

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
PRESCRIZIONI TECNICHE

**INDAGINI GEOLOGICHE, GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE, GEOFISICHE,
AMBIENTALI, ARCHEOLOGICHE**

COMMITTENTE
XXXX

SOMMARIO

1.Luogo di esecuzione	3
2.Oggetto dell'appalto	3
3.Documentazione di riferimento.....	3
4.Quadro normativo di riferimento.....	3
5.CONFORMITÀ URBANISTICA TERRITORIALE, AMBIENTALE E PAESISTICA.....	3
6.MODALITA' DI ESECUZIONE DEL SERVIZIO	Errore. Il segnalibro non è definito.
7.SPECIFICHE TECNICHE DEL SERVIZIO	6
7.1. SONDAGGI AMBIENTALI E CAMPIONAMENTO TERRENI	8
7.2. PIEZOMETRI E POZZI DI MONITORAGGIO	13
7.3 – PROVE DI PERMEABILITÀ	16
Slug test	16
Prova di emungimento a gradini di portata	16
Prova di emungimento di lunga durata a portata costante	16
Prova di permeabilità Lefranc.....	16
Prove di permeabilità in pozzetto.....	18
Prova di permeabilità tipo Lugeon	19
7.4 – ARCHEOLOGIA PREVENTIVA	20
7.5 – INDAGINI GEOFISICHE.....	20
Prove sismiche attive "MASW"	20
Prospezioni sismiche a rifrazione ad onde di compressione e onde di taglio	21
Prospezione sismica a riflessione ad onde di taglio	22
Indagini geoelettriche - tomografia elettrica 2D/3D (ert)	23
7.6 – DIREZIONE DEI LAVORI E DEL CANTIERE	25
7.7 ATTIVITÀ ACCESSORIE - SFALCIO VEGETAZIONE INFESTANTE	27

1. LUOGO DI ESECUZIONE

Le attività previste nel presente Capitolato possono essere attuate esclusivamente all'interno dell'area del comune di XXXX, sia in aree di proprietà di XXXX, sia in aree di proprietà di terzi, previo il nulla osta da parte dei soggetti che hanno disponibilità dell'area o degli organi di polizia di competenza.

2. OGGETTO DELL'APPALTO

Le Prestazioni contrattuali oggetto del presente Capitolato riguardano indagini geologiche, geognostiche, geotecniche, geofisiche, ambientali, archeologiche, e rientrano tra quelle di cui ai seguenti CPV principali.

Categoria Servizi:

CPV 71351914-3: Servizi Archeologici

CPV 71351000-3 Servizi di prospezione geologica, geofisica e altri servizi di prospezione scientifica

CPV 71351910-5: Servizi geologici

CPV 71352000-0 Servizi di prospezione sotterranea

Categoria Lavori:

CPV 45120000-4 Trivellazioni e perforazioni di sondaggio (OS20b)

L'affidamento comprende e compensa l'eventuale partecipazione a riunioni e incontri, anche in sito, con i referenti dell'Amministrazione.

3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

L'Appaltatore, oltre ad attenersi al rispetto di quanto indicato nel presente Capitolato Speciale d'Appalto ("CSA"), parte prima e parte seconda, dovrà rispettare tutte le prescrizioni o indicazioni riportate nella documentazione tecnico-amministrativa disponibile negli archivi della Stazione Appaltante, che si dà per nota, relativa ai siti dove espletterà le suddette prestazioni contrattuali.

4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

D.M. II.TT. 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;

D. Lgs. 03 aprile 2006 n. 152 e s.m.i. - Norme in materia ambientale e successive modificazioni - Parte Quarta Titolo V;

D. Lgs. 81/2008 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;

D. Lgs. 36/2023 - Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici;

Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Associazione Geotecnica Italiana, giugno 1977.

5. CONFORMITÀ URBANISTICA TERRITORIALE, AMBIENTALE E PAESISTICA

Per quanto riguarda gli interventi di indagine esplorativa del sottosuolo, per la loro intrinseca natura particolare, non comportano trasformazioni permanenti del territorio e non sono in contrasto con le norme urbanistiche.

