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante e misurata;
- controllo della portata immessa a regime idraulico costante che sarà determinato con contaltri di sensibilità pari a 0.1 litri. La taratura del contaltri deve essere verificata in situ riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10 - 20 min;
- a partire dal momento dell'interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

La prova di abbassamento e la prova a carico costante possono essere eseguite anche nel terreno al di sopra del livello della falda. In tal caso però il terreno deve essere preventivamente saturato.

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{Q}{F \cdot h}$$

dove:

Q = portata immessa o emunta (m^3 / sec)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione o dall'emungimento (m)

7.7.7.3 Documentazione

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:



- informazioni generali;
- schema geometrico della prova;
- livello di falda;
- tempo di saturazione (se eseguita);
- portata a regime;
- letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.
- interpretazione dei dati ottenuti e calcolo della permeabilità.

7.8 Strumentazione geotecnica per monitoraggio argini

7.8.1 Generalità

Al termine della perforazione saranno poste in opera particolari strumentazioni geotecniche quali:

Piezometri:

- a tubo aperto
- elettrici.

7.8.2 Principali caratteristiche che deve soddisfare il piezometro

Il piezometro deve avere le seguenti caratteristiche:

- a. misura di pressioni interstiziali;
- b. tempi di risposta brevi, dell'ordine dei minuti;
- c. misurazioni efficienti dei livelli piezometrici anche per permanenza in condizioni non sature del terreno per tempi dell'ordine di anni;
- d. possibilità di eseguire misure di verifica e calibrazione periodica dei sensori;
- e. ridondanza delle misure (es. controllo manuale);
- f. semplicità della manutenzione e resilienza del sistema di misura;
- g. installazione con metodi economici.

I piezometri elettrici con trasduttore rimovibile, in modo da poterli ritrarre nel tempo, ovvero in caso di necessità, spostarli in altro punto, soddisfano le suddette caratteristiche. Per avere misure di ridondanza e confrontare i tempi di risposta di sistemi diversi, in alcuni punti, all'interno dello stesso foro di sondaggio, saranno installati, oltre che ai piezometri elettrici con trasduttore rimovibile, anche piezometri a tubo aperto con misuratore del livello automatico consistente in un trasduttore elettrico del tipo installato direttamente in foro.

Le profondità saranno stabilite dal direttore dell'esecuzione in accordo con l'appaltatore in base alle risultanze dei sondaggi a carotaggio continuo.

Il filtro dovrà essere in grado di rispondere adeguatamente anche dopo un lungo periodo, anche di anni, di non saturazione del terreno ove è immerso il trasduttore piezometrico.

L'appaltatore dovrà indicare almeno 10 giorni prima dell'inizio dei lavori la tipologia di piezometri che intende installare e garantirne le caratteristiche sopra richieste.

7.8.3 Piezometro a tubo aperto in foro di sondaggio



L'installazione di un piezometro ha come scopo quello di potere controllare il livello della falda o delle falde di acqua presenti nel terreno e di seguirne nel tempo le variazioni

In seguito viene presa in esame l'installazione di piezometri a tubo microfessurato (open-stand-pipe) ovvero la posa di una batteria di tubi in PVC rigido; tali tubi hanno uno spessore di 1÷2 mm e diametro di 40÷80 mm (2"- 4"); vengono forniti in spezzoni ciechi o fessurati di lunghezza non superiore a 3 m con giunti filettati ben sigillanti; è necessario rivestire con calza geotessile il tratto ove, in base alla precedente perforazione, si suppone abbia sede la falda d'acqua. Il tratto fessurato, di lunghezza variabile, sarà realizzato alla distanza di 1 m dall'estremità inferiore del tubo piezometrico; la finestratura avrà apertura di 0.4÷1.0 mm. Nel fondo sarà applicato l'apposito tappo di chiusura.

L'impiego di questi piezometri è generalmente limitato al campo dei terreni uniformi permeabili o molto permeabili ($K > 10^{-5}$ m/sec).

L'utilizzo di tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte del direttore dell'esecuzione.

7.8.4 Preparazione del foro

Dopo aver controllato la quota di fondo del foro con scandaglio si esegue il lavaggio della perforazione con acqua pulita immessa dal fondo.

Il foro o il tratto di foro dove deve essere installato il tubo piezometrico deve essere perforato ad acqua.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, prima dell'installazione, il foro deve essere riempito, (ritirando man mano i rivestimenti) fino alla quota 0.5÷1.5 m più in basso di quella di installazione del piezometro, con miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a presa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Indicativamente una miscela costituita da 30÷50 parti in peso di cemento, 6÷10 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi. Una volta avuta la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita, interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

7.8.5 Installazione

Installazione dei piezometri nei fori di perforazione

Si consiglia sempre la stabilizzazione delle pareti con una tubazione di rivestimento provvisoria, di diametro interno non inferiore a 85 mm, mentre è da evitare l'utilizzo di fanghi. Per la stabilizzazione del fondo foro, in assenza di falde artesiane, si dovrà mantenere il livello dell'acqua entro la perforazione un poco al di sopra del livello piezometrico nel terreno. Tale accorgimento va adottato anche durante le diverse fasi dell'installazione. Dovranno essere disponibili i seguenti materiali: scandaglio, palline di bentonite, pestello e secchio d'acqua.

Eseguito il sondaggio, si proceda come segue:



1. stendere il cavo e riportare su di esso con nastro adesivo la lunghezza pari alla profondità di posa partendo dalla membrana del sensore di pressione del piezometro elettrico;
2. eseguire una misura di zero operando con la centralina come per una misura normale tenendo il piezometro in aria senza nessuna pressione applicata, ed annotare questo valore sul foglio di installazione;
3. se il filtro è fornito saturo, immergere in un secchio pieno di acqua pulita il piezometro con filtro montato, per mantenere la saturazione dello stesso e della camera idraulica dello strumento; se, invece, occorre saturare il filtro in cantiere, porre molta cura nell'esecuzione di questa operazione, seguendo le istruzioni del costruttore;
4. infilare lo strumento nel sacchetto di geotessuto, quindi riempire lo spazio tra strumento e sacchetto con la sabbia e richiudere il sacchetto. Tutte le operazioni vanno effettuate sempre sott' acqua. Inserire il sacchetto di geotessuto così predisposto in un sacchetto di plastica, e dopo averlo riempito d' acqua nel secchio, nastrare il sacchetto di plastica sul cavo ;
5. verificare con lo scandaglio la quota del fondo foro;
6. lavare accuratamente il foro con acqua pulita;
7. eseguire una misura al piezometro prima dell'installazione, verificandone il corretto funzionamento;
8. sollevare i rivestimenti di circa 70 cm per permettere la realizzazione di un letto di sabbia sul fondo;
9. immettere della sabbia fine o ghiaietto (\square max 0.5 cm) per un'altezza di circa 50 cm dal fondo, controllando con lo scandaglio la quota raggiunta. Se il piezometro non è previsto a fondo foro ma ad una quota intermedia, prima dell'immissione della sabbia si riempia il tratto di sondaggio non utile con una miscela di acqua, cemento e bentonite così composta: 100 litri di acqua, 50 Kg di cemento e 5 Kg di bentonite, sigillandola infine con un tappo di bentonite;
10. controllare nuovamente la profondità del foro con lo scandaglio;
11. trasportandolo nel secchio, portare lo strumento a bocca tubo, estrarre il sacchetto di plastica contenente lo strumento e porlo sulla testa dei tubi di rivestimento pieni d' acqua, rompere quindi il sacchetto di plastica immergendo il piezometro nell' acqua. Calare progressivamente il piezometro reggendolo per il cavo, fino a farlo appoggiare sul letto di sabbia;
12. recuperare per circa 70 cm la tubazione di rivestimento;
13. proseguire con sabbia o ghiaietto il riempimento del foro di sondaggio, fino al ricoprimento dello strumento per almeno 50 cm, controllando la quota raggiunta con lo scandaglio;
14. effettuare manualmente una lettura al piezometro per accertare il suo corretto funzionamento;
15. recuperare per altri 100 cm circa i rivestimenti, assicurandosi di non trascinare lo strumento con essi;
16. formare un sigillo ("tappo") impermeabile per mezzo di palline di bentonite, di altezza pari a 100 cm circa. La bentonite va gettata in più riprese, realizzando ogni volta spessori non superiori a 25-30 cm, compattando le palline con un pestello



- cilindrico di dimensioni opportune tali da poterlo manovrare attorno al cavo. Verificare con lo scandaglio la consistenza del tappo e la quota raggiunta;
17. completare il riempimento del foro utilizzando una miscela di acqua, cemento e bentonite, recuperando progressivamente tutti i rivestimenti provvisori;
 18. ultimare la posa installando in superficie un pannello di centralizzazione o, in alternativa, un pozzetto di protezione del terminale del cavo. Dopo alcune ore dal termine della posa è possibile iniziare le letture piezometriche. In presenza di uno strato di terreno impermeabile, di sconfinamento superiore della falda in misura, è opportuno che il sigillo sia ubicato all'altezza dello strato in modo da ripristinarne la continuità.
 19. sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate al direttore dell'esecuzione; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta del direttore dell'esecuzione, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
 20. spurgo, collaudo del piezometro ed esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra; a questa fase dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro. Per la lettura del livello dell'acqua si utilizzeranno sondine freatiche (scandagli elettrici).

7.8.6 Documentazione

La documentazione relativa alla posa in opera di un tubo piezometrico deve comprendere:

- stratigrafia del foro di sondaggio;
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite fino alla consegna.

7.8.7 Piezometri elettrici

Questi piezometri hanno la possibilità di controllo della deriva di zero del tipo elettrico.

Le caratteristiche tecniche di riferimento delle celle piezometriche da impiegarsi sono riportate in tabella 15.1.

Tabella 15.1. - Caratteristiche tecniche dei trasduttori

Campo di misura	0÷10 bar
Risoluzione	0.1% fondo scala
Precisione	0.3% fondo scala



Pressione massima ammissibile	20 bar
Sovraccarico	30% fondo scala
Segnale elettrico in uscita	4 ÷ 20 mA
Temperatura d'esercizio	-10 - +55°C.
Materiale:	acciaio inox

Inoltre il piezometro elettrico avrà sensibilità pari allo 0.01 % del fondo scala, precisione pari allo 0.3% del fondo scala, deriva termica di zero inferiore all'1% del fondo scala (nel campo di compensazione); il campo di misura, fino ad un massimo di 20 bar, sarà stabilito dal progetto delle indagini o del direttore dell'esecuzione.

Il cavo elettrico tra il piezometro e la superficie collegherà il terminale di misura, il quale sarà alloggiato in apposito pozzetto di protezione.

L'appaltatore dovrà preventivamente indicare al direttore dell'esecuzione il modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche, per ottenere l'autorizzazione all'installazione.

La centralina elettronica di misura, elaborazione, memorizzazione e restituzione dati fornirà in modo continuo i valori numerici ed i grafici analogici ottenuti. Anche in questo caso l'appaltatore indicherà al direttore dell'esecuzione, il tipo e le caratteristiche dell'attrezzatura che intende impiegare per l'approvazione.

7.8.8 Preparazione del foro

La perforazione dovrà essere eseguita utilizzando, come fluido di circolazione, acqua oppure fango a polimeri degradabili. Non è permesso l'uso di fango bentonitico.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, il foro dovrà essere riempito, ritirando man mano il rivestimento fino ad una quota di 0.5 m più bassa di quella di installazione, con una miscela acqua-cemento-bentonite in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Una volta avutasì la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), realizzando una serie di tappi di 20 cm ciascuno di palline di bentonite alternati a ghiaietto, per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Al fine di evitare perdite di saturazione del piezometro durante le fasi di installazione, il foro dovrà essere mantenuto costantemente pieno d'acqua. Inoltre prima dell'inserimento nel foro il piezometro, contenuto in un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, dovrà essere inserito in un secondo sacchetto impermeabile pieno d'acqua da rompere una volta immerso in acqua all'interno del foro. L'inserimento del piezometro nel sacchetto di geotessile e nel sacchetto impermeabile verrà realizzato all'interno di un contenitore pieno d'acqua.



7.8.9 Modalità di installazione

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto ed approvato dal direttore dell'esecuzione, fornendo a quest'ultimo la relativa documentazione o copia di essa realizzata dalla casa costruttrice (manuale di uso e manutenzione).

L'appaltatore provvederà per intero all'installazione e messa in funzione (azionabile a richiesta) del sistema delle piezometriche-unità di misura e registrazione, quest'ultima debitamente alloggiata o protetta dagli agenti atmosferici, eseguendo frequenti letture per l'intera durata del cantiere.

In particolare si seguiranno le seguenti direttive:

- posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia fine e pulita;
- discesa a quota del piezometro elettrico, inserito all'interno di un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, e del cavo elettrico di collegamento;
- posa di sabbia attorno al piezometro e al di sopra per circa 0.5 m, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che cella e cavi non risalgano assieme al rivestimento;
- posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m, realizzato inserendo bentonite in palline ($\varnothing = 1 \div 2$ cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di $2 \div 3$ cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;
- riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;
- sistemazione e protezione della estremità del foro con la realizzazione di un chiusino di protezione;
- esecuzione della prima lettura significativa.

7.8.10 Documentazione

La documentazione comprenderà per ciascuna cella installata:

- informazioni generali;
- log stratigrafico del sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazione e graficizzazione dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

7.8.11 Sistemazione esterna per qualsiasi tipo di piezometro

Per qualunque tipo di piezometro è fondamentale prevedere la sistemazione esterna della bocca di perforazione. E' necessario predisporre:

- pozzetto di protezione cementato in modo da evitare scalzamento provocato da eventuali percolazioni, scorrimento di acque superficiali e manomissioni da parte di malintenzionati;
- flangia esterna di protezione con chiusura a lucchetto;



- predisposizione della postazione per la sistemazione della centralina di lettura dei dati per piezometri di tipo elettropneumatico.

7.9 Prove geotecniche di laboratorio

7.9.1 Generalità

7.9.1.1 Requisiti generali del laboratorio

L'attività del laboratorio di prova dovrà essere condotta in accordo alla norma UNI-CEI-EN 45001 - Criteri generali per il funzionamento di laboratori di prova.

Il laboratorio di prova dovrà essere competente per l'esecuzione delle prove in programma; il personale tecnico sarà in numero sufficiente, avrà adeguata formazione ed aggiornamento documentabili e farà capo ad un responsabile di laboratorio

7.9.1.2 Locali di prova

L'ambiente in cui le prove vengono eseguite non deve in alcun modo invalidarne i risultati né influenzare le misure: i locali di prova dovranno essere opportunamente protetti da condizioni anomale quali temperatura, polveri, umidità, vapori, vibrazioni, disturbi o interferenze elettromagnetiche; dovranno inoltre essere sufficientemente spaziosi e dotati di apparecchiature e sorgenti di alimentazione adeguate.

Per quanto riguarda ambienti particolari quali camera umida di conservazione o zona di preparazione provini e assemblaggio delle prove, i locali dovranno essere dotati di strumentazione di controllo e condizionamento ambientale.