Il D.P.R. 380/2001 e s.m.i. "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" all'Art. 6 "Attività edilizia libera" sostituito dall'art. 5 della legge n. 73 del 2010 recita "Fatte salve le prescrizioni degli strumenti urbanistici comunali, e comunque nel rispetto delle altre normative di settore aventi incidenza sulla disciplina dell'attività edilizia e, in particolare, delle norme antisismiche, di sicurezza, antincendio, igienico-sanitarie, di quelle relative all'efficienza energetica nonché delle disposizioni contenute nel codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, i seguenti interventi sono eseguiti senza alcun titolo abilitativo; segue l'elenco dei previsti interventi di attività libera, tra cui, al comma c), è indicato il seguente: le opere temporanee per attività di ricerca nel sottosuolo che abbiano carattere geognostico, ad esclusione di attività di ricerca di idrocarburi, e che siano eseguite in aree esterne al centro edificato.

Inoltre, ai sensi del DPR n. 31 del 13 febbraio 2017 all. A.18, gli interventi di installazione di strutture di supporto al monitoraggio ambientale o a prospezioni geognostiche, con esclusione di quelle destinate ad attività di ricerca di idrocarburi, sono esclusi dall'Autorizzazione Paesaggistica.

Gli interventi non risultano perciò in contrasto con gli strumenti urbanistici vigenti e adottati, ma, se dovessero contenere specifiche prescrizioni, l'esecuzione delle indagini si uniformerebbe al dettato di tali norme.

Prima dell'esecuzione della campagna di indagini su suolo pubblico, di proprietà di XXXX, dovrà essere acquisito il Nulla Osta archeologico rilasciato dal Ministero della Cultura - Soprintendenza Speciale Archeologia, Belle Arti e Paesaggio.

È onere dell'Appaltatore la predisposizione e l'invio di tutta la documentazione necessaria all'ottenimento del Nulla Osta sopra menzionato, nonché l'attuazione di tutte le prescrizioni inserite nello stesso.

L'esecuzione di ogni singola campagna di indagini avverrà previa acquisizione di apposito provvedimento autorizzativo per l'occupazione temporanea di ciascuna area.

La programmazione delle indagini dovrà prevedere specifiche operazioni preventive finalizzate all'accertamento della presenza di sottoservizi, anche ai fini della sicurezza dell'esecuzione. Prima dell'inizio delle attività oggetto del Contratto Attuativo l'Appaltatore dovrà pertanto assicurarsi, anche con il supporto della Stazione Appaltante, che sul suolo e nel sottosuolo interessati non esistano impedimenti di qualsiasi genere (quali ad esempio presenza di servizi, sottoservizi di acque, energia elettrica, linee telefoniche, fognature, condutture di qualunque genere, ingombranti, ecc.) che possano pregiudicare la corretta esecuzione delle attività o il mancato svolgimento in condizioni di sicurezza o arrecare danni alle persone ed alle cose.

Qualora dalle attività di ricerca risultasse l'impossibilità di esecuzione delle indagini e scavi si potrà procedere ad eventuali variazioni dei punti di ubicazione delle stesse. Tali eventuali variazioni potranno definirsi in corso d'opera operando spostamenti all'interno della maglia di pertinenza di ciascuna indagine; tali variazioni dovranno essere, giustificate, valutate ed approvate dal RUP.

L'onere per l'esecuzione delle citate attività, ivi compresa l'acquisizione di ogni autorizzazione necessaria alla loro esecuzione nonché l'esecuzione di piste per l'accesso ai punti di indagine con gli idonei mezzi, è a totale carico dell'Appaltatore.

6. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE ATTIVITÀ RICHIESTE

L'affidamento in oggetto prevede lo svolgimento delle attività di seguito elencate e dettagliate nei paragrafi successivi:

Le Prestazioni Contrattuali devono essere eseguite integralmente e a perfetta regola d'arte e nel rispetto di tutte le prescrizioni tecniche e di sicurezza in vigore e di quelle che dovessero essere

emanate nel corso di durata del presente Capitolato Speciale d'Appalto, parte prima e parte seconda.

Il posizionamento di tutte le attrezzature necessarie per lo svolgimento delle indagini dovrà essere eseguito in modo da non creare danni o disagi al traffico veicolare e alle attività presenti nell'area circostante, minimizzando la creazione di polveri e rumori/vibrazioni.

L'Appaltatore dovrà organizzare l'area di intervento con mezzi e maestranze qualificate ed in numero adeguato allo svolgimento delle prestazioni contrattuali. Resta espressamente convenuto che gli eventuali maggiori oneri, derivanti dall'osservanza delle suddette norme e prescrizioni, resteranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore, intendendosi in ogni caso remunerati con il corrispettivo contrattuale.