L'accesso alle zone di prova dovrà essere controllato e regolato da procedure.

7.9.1.3 Apparecchiature di prova

Il laboratorio di prova deve essere fornito di tutte le apparecchiature necessarie per la corretta esecuzione delle prove in programma.

Tutte le apparecchiature devono essere conservate con cura e devono essere disponibili idonee procedure di manutenzione.

Per le apparecchiature di prova principali dovrà essere disponibile un sistema di registrazione in cui sia riportato:

- il nome dell'apparecchiatura;
- il nome del fabbricante, l'identificazione del tipo ed il numero di serie;
- la data di acquisizione e la data di messa in servizio;
- lo stato al momento del ricevimento;
- le operazioni di manutenzione eseguite;
- i danni subiti e le riparazioni eseguite;
- copia del certificato di taratura di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Una copia delle schede di registrazione delle apparecchiature da utilizzare nell'ambito dell'appalto dovrà essere sottoposta al direttore dell'esecuzione prima dell'inizio dell'attività



di prova. Gli strumenti di misura e le apparecchiature di prova dovranno essere sottoposte a taratura secondo un programma temporale adeguato al carico di lavoro del laboratorio, e comunque ad intervalli non superiori ai sei mesi. La taratura degli strumenti di misura e di prova dovrà essere effettuata in modo da garantire la riferibilità delle misure effettuate alla catena metrologica internazionale. Copia dei certificati di taratura delle apparecchiature e degli strumenti di misura utilizzati per l'esecuzione delle prove, di data non anteriore di sei mesi la data di prova, dovrà accompagnare il rapporto di prova emesso dal laboratorio a conclusione dell'incarico.

7.9.1.4 Identificazione dei campioni

Sarà necessario presentare al direttore dell'esecuzione le procedure adottate dal laboratorio prove per l'identificazione dei campioni e delle parti di campioni da sottoporre a prova. Al momento del ricevimento dei campioni si dovrà controllare la corrispondenza con le distinte o le stratigrafie di accompagnamento, segnalando immediatamente qualsiasi difformità al direttore dell'esecuzione.

Tutti i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova (provini) dovranno essere chiaramente identificati da una sigla o da un codice che accompagnerà il campione o il provino in tutte le fasi dell'attività di laboratorio (conservazione, preparazione dei provini da sottoporre a prova, esecuzione delle prove, preparazione della documentazione di prova e del rapporto finale di prova); dovrà inoltre essere stabilita una corrispondenza tra il codice adottato dal laboratorio per l'identificazione dei campioni e dei provini e il sistema di identificazione utilizzato durante il prelievo in situ, in modo che i risultati delle prove di laboratorio siano sempre chiaramente attribuibili.

Prima dell'inizio delle attività di laboratorio dovrà essere redatta e trasmessa al direttore dell'esecuzione una scheda contenente:

- la località di prelievo;
- il numero del sondaggio o del pozzetto esplorativo;
- la profondità di prelievo;
- il codice adottato nel corso del campionamento;
- il codice identificativo del campione o del provino adottato in laboratorio;
- il programma di prove indicato dalla società;
- il programma temporale di attuazione.

7.9.1.5 Conservazione dei campioni

I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche naturali. All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente al direttore dell'esecuzione eventuali danni alle fustelle che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni (ovalizzazioni, deformazioni anomale, etc.).

I campioni dovranno essere conservati in cella umidificata a temperatura ed umidità controllata in modo da garantire il mantenimento dei seguenti parametri ambientali:

- temperatura : $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$
- umidità relativa > 95%



Al termine delle attività di prova, i campioni residui non sottoposti a prova dovranno essere conservati in ambiente ad atmosfera controllata e potranno essere avviati a discarica, unitamente ai campioni ed ai provini sottoposti a prova, idoneamente conservati, solo previa autorizzazione del direttore dell'esecuzione o, salvo diverse indicazioni, dopo 2 anni dal termine delle prestazioni.

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio, i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova dovranno essere trattati e manipolati in modo di minimizzare il disturbo ad essi arrecato e di alterarne il meno possibile le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

In particolare si dovrà avere la massima cura per evitare di:

- alterare significativamente il contenuto d'acqua;
- modificare la struttura del terreno;
- applicare sollecitazioni tali da alterare lo stato tensionale residuo;
- modificare la composizione granulometrica del terreno.

Risulta di conseguenza necessario che le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini siano effettuati in ambienti con temperatura intorno ai 20° ed umidità non inferiore al 75%, meglio se ad atmosfera controllata; in ogni caso le condizioni ambientali della zona di preparazione dei provini devono essere tali da assicurare variazioni del contenuto d'acqua non superiori all'1 %.

In linea di principio, l'inizio delle analisi o prove programmate dovrà immediatamente seguire l'apertura dei campioni; nel caso in cui l'inizio delle attività di prova debba essere necessariamente procrastinato, i provini già confezionati, opportunamente siglati e sigillati, dovranno essere conservati nel locale ad atmosfera controllata utilizzato per la conservazione dei campioni. Durante le fasi di montaggio e di avvio delle prove dovrà essere garantito il mantenimento delle condizioni originarie dei campioni, segnalando le eventuali variazioni connesse alle procedure di prova ed evitando ogni tipo di modificazione incontrollata.

7.9.1.6 Modifiche al programma di prove

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite secondo il programma contenuto nel progetto delle indagini e nelle eventuali indicazioni integrative fornite dal direttore dell'esecuzione. Se tuttavia in fase di apertura dei campioni si dovessero riscontrare incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione rendesse poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente), il laboratorio interromperà il programma di prova e comunicherà immediatamente al direttore dell'esecuzione gli inconvenienti riscontrati in modo da adeguare il programma di prove alla effettiva qualità e tipologia dei campioni disponibili.

A tale proposito il laboratorio dovrà comunicare al direttore dell'esecuzione il programma temporale delle attività, in modo che sia possibile presenziare all'apertura dei campioni, al fine di concordare eventuali modifiche al programma di prove.

In nessun caso il laboratorio potrà proseguire nel programma di prove o modificare il programma di prove senza la preventiva autorizzazione del direttore dell'esecuzione.



7.9.1.7 Rapporti con il direttore dell'esecuzione

Il responsabile del laboratorio manterrà i contatti con il direttore dell'esecuzione. Dovrà inoltre comunicare qualsiasi problema o inconveniente che dovesse insorgere durante l'effettuazione delle prove in programma e si farà carico di trasmettere settimanalmente un rapporto comprendente lo stato di avanzamento dell'attività di laboratorio, ogni variazione rispetto al programma temporale trasmesso inizialmente ed i risultati delle prove già eseguite, anche in bozza. In tutta la corrispondenza si dovrà fare riferimento allo schema adottato per la scheda sinottica inizialmente trasmessa al direttore dell'esecuzione.

In caso di controversie o di perplessità relative alle modalità operative del laboratorio, il direttore dell'esecuzione si riserva la facoltà di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune prove di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.

7.9.1.8 Normative di riferimento

Le prove saranno eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati. L'eventuale esecuzione delle prove secondo standard o normative alternative a quelle indicate nelle presenti norme tecniche dovrà in ogni caso essere preventivamente autorizzato dal direttore dell'esecuzione. In ogni caso la normativa di riferimento seguita per l'esecuzione delle prove dovrà essere indicata nel rapporto di prova.

7.9.1.9 Documentazione da fornire

Alla consegna dei certificati di prova dovrà essere fornita anche una sintesi che riporterà i risultati principali ottenuti dalle singole prove. Tale sintesi, espressa in un quadro riepilogativo generale, dovrà contenere:

- la sigla identificativa del campione e la profondità di prelievo;
- le percentuali delle diverse frazioni granulometriche;
- i valori dei limiti di consistenza e dell'indice di plasticità;
- le classificazioni AGI, USCS e CNR-UNI 10006;
- il contenuto d'acqua e il peso di volume naturale;
- i valori ottenuti dalle prove di taglio diretto e dalle prove triassiali;
- i valori di modulo edometrico, permeabilità, coefficiente di consolidazione verticale e coefficiente di consolidazione secondaria per una determinata pressione di riferimento.

Il rapporto finale di ciascuna prova dovrà comprendere almeno le seguenti informazioni:

- il nome e l'indirizzo del laboratorio di prova;
- l'identificazione univoca del rapporto di prova, di ciascuna sua pagina e del numero totale delle pagine;
- il nome ed indirizzo del committente;
- l'identificazione dei campioni;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di prova;
- lo standard di riferimento seguito per l'esecuzione delle prove;



- tutte le misure, gli esami e i loro risultati, corredati di tabelle, grafici, disegni e fotografie e tutte le anomalie individuate;

- la firma del responsabile del rapporto di prova e la data di emissione.

I risultati di tutti i calcoli e le determinazioni eseguite dovranno essere espressi in opportune unità SI, con relative multipli o sottomultipli.

7.10 Determinazione delle caratteristiche fisiche

7.10.1 Apertura e descrizione geotecnica di campioni indisturbati

L'estrusione dalle fustelle o cassette di alloggiamento dovrà avvenire in modo da minimizzare il disturbo arrecato al campione tramite l'utilizzo di un estrusore idraulico.

L'estrusione del campione dovrà avvenire con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi o l'esecuzione di brusche manovre.

Dopo l'estrusione il campione sarà sottoposto a scorticatura e ripulitura delle estremità e si procederà alla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, indicando natura, colore, strutture, inclusioni, frammenti di conchiglie, resti organici, eventuale odore ed ogni altro elemento ritenuto significativo. La descrizione geotecnica visivo-manuale dovrà essere condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure). Si effettuerà quindi una ripresa fotografica a colori del campione, avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione e del suo alto.

Successivamente si procederà, ove possibile, all'esecuzione di prove speditive con penetrometro e scissometro tascabile ad intervalli regolari, per la determinazione dello stato di consistenza del materiale campionato. Da ultimo si procederà alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, avendo particolare cura di escludere, dal confezionamento dei provini da sottoporre a prova, le porzioni disturbate per rammollimento o deformazione eccessiva, e di scegliere porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedano la preparazione di una serie di provini. Nella scelta delle porzioni di campione da sottoporre a prova assume particolare rilevanza la valutazione della stato di qualità del campione che dovrà in ogni caso essere indicata. Al termine dell'esame sarà redatto un apposito modulo contenente tutte le osservazioni e le misure condotte, l'indicazione delle prove da eseguire e dei relativi provini, le indicazioni sullo stato di qualità del campione e della fustella, le dimensioni della fustella e del campione estruso. Il modulo sarà corredato dalla documentazione fotografica del campione.

7.10.2 Apertura e descrizione geotecnica di campioni rimaneggiati

L'estrazione di un campione rimaneggiato dal contenitore di alloggiamento (sacchetto, barattolo, vasetto, etc.) sarà seguita dalla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure). Il materiale campionato sarà sottoposto a ripresa fotografica a colori, avendo cura che l'immagine risulti nitida e



chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione.

Al termine delle operazioni, si procederà alla redazione di un modulo contenente la descrizione geotecnica del campione, l'indicazione delle prove da eseguire e l'eventuale documentazione fotografica.

7.10.3 Determinazione del contenuto naturale d'acqua

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua di terreni, rocce e materiali simili.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2216 - 92 - Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

7.10.3.1 Modalità di prova

La determinazione del contenuto naturale d'acqua, ottenuto per differenza tra peso del campione umido e peso del campione essiccato in forno termostato a 105° ed espresso in percentuale rispetto al peso del campione essiccato, dovrà essere effettuata su campioni o porzioni di campioni che non abbiano subito significative variazioni di umidità (rammolliti o essiccati), rispetto alle condizioni naturali.

7.10.3.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- valore percentuale del contenuto d'acqua espresso alla prima cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.10.4 Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale)

La prova consiste nella determinazione della massa volumica apparente di un terreno, ottenuto come rapporto tra la massa di un provino ed il suo volume.

Normative e specifiche di riferimento:

BS 1377 (1990) - Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests.

7.10.4.1 Modalità di prova



La prova dovrà essere effettuata unicamente su provini indisturbati, avendo cura di non alterare in alcun modo le caratteristiche del campione durante il confezionamento del provino.

Per il confezionamento dei provini dovrà di norma essere impiegato un apposito tornietto da laboratorio, al fine di minimizzare il disturbo al campione; l'uso del tornietto potrà essere evitato per terreni a bassa consistenza, per i quali è possibile l'infissione a pressione di una fustella tarata mediante l'impiego di un idoneo campionatore. In nessun caso la fustella sarà infissa manualmente nel terreno da campionare.

7.10.4.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato della determinazione espresso in unità SI con definizione della seconda cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite e delle dimensioni dei provini;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.10.5 Determinazione dei limiti di consistenza

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua per il quale avviene il passaggio dallo stato semiliquido allo stato plastico (limite di liquidità) e dallo stato plastico allo stato semisolido (limite di plasticità).

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4318 - 84 - Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

7.10.5.1 Modalità di prova

Prima dell'inizio della determinazione del limite liquido si procederà alla regolazione dell'altezza di caduta della cucchiaia di Casagrande, si controllerà lo stato di usura della Cucchiaia e dell'utensile solcatore e la regolarità della base, procedendo alla eventuale sostituzione delle parti usurate.

Le tolleranze dimensionali da rispettare sono le seguenti:

- altezza di caduta: 10 ± 0.2 mm;
- profondità del solco di usura sulla cucchiaia: < 0.1 mm;
- larghezza della punta del solcatore: 2 ± 0.1 mm;
- profondità della punta del solcatore: 8 ± 0.1 mm;
- diametro dell'impronta di impatto sulla base < 10 mm.

Per la determinazione del limite di liquidità si impiegherà di norma il metodo multipunto, con almeno tre punti di prova. Solo nel caso di quantità insufficienti di materiale si potrà



adottare il metodo a punto singolo, con esecuzione di almeno due determinazioni, e previo preventivo assenso del direttore dell'esecuzione.

Per quanto concerne il limite di plasticità, qualora il materiale non risultasse lavorabile, si riporterà come risultato l'indicazione "Non Plastico" .

7.10.5.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato delle determinazioni espresse come valori percentuali con indicazione della prima cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.10.6 Determinazione del limite di ritiro

La prova consiste nella determinazione del quantitativo d'acqua necessario per saturare un campione di terreno coesivo precedentemente essiccato in forno.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 427 - 93 - Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method

Tenuto conto della tossicità del mercurio utilizzato nel metodo è consentito l'uso dello standard alternativo ASTM D 4943 - 95.

7.10.6.1 Modalità di prova

La determinazione del limite di ritiro dovrà essere condotta effettuando almeno due misure del contenuto d'acqua a volume costante su provini omogenei.

7.10.6.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato espresso come valore percentuale con indicazione della prima cifra decimale, calcolato come media delle due determinazioni effettuate;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.10.7 Analisi granulometrica per vagliatura

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno trattenuto al setaccio ASTM n° 200.