L'Appaltatore non potrà, pertanto, avanzare pretesa di compensi, a tale titolo, nei confronti della Stazione Appaltante. L'Appaltatore si impegna espressamente a manlevare e tenere indenne la Stazione Appaltante da tutte le conseguenze derivanti dalla eventuale inosservanza delle norme e prescrizioni tecniche, di sicurezza e sanitarie vigenti.

L'Appaltatore dovrà nominare le seguenti figure che dovranno vigilare sull'andamento e sulla qualità delle attività in fase di svolgimento

- "responsabile delle indagini" (Geologo o Ingegnere ambientale di comprovata esperienza nell'ambito di realizzazione di indagini); è richiesta l'iscrizione all'albo professionale per il responsabile del report illustrativo sui risultati delle indagini e/o che sovrintende alle attività di prelievo e campionamento.

- "tecnico chimico" esperto in campionamenti ambientali.

Tali figure dovranno essere dichiarate in sede di gara secondo le relative modalità stabilite dal disciplinare.

L'Appaltatore sarà considerato "produttore" di eventuali rifiuti derivanti dall'espletamento delle attività appaltate e, in quanto tale, sarà tenuto ad ottemperare ad ogni obbligo di legge in tema di recupero/smaltimento degli stessi. In qualità di produttore del rifiuto l'appaltatore è tenuto alla classificazione dello stesso anche attraverso analisi chimiche specifiche per l'attribuzione del codice EER ed alla esecuzione di analisi di omologa inclusi i test di cessione per l'accettazione a destino secondo la vigente normativa. Il trasporto a destino dei rifiuti di qualsiasi natura o specie, anche se bagnato, a qualsiasi distanza, comprende il carico, lo scarico, ed il ritorno a vuoto.

In alcuni casi, dovutamente segnalati preventivamente dalla Stazione Appaltante, alcune aree potrebbero essere sottoposte a sequestro giudiziario e pertanto l'accesso potrà essere effettuato a seguito di specifica autorizzazione da parte dell'AA.GG.. È onere della Stazione Appaltante l'invio della richiesta di autorizzazione all'AA.GG. prima dell'accesso alle aree di intervento.

A tal proposito, l'Appaltatore fornirà tempestivamente su richiesta della Stazione Appaltante, copia dei documenti identificativi del personale che potrà essere coinvolto nelle operazioni di campo nonché copia dei libretti di circolazione dei mezzi utilizzati.

Non appena ultimate le Prestazioni Contrattuali definite, l'Appaltatore ne darà immediata comunicazione scritta al Responsabile Unico del Procedimento ("RUP"). Il RUP procederà ai necessari accertamenti indicando la data di completamento servizi, con l'indicazione dei giorni impiegati in più o in meno rispetto al termine indicato nel cronoprogramma, tenuto altresì conto delle eventuali proroghe e/o sospensioni concesse.

Non appena emesso il Certificato di Ultimazione del Contratto Attuativo l'Appaltatore dovrà provvedere all'immediata rimozione delle proprie installazioni ed impianti di cantiere, ed a ripristinare l'area così come consegnata dalla Stazione Appaltante ed a sistemare e pulire le aree interessate dalle opere appaltate.

Qualora l'Appaltatore non ottemperi alle disposizioni suindicate, la Stazione Appaltante provvederà direttamente, allo sgombero delle aree di cantiere, restando inteso che tutti gli oneri

e le spese relative saranno posti ad esclusivo carico dell'appaltatore stesso. I relativi importi saranno trattenuti da quanto dovuto all'appaltatore sul pagamento finale.

Il RUP può richiedere all'Appaltatore, anche prima della fine dei lavori del singolo Contratto attuativo, sgomberi parziali e di installazioni che non siano più necessari al proseguimento dei lavori stessi.