Normative e specifiche di riferimento:



ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;
ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants

7.10.7.1 Modalità di prova

L'analisi granulometrica per vagliatura si eseguirà in ogni caso per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore ai 300 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 100, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2" e 3". E' ammesso l'uso di serie di setacci equivalenti a quella sopra indicata.

Il quantitativo minimo da sottoporre a prova sarà stabilito sulla base delle dimensioni massime dei granuli presenti in quantità significativa (non inferiore al 10%) secondo la tabella 18.1.

Tabella. 18.1. - Massa minima da analizzare

Dimensi one massim a granuli [mm]	Massa minima campione [g]
2	200
10	1000
15	2000
40	10000
60	15000
70	25000
100	35000

Prima dell'esecuzione dell'analisi granulometrica si dovrà procedere ad un controllo dell'integrità dei setacci, sostituendo immediatamente i setacci lesionati. Il campione da sottoporre ad analisi, una volta essiccato e pesato, verrà immerso in acqua fino al completo distacco della frazione fine dai granuli e la completa disgregazione dei grumi, favorendo l'operazione mediante agitazione meccanica. Successivamente, evitando qualsiasi perdita di materiale, si procederà alle operazioni di setacciatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello molto morbido, avendo cura di non forzare il materiale tra le maglie dei setacci; l'operazione di lavaggio potrà essere conclusa solo quando l'acqua che fuoriesce dall'ultimo setaccio sia perfettamente limpida.

Si procederà quindi all'essiccazione in forno termostato a 105° e alla determinazione delle masse trattenute a ciascun setaccio.



Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

7.10.7.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- diametro massimo del campione analizzato;
- quantità di materiale analizzato;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto a ciascun setaccio;
- diagramma semilogaritmico % di trattenuto - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.10.8 Determinazione del passante o trattenuto ad un singolo vaglio

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 1140 - 92 - Standard Test Method for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve;

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

7.10.8.1 Modalità di prova

Il quantitativo minimo di materiale da sottoporre ad analisi dovrà essere stabilito in funzione delle dimensioni massime dei granuli costituenti il campione in esame, in analogia a quanto indicato in Tab. 23 e a quanto riportato nelle specifiche di riferimento.

7.10.8.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- diametro massimo del campione analizzato;
- quantità di materiale analizzato;
- percentuale di materiale trattenuto o passante al setaccio impiegato, espresso con la prima cifra decimale, riferita alla massa complessiva del materiale analizzato;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.



7.10.9 Analisi granulometrica per sedimentazione

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

7.10.9.1 Modalità di prova

L'analisi granulometrica per sedimentazione dovrà essere condotta effettuando letture della densità e della temperatura di una sospensione, preparata con 50 gr di materiale passante al setaccio ASTM n° 200, 125 ml di soluzione disperdente (esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/L, confezionata non più di 30 gg prima della data di impiego) e acqua distillata fino ad ottenere un volume pari a 1000 ml, dopo 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480' e 1440' dal termine dell'agitazione preliminare; si precisa che l'analisi potrà considerarsi conclusa solo quando la densità della sospensione risulta prossima a quella dell'acqua pura (circa 48 ore per i terreni francamente argillosi). Le letture di densità dovranno essere effettuate con densimetro calibrato di tipo ASTM 151H o 152H.

Per tutta la durata dell'analisi si avrà cura di evitare qualsiasi vibrazione ai cilindri di prova ed eccessive variazioni di temperatura; a tale scopo potrà convenientemente impiegarsi una vasca termostata a 20°. Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

7.10.9.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- data di preparazione della soluzione disperdente;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto in corrispondenza di ciascun diametro;
- diagramma semilogaritmico % - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle letture di densità e temperature eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato, termometro), non anteriore di sei mesi alla data di prova.



7.10.10 Determinazione della massa volumica reale (peso specifico dei grani)

La prova consiste nella determinazione del rapporto tra la massa della frazione solida di un terreno ed il suo volume.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 854 - 92 - Standard Test Method for Specific Gravity of Soils.

7.10.10.1 Modalità di prova

Il peso specifico dei grani dovrà essere ottenuto come valore medio di due determinazioni eseguite col metodo del picnometro calibrato su materiale omogeneo. Per l'eliminazione dell'aria intrappolata si dovrà impiegare una pompa per vuoto con pressione non superiore a 100 mm Hg.

7.10.10.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- risultato delle due determinazioni eseguite espresso in Mg/m^3 con indicazione di tre cifre decimali;
- valore medio del peso specifico dei grani;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, manometro, termometro), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.11 Determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche

7.11.1 Prova di taglio diretto consolidata - drenata

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate di campioni di terreno sottoposti a sollecitazioni di taglio.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 3080 - 90 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

7.11.1.1 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici o a sezione quadrata di diametro o lato non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza compreso tra 2 e 2.5 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare, apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle



costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova si articola nelle due distinte fasi di consolidazione e di taglio:

Fase di consolidazione: nella fase di consolidazione viene gradualmente incrementato il carico assiale applicato al provino, fino al raggiungimento della pressione di consolidazione indicata dalla direzione dei lavori per ciascun provino. Durante la fase di consolidazione, si monitoreranno le deformazioni assiali in funzione del tempo, in modo da poter stabilire la fine della fase di consolidazione primaria, prima di ciascun incremento di carico, in analogia a quanto indicato per le prove edometriche ad incrementi di carico controllati. I valori delle deformazioni assiali in funzione del tempo relativi all'ultimo gradino di carico saranno registrati e diagrammati in funzione del logaritmo o della radice quadrata del tempo per la determinazione del t_{100} di fine consolidazione assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura: nella fase di rottura verrà gradualmente incrementato il carico orizzontale fino ad ottenere deformazioni orizzontali non inferiori al 20% del diametro iniziale del provino. Al fine di evitare l'insorgere di sovrappressioni idrauliche conseguenti l'incremento tensionale, la velocità di deformazione v_r sarà stabilita sulla base del t_{100} di fine consolidazione e dello scorrimento orizzontale atteso a rottura δ_r secondo la seguente equazione:

$$V_r = \frac{\delta_r}{10 * t_{100}}$$

Per quanto riguarda i valori dello scorrimento a rottura, funzione del tipo di materiale in prova, si forniscono in tabella 18.3. alcuni valori indicativi.

Tab. 18.3. - Scorrimento a rottura

Tipo di terreno	Scorrimento a rottura [mm]
argille tenere	8
argille sovraconsolidate	2 ÷ 5



argille molto sovraconsolidate	1 ÷ 2
sabbie	1 ÷ 5

Durante la fase di rottura si monitoreranno e si registreranno ad opportuni intervalli temporali i valori di spostamento orizzontale, deformazione verticale e resistenza al taglio. Ove indicato, al termine della fase di rottura, si procederà alla determinazione della resistenza residua, effettuando almeno cinque cicli completi di andata e ritorno della scatola di taglio fino a fondo corsa alla medesima velocità di scorrimento adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura completa), controllando in ogni caso che si sia raggiunta la completa stabilizzazione della curva resistenza al taglio - scorrimento orizzontale.

La resistenza residua può essere determinata anche attraverso l'esecuzione di 5 cicli di taglio veloci, condotti a velocità di scorrimento compresa tra 1 e 2 mm/min. fino a deformazioni del 20% per ciascun ciclo, e di un ciclo di taglio finale con misura della resistenza al taglio in funzione dello scorrimento orizzontale, condotto alla medesima velocità di scorrimento, adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura semplificata).