L'appaltatore dovrà comunque assicurare:

a) la pulizia delle aree di lavoro e delle vie di transito e di accesso allo stesso, compreso lo sgombero dei materiali di rifiuto;

b) le spese, i contributi, i diritti, i lavori, le forniture e le prestazioni occorrenti per gli allacciamenti provvisori di acqua, energia elettrica, gas e fognatura, necessari per l'esecuzione dei lavori, nonché le spese per le utenze e i consumi dipendenti dai suddetti servizi;

c) la fornitura e manutenzione dei cartelli di avviso e quanto altro indicato dalle disposizioni vigenti a scopo di sicurezza, concordando preventivamente, qualora necessario, tipologia, numero e posizione della segnaletica con il locale comando di polizia municipale e con il coordinatore della sicurezza;

d) l'adozione, nel compimento di tutti i lavori, dei procedimenti e delle cautele necessarie a garantire l'incolumità degli operai, delle persone addette ai lavori stessi e dei terzi, nonché ad evitare danni ai beni pubblici e privati, osservando le disposizioni contenute nelle vigenti norme in materia di prevenzione infortuni, con ogni più ampia responsabilità in caso di infortuni a carico dell'appaltatore, restandone sollevati la Stazione appaltante, nonché il personale preposto alla direzione e sorveglianza dei lavori;

e) la pulizia, prima dell'uscita dalle aree di lavoro, dei propri mezzi e/o di quelli dei subappaltatori e l'accurato lavaggio delle aree pubbliche in qualsiasi modo lordate durante l'esecuzione dei lavori, compreso la pulizia delle caditoie stradali;

f) l'ottemperanza alle prescrizioni previste dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico e successive modificazioni in materia di esposizioni ai rumori;

g) il completo sgombero delle aree di lavoro entro 15 giorni dall'emissione del Certificato di verifica di conformità finale;

h) la richiesta tempestiva dei permessi, sostenendo i relativi oneri, per la chiusura al transito veicolare e pedonale (con l'esclusione dei residenti) delle strade urbane interessate dalle opere oggetto dell'appalto.

7. SPECIFICHE TECNICHE DEL SERVIZIO

Le attività oggetto del presente Capitolato Speciale prevedono lo svolgimento delle seguenti attività di seguito elencate e dettagliate nei paragrafi successivi:

ATTIVITÀ 1 – Sondaggi ambientali e campionamento terreni

ATTIVITÀ 2 – Piezometri e pozzi di monitoraggio

ATTIVITÀ 3 – Prove di permeabilità

ATTIVITÀ 4 – Archeologia preventiva

ATTIVITÀ 5 – Indagini geofisiche

ATTIVITÀ 6 – Indagini archeologiche

ATTIVITÀ 7 – Direzione dei lavori e del cantiere

Tutte le attività oggetto del servizio dovranno essere realizzate nel rispetto delle norme vigenti sia in materia ambientale e sia in materia di sicurezza dei lavoratori nonché delle eventuali prescrizioni emanate dagli Enti competenti. L'Appaltatore, sotto la propria responsabilità,

s'impegna a far osservare al proprio personale impiegato per l'esecuzione delle Prestazioni Contrattuali di cui al presente Capitolato le prescrizioni di legge vigenti in materia antinfortunistica.

I dipendenti della ditta appaltatrice impegnati nelle attività dovranno essere dotati di apposita tessera di riconoscimento prevista dagli artt. 20, comma 3) e 26 comma 8) del D. Lgs.. 81/2008. I lavoratori sono tenuti a esporre detta tessera di riconoscimento pena l'applicazione delle sanzioni di cui all'articolo 59 dello stesso D. Lgs.. 81/2008.

L'Appaltatore si impegna a dare esecuzione ai Servizi richiesti salvaguardando le esigenze della Stazione Appaltante e di terzi autorizzati senza alcun onere aggiuntivo e a procedere, se necessario, al ripristino delle aree.

La Stazione Appaltante non assume alcun obbligo inerente alla custodia degli strumenti dell'Appaltatore allocati presso le eventuali aree cantiere.

Il personale dell'Appaltatore, preposto alla esecuzione dei Servizi, da svolgersi nei luoghi nella disponibilità della Stazione Appaltante, potrà accedervi, nel rispetto di tutte le relative prescrizioni d'accesso e di sicurezza, previa autorizzazione della Stazione Appaltante stessa. Alla scadenza del Contratto o al diverso termine in cui lo stesso cesserà di avere efficacia tra le parti, l'Appaltatore dovrà riconsegnare liberi da persone e cose i luoghi alla Stazione Appaltante.

Saranno altresì compresi, senza ulteriori oneri per la Stazione Appaltante, i miglioramenti e le previsioni migliorative e aggiuntive contenute nell'offerta tecnica presentata dall'Appaltatore e recepite dalla Stazione Appaltante.