7.11.1.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale e finale dei provini;
- tabella con la progressione di carico adottata in fase di consolidazione per ciascun provino;
- tabella con i valori della variazione di altezza e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma della deformazione verticale - logaritmo del tempo, o in alternativa deformazione verticale - radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- valore del tempo di fine consolidazione t_{100} di ciascun provino;
- altezza dei provini al termine della fase di consolidazione;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di resistenza al taglio, scorrimento orizzontale e deformazione verticale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- diagramma della resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- diagramma della deformazione verticale - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- eventuale diagramma cumulato della resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per la determinazione della resistenza residua;



- valori della resistenza al taglio e dello scorrimento orizzontale a rottura per ciascun provino;
- eventuali valori della resistenza al taglio residua e del relativo scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sollecitazione a rottura ed eventualmente allo stato residuo di tutti i provini sottoposti a prova espresso in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ con indicazione dell'inviluppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio di picco ed eventualmente residua del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.11.2 Prova di taglio anulare

La prova consiste nella determinazione della resistenza al taglio residua di campioni di terreno sottoposti a sforzi di taglio torsionale.

Normative e specifiche di riferimento:

BS 1377 (1990) - Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 8: Shear strength tests.

7.11.2.1 Modalità di prova

La prova di taglio anulare sarà eseguita su materiale rimaneggiato con apparecchiatura tipo Bromhead con l'esecuzione sul medesimo provino di almeno 4 punti di prova a diversi valori della pressione di consolidazione. Il provino da sottoporre a prova, costituito da materiale passante al setaccio ASTM n. 40, sarà sottoposto ad un preventivo trattamento di rimaneggiamento, saturazione ed omogeneizzazione e sarà quindi assemblato nella cella anulare dell'apparecchio di taglio. Successivamente si realizzerà la prima fase di consolidazione con applicazione del carico verticale indicato dal direttore dell'esecuzione, registrando le deformazioni assiali in funzione del tempo al fine di individuare il termine della fase di consolidazione primaria.

Si incrementerà quindi progressivamente la sollecitazione torsionale in maniera sufficientemente lenta per evitare l'insorgere di pressioni interstiziali raggiungendo valori di deformazione angolari sufficientemente elevati, tali in ogni caso da ottenere la completa stabilizzazione della resistenza torsionale registrata. Al termine della fase di rottura relativa al primo livello di tensione di consolidazione si incrementerà la tensione verticale ripetendo i passi descritti in precedenza per tutti i punti di prova previsti.

7.11.2.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e del provino sottoposto a prova;
- dimensione iniziale del provino;



- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale e finale del provino;
- tabella con i valori della variazione di altezza e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun punto di prova;
- diagramma deformazione verticale - logaritmo del tempo, o in alternativa deformazione verticale - radice quadrata del tempo per ciascun gradino di consolidazione;
- valore del tempo di fine consolidazione t_{100} ;
- altezza del provino al termine di ciascun gradino di consolidazione;
- velocità di deformazione angolare adottata nella fase di taglio;
- tabella di sintesi con i valori di resistenza al taglio, deformazione angolare e deformazione verticale registrati per ciascuna fase di taglio;
- diagramma resistenza al taglio - deformazione angolare per ciascuna fase di taglio;
- valori della resistenza al taglio e della deformazione angolare finale per ciascuna fase di taglio;
- rappresentazione in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ di tutti i punti di prova con indicazione dell'involuppo di resistenza;
- indicazione del valore di resistenza al taglio residua del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dal parametro ϕ'_r ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

7.12 Piezometri

7.12.1 Principali caratteristiche che deve soddisfare il piezometro

Le principali caratteristiche che deve soddisfare il piezometro sono:

1. misura di pressioni interstiziali;
2. tempi di risposta brevi, dell'ordine dei minuti;
3. misurazioni efficienti dei livelli piezometrici anche per permanenza in condizioni non sature del terreno per tempi dell'ordine di anni;
4. possibilità di eseguire misure di verifica e calibrazione periodica dei sensori;
5. ridondanza delle misure (es. controllo manuale);
6. semplicità della manutenzione e resilienza del sistema di misura;
7. installazione con metodi economici.

Considerando il valore relativamente basso del coefficiente di permeabilità, la necessità di eseguire un monitoraggio in tempo diretto, di registrare i dati, di potere predisporre sistemi multibase di avere tempi di risposta brevi, *le celle piezometriche risultano le più idonee allo scopo.*

Ai fini di avere il controllo sulla taratura, risulta ottimale installare piezometri con trasduttore rimovibile, in modo da poterli ritrarre nel tempo, ovvero in caso di necessità, spostarli in altro punto.



7.12.2 Scelta dei filtri

Per le misure realizzate in condizioni non sature, è necessario l'utilizzo di piezometri elettrici provvisti di filtri in grado di dare risposte immediate per qualsiasi variazione di pressione, anche dopo che è rimasta in terreno non saturo per diverso tempo, anche alcuni anni.

7.12.3 Scelta delle modalità di installazione

Al fine di poter installare piezometri multibase, di controllare la natura dei terreni ed avere successivi riscontri rispetto alle risposte dei piezometri, risulta più opportuno realizzare sondaggi a carotaggio continuo con realizzazione della stratigrafica, di alcune prove in foro di tipo Lefranc e con eventuali analisi geotecniche di laboratorio dove il direttore dell'esecuzione lo ritenga più opportuno.

Considerando che si tratta di un progetto sperimentale, lungo alcune verticali, all'interno dello stesso foro, oltre ai piezometri elettrici, risulterà opportuno installare anche piezometri a tubo aperto, con trasduttore automatico elettrico, eventualmente più in profondità, al fine di valutare l'effettivo ritardo rispetto alle celle piezometriche. In questo modo sarà possibile avere una sufficiente ridondanza dei dati e fare utili considerazioni su future applicazioni.

1.7 Descrizione dell'ubicazione dei piezometri e del sistema di monitoraggio

7.12.4 Ubicazione dei piezometri, delle centraline e disegni schematici delle opere

7.12.4.1 Generalità

Il progetto prevede l'installazione di n° 37 Piezometri e di n° 15 centraline di tipo A (7.12.5) per il controllo diretto degli strumenti. La posizione e il numero di strumenti è stata scelta in accordo con i tecnici del Servizio Tecnico di Bacino (Ravenna) a seguito di un sopralluogo congiunto. Le posizioni identificate corrispondono ad aree arginali in corrispondenza di abitazioni oppure dove sono già stati registrati problemi di tenuta degli argini stessi.

L'ubicazione della strumentazione è riportata nelle tavole allegate: tavole A,B,C e D in scala 1:5000.



nome	tipo	tipologia del sensore	sponda	Coordinata Est	Coordinata Nord
1	piezometro	piezoelettrico	sinistra	752555	4920247
2	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	753549	4920634
3	centralina		sinistra	753918	4920784
1a	centralina		sinistra	752553	4920259
2a	centralina		sinistra	753546	4920640
3a	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	753914	4920791
4a	piezo_centralina	piezoelettrico	sinistra	754431	4921006
4	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	754435	4920999
5	piezometro	piezoelettrico	sinistra	754819	4921151
5a	centralina		sinistra	754818	4921159
6	piezometro	piezoelettrico	sinistra	755034	4921146
6a	piezo_centralina	piezoelettrico	sinistra	755030	4921157
7	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	755578	4921234
8	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	755906	4921291
7a	piezo_centralina	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	755574	4921247
8a	piezo_centralina	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	755904	4921302
9a	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	756237	4921340
10	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	756580	4921410
9a	piezo_centralina		sinistra	756229	4921360
10a	piezo_centralina		sinistra	756573	4921430
11a	piezo_centralina	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	sinistra	757376	4921526
11	piezometro		sinistra	757377	4921515
12	piezometro		sinistra	758818	4921565
12a	centralina		sinistra	758818	4921576
14a	piezo_centralina	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	destra	755742	4921145
13a	piezo_centralina		destra	756064	4921203
13	piezometro		destra	756062	4921221
14	piezometro	piezoelettrico + tubo aperto-piezo	destra	755738	4921165
15	piezometro		sinistra	760686	4921093
15a	piezo_centralina		sinistra	760685	4921082

Tabella 1 - Elenco piezometri e centraline di tipo A (sistema di coordinate UTM ED50 fuso 32).