Le prestazioni in oggetto devono essere in ogni caso effettuate secondo le regole dell'arte e l'Appaltatore deve conformarsi alla massima diligenza nell'adempimento dei propri obblighi; trova sempre applicazione l'articolo 1374 del Codice Civile.

Nell'espletamento dell'incarico l'Appaltatore dovrà impegnarsi a:

- utilizzare esclusivamente strumenti di misura tarati per l'esecuzione delle attività di propria competenza;
- accettare integralmente l'attività di controllo da parte degli Uffici del Dipartimento Ciclo dei Rifiuti, mettendo a disposizione tutti i mezzi occorrenti per operazioni di controllo e verifica dell'andamento dei lavori;
- utilizzare macchinari o attrezzature dotate di Marcatura CE secondo le vigenti normative comunitarie (es. Direttive Macchine 2006/42/CE recepita dal D. Lgs.. 17/2010 e s.m.i.) esibendo a richiesta del personale della D.L. copia delle rispettive certificazioni di conformità;
- provvedere a redigere un Piano Operativo di Sicurezza (POS) sito specifico: CCIAA con dicitura antimafia, DUVRI, DURC, Dichiarazione di cui all'art. 14 del D. Lgs.. 81/08.

L'Appaltatore, in caso di possibili interferenze tra imprese in campo, dovrà nominare un Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione delle indagini che si assumerà tutti gli obblighi di cui all'art. 92 del D. Lgs. n. 81/2008, e successive modifiche ed integrazioni.

L'Appaltatore dovrà pertanto approntare tutte le misure (igieniche, di protezione collettiva ed individuale, di emergenza ecc.) necessarie a svolgere in completa sicurezza le varie tipologie di attività, sia per il proprio personale incaricato sia per il personale esterno che, con funzione di supervisione, potrà essere presente durante l'esecuzione del servizio.

I lavori devono intendersi "compiuti", completi di tutto quanto necessario a dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte, anche se non direttamente evidenziato nel presente Capitolato.

Tutti i dati determinati nel corso delle indagini saranno restituiti su supporto cartaceo e su idoneo supporto magnetico; gli elaborati (tabelle e rappresentazioni cartografiche) saranno forniti, se richiesto, anche in formato editabile (es.: file xls, dbf, shp, dwg).

7.1. SONDAGGI AMBIENTALI E CAMPIONAMENTO TERRENI

I sondaggi dovranno essere eseguiti con macchina perforatrice automontata mediante perforazione a carotaggio continuo a secco. Le modalità esecutive del sondaggio saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati consentendo il prelievo continuo di materiale rappresentativo. 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.

Al fine di evitare l'immissione di contaminanti di superficie in profondità, si dovranno sostenere le pareti del foro con tubazione di rivestimento provvisorie.

È necessario segnalare e registrare ogni eventuale venuta d'acqua del foro, specificando la profondità, quantificando l'entità del flusso ed eseguire misure del livello piezometrico in corrispondenza delle più significative variazioni di ciascun orizzonte stratigrafico attraversato al fine di rilevare eventuali variazioni dei livelli idrici. Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne; registrare il livello piezometrico anche il giorno successivo alla ripresa delle operazioni di perforazione.

Al termine della perforazione i fori di sondaggio dovranno essere riempiti con malta idraulica o cementizia, ripristinando anche l'eventuale pavimentazione con conglomerato bituminoso a freddo; l'onere sarà a completo carico dell'Appaltatore. L'inserimento della miscela sarà eseguito da fondo foro, in risalita, con una batteria di tubi apposita o manichetta flessibile.

Nell'installazione dell'attrezzatura, i punti di perforazione sono scelti in accordo con la D.L., compatibilmente con gli scopi delle indagini e la situazione ambientale tale da non portare pregiudizio per l'incolumità delle persone e delle attrezzature. L'ubicazione in cantiere delle singole verticali dovrà essere sempre controllabile dalla Direzione Lavori tramite picchetti contraddistinti con la sigla della verticale per tutta la durata del cantiere.

Al termine delle attività di perforazione, l'Appaltatore dovrà provvedere al rilevamento plano-altimetrico georeferenziato dei punti corrispondenti al baricentro di ogni foro di sondaggio e piezometro realizzato. La determinazione dovrà essere eseguita mediante riferimento ad almeno due o più capisaldi, quali punti trigonometrici o punti fiduciali; in mancanza di essi potranno essere utilizzati riferimenti noti, perpetui ed inamovibili. Tutti gli elementi rilevati dovranno essere riportati in coordinate, con sistema di riferimento Gauss-Boaga, su supporto cartografico fornito dall'amministrazione e restituiti in formato dwg e shp.

Nella voce di prezzo relativa all'installazione delle attrezzature sono compresi gli oneri per il trasporto, lo spostamento e l'installazione su tutti i punti di perforazione ed eventuali riperforazioni per successivi ritorni sullo stesso foro, l'eventuale scavo per la formazione di vasche per il recupero dei fanghi, l'approntamento di quanto necessario per l'idoneo approvvigionamento idrico ed il relativo scarico, il corretto piazzamento sulla verticale del punto di perforazione delle sonde ed il rilevamento della quota del punto di perforazione stesso.

Sarà obbligo dell'Impresa la realizzazione di uno scavo a mano per il primo metro di profondità (salvo diverse indicazioni della D.L.), per la verifica della non interferenza delle indagini con la rete dei sottoservizi, in ogni punto in cui si dovranno eseguire le indagini in oggetto, anche se disponibile una cartografia con i sottoservizi.

Le pareti del foro saranno sostenute, a seconda delle esigenze, da normali fluidi di circolazione e rivestimenti provvisori e le perforazioni saranno eseguite mediante l'uso di carotieri doppi provvisti di corone Widia. La Direzione Lavori potrà rifiutare l'uso di carotieri non idonei e l'uso dei carotieri semplici dovrà essere espressamente autorizzato dalla D.L. stessa. Nei terreni coesivi la scarpa del carotiere dovrà essere di tipo avanzato. La posizione della scarpa ed il rateo di avanzamento dovranno essere scelti in modo da non portare disturbo ai materiali campionati.

Il diametro interno del carotaggio non dovrà essere inferiore a 95 mm e nel caso occorra rivestire le pareti del foro, il lavoro di alesatura e immissione del rivestimento sarà a completo carico dell'Impresa, mantenendo costante il diametro del carotaggio stesso.

L'uso di corone al diamante, quando necessarie, sarà compensato secondo la relativa voce d'elenco.

Le carote prelevate durante il corso della perforazione verranno conservate in apposite cassette catalogatrici, sulle quali verranno riportati il numero del sondaggio e le profondità del prelievo, l'ubicazione del cantiere, la data di esecuzione, il nome della Ditta e della stazione appaltante.

Nel corso del sondaggio sarà rilevata la stratigrafia del terreno attraversato; in essa dovranno comparire tutti gli elementi relativi ai campionamenti rimaneggiati e indisturbati ed una descrizione visiva dei singoli strati attraversati.

Nel corso del sondaggio, all'inizio ed alla fine di ogni turno di lavoro, verrà misurato il livello d'acqua nell'interno del foro avendo cura che il foro sia libero da eventuali materiali che impediscano alla falda di raggiungere, durante la notte, il livello statico.

I sondaggi saranno valutati a metro lineare di foro eseguito nel tipo di terreno o roccia descritto nella corrispondente voce di prezzo e sovrapprezzo.

Per ciascun foro dovrà essere raccolta la seguente documentazione: informazioni generali, coordinate geografiche, quota assoluta del punto d'indagine, nominativo del compilatore, attrezzatura impiegata, diametro di perforazione, diametro dell'eventuale rivestimento, dati relativi alle prove o all'installazione.

Rilievo stratigrafico

Il geologo responsabile, Direttore tecnico del cantiere, compilerà una scheda stratigrafica del sondaggio che dovrà riportare quanto segue.

- Dati generali e tecnici (committente, impresa esecutrice, località di cantiere, ecc.)
- Data inizio e fine esecuzione;
- Metodo di perforazione
- Numero progressivo del sondaggio
- Diametro di perforazione
- Diametro del rivestimento
- Profondità del rivestimento
- Fluido di circolazione
- Quota testa foro e quota del p.c. rispetto al livello del mare
- Coordinate G.P.S.
- Nominativo del compilatore
- Spessore degli strati attraversati;
- Rappresentazione simbolica delle litologie (norme AGI 1977)
- Descrizione geolitologica dei terreni nei seguenti aspetti fisici con il seguente ordine:
 - Profondità di ciascuna manifestazione acquifera incontrata da semplici perdite a livelli freatici con indicazione delle quote massima e minima rilevata nel sondaggio fino a stabilizzazione;
 - Eventuale presenza di cavità;
 - Profondità e lunghezza dei campioni indisturbati, profondità di prelievo dei campioni disturbati;
 - Eventuali perdite di acqua di circolazione o di fanghi;
 - Metodi di stabilizzazione del foro se adottati.