In ogni singola posizione scelta vengono installati da uno a due piezometri a secondo delle esigenze della la situazione locale e una centralina di tipo A.

Entrambe le strumentazioni vengono installate aree arginali di proprietà del Genio Civile; attraverso il GIS costruito per il progetto è possibile visualizzare le informazioni catastali relative alla posizione dei piezometri .

7.12.5 Descrizione delle opere

7.12.5.1 Piezometro

I piezometri sono installati utilizzando una sonda a carotaggio continuo che raggiunge a seconda dei casi la profondità, rispettivamente per argine e piede dell'argine, di circa 7 e 3 dal piano campagna. La profondità può variare a secondo della litologia e quindi della



presenza di sabbie o argille e limi. La profondità precisa andrà definita, in ultima analisi, in fase di esecuzione del sondaggio.

L'estremità superiore del piezometro viene protetta da un pozzetto di cemento armato interrato di 50 cm chiuso da un tombino carrabile in metallo chiudibile con apposita serratura. La quota finale dell'opera corrisponde a quella del piano di campagna e quindi non presenta ostacoli per la manutenzione dell'argine.

7.12.5.2 Centralina di tipo A

Le centraline di tipo A sono installate all'interno di alloggiamenti stagni per apparecchiature elettriche, IP 67, i quali a loro volta sono fissati ad un palo infisso nel terreno, di circa 3 metri, che serve anche da sostegno per il pannello fotovoltaico opportunamente orientato e inclinato rispetto al sole.

All'interno del palo di sostegno, realizzato in ferro zincato, corrono i cavi di collegamento con i sensori di pressione. Nel tratto dal palo al sensore il cavo deve essere interrato (circa 15-20 cm dal P.C.) e opportunamente protetto per non essere danneggiato. Tutte le connessioni devono avere una protezione almeno di IP 67.

Per garantire un'adeguata stabilità alla struttura il palo deve essere infisso nel terreno per e gettato con cemento, in modo da non dovere utilizzare dei tiranti laterali che potrebbero diminuire lo spazio di manovra sull'argine.

7.12.5.3 Centralina di tipo B

La centralina B e relativo impianto di trasmissione-ricezione che collega via radio tutte quelle di Tipo A, per le caratteristiche della stazione (7.13), è ubicata all'interno dei locali del Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli RER in Piazza Caduti per la Libertà n°9. I locali sono quelli nei quali è già installata la strumentazione per l'acquisizione dei dati idrologici e idraulici. La struttura risulta idonea in quanto già allestita per strumentazione analoga.

7.13 Sistemi di monitoraggio e trasmissione dati

7.13.1 Generalità

Il sistema di acquisizione e trasmissione dati per il monitoraggio del livello piezometrico e della pressione interstiziale all'interno dell'argine prevede che un microcontrollore provveda a leggere il livello dell'acqua nei piezometri e che tale dato venga memorizzato ed inviato al centro di analisi ed archiviazione e quindi confrontato con delle soglie impostate precedentemente. Il sistema di monitoraggio, per la tipologia di opera in oggetto ed il tipo di servizio che deve essere fornito, deve permettere una lettura dei dati dei singoli sensori in tempo reale o comunque con intervalli di tempo di almeno 15 minuti. Lo schema di acquisizione e trasmissione dati è costituito da tante unità di lettura e prima archiviazione dati (centraline di tipo A) quante sono le posizioni di misura lungo l'argine (le posizioni di misura possono prevedere da 1 a 3 sensori) e da una unità di controllo e



trasmissione dei dati (centralina di tipo B) che funziona da nodo e collegamento con il centro di analisi e archiviazione dati.

Il metodo scelto per la comunicazione delle informazioni prevede che il primo segmento (centraline di tipo A - centralina di tipo B) utilizzi un sistema radio, mentre il secondo segmento (centraline di tipo B - centro di analisi e archiviazione dati) sfrutti una linea dati tipo ADSL. Il sistema radio dedicato viene preferito ad un sistema di comunicazione tramite GSM (telefonia mobile) per motivi di costi di gestione per linee che devono essere in attività 24 ore su 24. Per quello che riguarda il secondo segmento invece si predilige una comunicazione dati ADSL per un'adeguata gestione e stabilità del flusso delle informazioni verso il centro di analisi e archiviazione dati. Viene scarta completamente la possibilità di collegamenti via cavo tra le centraline di tipo A e centralina di tipo B per il costo relativo alla distanza da coprire e per non danneggiare in alcun modo la struttura dell'argine con lo scavo delle trincee per l'interramento dei cavi.

7.14 Schema della struttura del sistema

7.14.1 Centraline di tipo A

Le centraline di tipo A sono posizionate in corrispondenza delle posizioni di misura e hanno la funzione di leggere e effettuare una prima archiviazione del dato "grezzo" letto dal sensore. L'unità, dotata di un microcomputer e di una memoria permanente, deve essere alimentata con un sistema fotovoltaico munito di batteria tampone. Questo sistema di alimentazione consente un funzionamento dell'unità sia durante le ore del giorno e della notte; inoltre l'utilizzo del fotovoltaico evita la posa di cavi per l'alimentazione ed i relativi scavi per la posa facilitando così l'installazione in luoghi lontani dai punti di distribuzione di corrente elettrica.

Ogni centralina di tipo A è dotata anche di un sistema radio-modem che le consente di comunicare con la centralina di tipo B: Il tipo di comunicazione è bidirezionale in modo che le singole centraline possano essere controllate e programmate da remoto in modo che la loro manutenzione possa essere effettuata direttamente dal centro operativo (Centro Analisi e Archiviazione dati). Il sistema radio è dotato di un'antenna di trasmissione ricezione che viene montata nella parte sommitale del palo di sostegno.

7.14.2 Centraline di tipo B

La centralina di tipo B costituisce il nodo di raccolta e trasmissione dati tra le Centraline di tipo A e il Centro Analisi e Archiviazione dati. La centralina di tipo B è costituita da un PC che gestisce le comunicazioni radio e crea i database dei pacchetti dei dati relativi alle misure sincrone. Questa unità intermedia di collegamento viene posta all'interno di una struttura di proprietà del Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli RER. La Centralina di tipo B, per garantire un perfetto funzionamento del sistema, viene alimentata con corrente elettrica da rete e collegata alla rete dati (Internet) tramite una connessione ADSL. Un'antenna fissata esternamente alla struttura muraria, consente il collegamento radio multicanale con tutte le Centraline di tipo A, mentre la connessione tramite ADSL quella



con il Centro Analisi e Archiviazione dati. Le connessioni saranno attive 24 ore su 24 ad esclusione di alcuni intervalli durante i quali verrà effettuata manutenzione ordinaria.

Le caratteristiche e le regole per l'inserimento del PC nella rete della Provincia di Ravenna dovranno essere decise in accordo con il responsabile (o un suo incaricato) del Servizio Reti, Risorse e Sistemi della Provincia di Ravenna.

7.15 Centro Analisi e Archiviazione dati

7.15.1 Generalità

Il Centro Analisi e Archiviazione dati costituisce la parte finale del sistema di monitoraggio: questa unità è costituita da n° 2 PC che si occupano dell'acquisizione, dell'analisi, della pubblicazione dei dati e della generazione degli allarmi e dell'archiviazione sia di tutti i dati sia grezzi che elaborati. Questa parte del sistema viene ubicata all'interno dei locali della Protezione Civile RER.

Caratteristiche Computer

I computer installati costituiscono unità di: ricezione, analisi, pubblicazione dati e generazione degli allarmi. L'architettura e le caratteristiche tecniche sono quelle di un server in grado di lavorare 24 ore su 24 senza interruzioni e quindi dotata di idonei sistemi di controllo e mantenimento della temperatura oltre che di ripristino del sistema operativo. Le caratteristiche generali dell'hardware prevedono, considerata la funzione di server per entrambi i computer, un sistema RAID per garantire:

Performance e Sicurezza generando (in maniera trasparente) una informazione ridondata (più copie, controlli di parità etc etc).

Le caratteristiche del software, che sarà creato per la gestione e l'analisi dei dati, determineranno la configurazione hardware appropriata e quindi il tipo di processore la ram ecc., la tipologia delle periferiche quali tastiera, mouse, monitor e lettori/masterizzatori di unità disco ottiche nonché il tipo di sistema operativo da utilizzare (es. Windows, Linux ecc).

7.15.2 Principali funzioni dei software del sistema di monitoraggio

Centralina di tipo A:

- acquisizione dati dai sensori, prima archiviazione su memoria interna tampone;

Centralina di tipo B:

- scarico dati dalle centraline di tipo A tramite ponte radio multicanale e composizione del database dei pacchetti dei dati relativi alle misure sincrone;

Computer:

- scarico dei database dei pacchetti dei dati relativi alle misure sincrone e composizione del database totale;
- analisi dei dati e controllo dell'eventuale superamento delle soglie d'allarme impostate;



- plottaggio e pubblicazione dei dati;
- archiviazione database dati "grezzi" e dati analizzati.

7.15.3 Manuale dell'utente dei software e trattazione teorica

Al termine dell'installazione dell'intero sistema sarà prodotto un manuale dell'utente per i software e organizzato un corso teorico e pratico sul funzionamento dei software ed il loro utilizzo compresa la trattazione teorica dei modelli utilizzati.

7.16 Manutenzione

7.16.1 Manutenzione centraline

7.16.1.1 Prima parte del segmento (centraline di tipo A - centralina di tipo B)

L'appaltatore dovrà provvedere ad attivare un sistema di servizio di manutenzione ordinaria accurato ed efficiente, oltre che al servizio di pronto intervento e di sostituzione materiali direttamente con il fornitore dell'hardware, indispensabile per il buon funzionamento del sistema.

La manutenzione dei luoghi di installazione delle apparecchiature in sito dovrà svolgersi nel rispetto delle normative di demanio idrico, tenendo conto dei vincoli ambientali e delle indicazioni fornite dal Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli, sede di Ravenna, della Regione Emilia-Romagna che dovrà essere costantemente informato sulle attività che saranno svolte nel proprio ambito di competenza.

Per procedere alle operazioni di sfalcio delle arginature fluviali nei luoghi delle installazioni dovrà essere contattato anche l'Ente Regionale Parco del Delta del Po.

7.16.1.2 Seconda parte del segmento (centro di analisi e archiviazione dati)

Per un corretto funzionamento del Server di back up e della Workstation la Appaltatore dovrà attivare la manutenzione triennale on site direttamente con il fornitore dell'hardware.

7.16.2 Manutenzione della rete di monitoraggio ed il periodo di assistenza e garanzia (Prima parte e seconda parte)

Per garantire un buon funzionamento della strumentazione, deve essere predisposta una manutenzione ordinaria sia per la parte hardware che per la parte software che preveda una serie di controlli sia da remoto che diretta che si occupi di controllare i sensori, la parte elettronica e anche lo stato delle strutture. La manutenzione ordinaria deve avere una cadenza bimestrale.



L'appaltatore dovrà predisporre un servizio di pronto intervento e di sostituzione ed eventualmente di riparazione di materiali, hardware e software, indispensabile per il buon funzionamento del sistema.

I due controlli annuali, a cadenza bimestrale, uno dei quali dovrà essere eseguito tra settembre e ottobre, cioè prima dell'inizio del periodo dove è possibile che si verifichino piene importanti, dovranno avvenire secondo il seguente schema:

- verifica in remoto, dalla sede della appaltatore che si occupa della manutenzione, del funzionamento del sistema;
- sopralluogo in sito e controllo visivo del sistema;
- riparazione di eventuali danni;
- nuova verifica in remoto del corretto funzionamento del sistema.

Almeno una volta all'anno dovrà essere eseguite le seguenti verifiche a campione, almeno 2 punti, delle centraline e dei piezometri con il seguente schema:

- verifica della centralina e dei piezometri con misure elettriche;
- controllo della taratura del piezometro in sito o in laboratorio con apposita strumentazione in base alle specifiche tecniche del piezometro installato;
- a conclusione di ogni intervento di manutenzione dovrà essere consegnato un rapporto di corretto funzionamento di tutto il sistema alle amministrazioni interessate: Provincia di Ravenna e Protezione Civile Regionale. I rapporto dovrà contenere anche gli eventuali interventi di riparazione eseguiti sul sistema di monitoraggio ed i piezometri e le centraline sottoposte a controllo di taratura.

7.16.3 Pronto intervento

Dovrà essere disponibile un Kit di pronto intervento, scorte pari al 10% dei pezzi installati, per intervento di ripristino del sistema rapida, entro 24 ore dalla chiamata.

7.16.4 Piano di manutenzione

L'appaltatore, inoltre, dovrà fornire i seguenti documenti, in base alle caratteristiche tecniche della strumentazione e dei materiali proposti nell'offerta di gara, oltreché migliorativi delle prestazioni richieste dal sistema di monitoraggio:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione specifico che intende seguire, oltre a quanto sopra esposto al punto 5.16.2;

Il manuale d'uso si dovrà riferire alle parti più importanti del sistema di monitoraggio, ed in particolare degli impianti tecnologici: pannelli solari, sistema di alimentazione, sensori piezometrici, centraline, sistemi di comunicazione, hardware e software, installati in sito e presso le postazioni remote.

Il manuale dovrà contenere l'insieme delle informazioni atte a permettere ai fruitori della rete di conoscere le modalità di uso del sistema di monitoraggio, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non



richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

Il manuale di manutenzione si dovrà riferire alla manutenzione delle parti più importanti del sistema di monitoraggio che ne permetta la fruizione ottimale ed in particolare degli impianti tecnologici: pannelli solari, sistema di alimentazione, sensori piezometrici, centraline, sistemi di comunicazione, hardware e software, installati in sito e presso le postazioni remote.

Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo, rimanendo in ogni caso invariato le competenze spettanti riportate nel computo metrico estimativo ed a quanto offerto e sottoscritto dalla appaltatore incaricata;
- d) il livello minimo delle prestazioni;
- e) le anomalie riscontrabili;
- f) le manutenzioni eseguibili direttamente dai fruitori della rete;
- g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

Il programma specifico di manutenzione, oltre a quanto sopra esposto al punto 5.16.2, dovrà meglio specificare il sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si dovrà articolare secondo tre sottoprogrammi:

- a) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- b) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- c) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

7.17 Assicurazioni



Fino alla verifica di conformità dell'intero sistema di monitoraggio ed alla data di presa in consegna l'appaltatore avrà la responsabilità di tutta la strumentazione installata e risolvere in prima persona eventuali danneggiamenti, furti o vandalismi. Successivamente sarà la Provincia di Ravenna a dovere stipulare un contratto di assicurazione sull'intero sistema in modo da cautelarsi da eventuali danni accidentali, furti o vandalismi.