La descrizione stratigrafica sarà compilata in modo tale da specificare per ciascuno strato: tipo di terreno, condizioni di umidità naturale, consistenza, colore, struttura, particolarità, litologia d'origine. La descrizione sarà conforme alle raccomandazioni AGI (1977).

La scheda stratigrafica comprenderà, inoltre, le osservazioni in merito al livello stabilizzato dell'acqua nel foro compatibilmente con le modalità esecutive del sondaggio e con la strumentazione installata, annotando: livello d'acqua nel foro rispetto al p.c., quota del fondo foro, quota della scarpa di rivestimento, data e ora della misura. Tali annotazioni devono comparire anche nella documentazione definitiva del lavoro.

Prelievo di campioni

Le attività di campionamento dei terreni, ai sensi di quanto riportato nell'Allegato 2 al Titolo V della Parte Quarta del D. Lgs. 152/06, devono rispettare alcune condizioni di base per potere ottenere campioni che rappresentino correttamente la situazione esistente nel sito. In particolare:

- la composizione chimica del materiale prelevato non deve essere alterata a causa di surriscaldamento, di dilavamento o di contaminazione da parte di sostanze e/o attrezzature durante il campionamento;
- la profondità del prelievo nel suolo deve essere determinata con la massima accuratezza possibile;
- l'estrusione della carota dovrà avvenire possibilmente senza utilizzo di fluidi;
- i terreni prelevati dalla carota alloggiata nella cassetta catalogatrice saranno appoggiati sopra un telo di polietilene che verrà rinnovato ad ogni prelievo;
- i campioni saranno preparati facendo uso di opportuna paletta di acciaio inox; la paletta di acciaio, dopo la preparazione delle aliquote previste per ogni singolo campione, sarà lavata e infine asciugata con carta.

Per ogni posizione di prelievo è necessario eseguire preventivamente un rilievo stratigrafico di massima, allo scopo di evidenziare le variazioni dei materiali attraversati della sezione da campionare, non trascurando quelli con evidenze organolettiche anomale.

Il campione di terreno dovrà essere prelevato dalla carota estratta dopo le osservazioni standard (classificazione litologica, colore, consistenza ecc.) e aver effettuato l'adeguata documentazione fotografica.

Nella formazione dei campioni da inviare alle analisi di laboratorio occorre tenere presente alcuni accorgimenti, in particolare:

- identificare e scartare materiali estranei che possono alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- omogeneizzare il campione per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti;
- al fine di ottenere un campione omogeneo e rappresentativo la frazione granulometrica superiore ai 2 cm sarà scartata in campo;
- suddividere il campione in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura riportati nella normativa (IRSA-CNR, Quaderno 64 del gennaio 1985);
- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico-fisiche;

La quantità di ciascun campione finale (caratterizzazione ambientale) non dovrà essere inferiore a 2,5 kg, e comunque sufficiente al prelievo delle aliquote previste.

Il responsabile delle operazioni di campionamento deve anche descrivere eventuali evidenze visive e olfattive di inquinamento e particolarità stratigrafiche e litologiche rilevabili dalla carota.

Le cassette catalogatrici utilizzate per la raccolta delle carote andranno fotografate, con una scala di riferimento e un numero di catalogazione con data e numero del sondaggio.

Ciascun campione dovrà essere confezionato prelevando dalla carota minimo 6 incrementi (porzioni di carota) al fine di ottenere un campione medio composito rappresentativo dell'orizzonte individuato che per quartatura darà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica. Ogni singolo incremento che andrà a comporre il campione dovrà essere uguale agli altri in termini di volume e peso. In particolare, si procederà unendo tutti gli incrementi che comporranno il campione (preventivamente omogeneizzati), successivamente, con l'aiuto di una paletta di acciaio inossidabile, o con palette usa e getta, si omogeneizzerà il campione manualmente. Si opererà tramite quartatura, fino a completa omogeneizzazione del campione.

Dopo la formazione del campione lo stesso va immediatamente trasferito all'interno di frigo box termici mantenuto a 4°C con panetti refrigeranti congelati, fino al definitivo recapito (entro 24 ore) presso il laboratorio di analisi.

L'elenco dei campioni inviati al laboratorio e delle analisi chimiche previste verrà riportato su apposita scheda, che accompagnerà i campioni nella spedizione.

Particolare attenzione e cura andrà posta nelle operazioni di decontaminazione delle attrezzature utilizzate per il prelievo dei terreni e delle acque sotterranee, in caso sia presente una contaminazione:

- gli strumenti e le attrezzature impiegati nelle diverse operazioni devono essere costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichi le caratteristiche delle matrici ambientali e del materiale di riporto e l'eventuale concentrazione delle sostanze contaminanti;
- le operazioni di prelievo dei campioni devono essere compiute evitando la migrazione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata;
- controllare l'assenza di perdite di oli lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento; nel caso di perdite verificare che queste non producano contaminazione del terreno prelevato; riportare comunque le informazioni nel verbale di giornata;
- alla fine di ogni perforazione bisogna decontaminare tutti gli attrezzi e gli utensili che operano in superficie, mentre gli attrezzi e gli utensili che operano in profondità nel perforo devono essere decontaminati ad ogni "battuta" in modo da evitare fenomeni di contaminazione incrociata o perdita di rappresentatività del campione;
- prima di operare il prelievo garantire la pulizia di strumenti, attrezzi e utensili di perforazione rimuovendo completamente, sia internamente che esternamente, i materiali potenzialmente inquinanti che potrebbero aderire alle pareti degli strumenti; tali operazioni dovranno essere compiute mediante l'uso di idropulitrice con acqua in pressione e getti di vapore acqueo;
- in tutte le operazioni di decontaminazione sarà utilizzata acqua non contaminata di origine certa (es. acquedotto pubblico);
- nel maneggiare le attrezzature dovranno essere utilizzati guanti puliti per prevenire il diretto contatto con il materiale estratto (usare guanti monouso);
- per garantire che dopo le operazioni di decontaminazione l'acqua e l'umidità presenti sulle pareti esterne ed interne delle apparecchiature evaporino naturalmente, ricorrere all'uso alternato di due carotieri; nel caso in cui le condizioni climatiche non garantiscano l'evaporazione, procedere all'asciugatura con carta da filtro esente da contaminazione;
- in caso di pioggia durante le operazioni di estrazione è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche; le operazioni di prelievo possono essere eseguite solo nel caso si garantisca una adeguata protezione delle attrezzature e delle aree su cui sono disposti i campioni;
- per la decontaminazione delle attrezzature deve essere predisposta un'area delimitata e impermeabilizzata, posta ad una distanza dall'area di campionamento sufficiente ad evitare la migrazione dell'inquinamento delle matrici campionate;

- tutte le acque derivanti dall'attività di decontaminazione dell'attrezzatura saranno stoccate in appositi contenitori (bulk), caratterizzate e successivamente smaltite ai sensi del D. Lgs.. 152/06.

In via orientativa si prevede l'impiego di campionatori tipo Denison o Mazier per terreni di elevata consistenza, di campionatori a pareti sottili (Shelby) per terreni a media consistenza, di campionatori a pistone tipo Osterberg per terreni a debole consistenza, o altri particolari campionatori. I contenitori o le fustelle potranno essere in plastica o di acciaio (inox o plastificato) a seconda del tipo di campionatore usato, e dovranno risultare in ottimo stato di conservazione prima di poter essere usati per il prelievo.

Ogni campionamento deve essere preceduto dalle seguenti operazioni:

- adeguata stabilizzazione del foro mediante rivestimento provvisorio
- controllo della profondità dopo l'introduzione del campionatore
- ulteriore manovra di pulizia con metodi adeguati (da definirsi in ogni caso specifico), qualora si accertasse la presenza di detriti sul fondo foro per un'altezza incompatibile con la lunghezza del campionatore.
- ultimata l'infissione si dovrà estrarre il campione usando gli accorgimenti necessari per staccare il campione dal terreno e per ridurre il disturbo dovuto alla decompressione e al risucchio. Con i campionatori senza pistone o comunque a pistone non bloccabile, la pulizia del fondo foro prima del prelievo deve essere perfetta e cioè non devono essere presenti sul fondo del foro detriti e/o sedimenti che occupino uno spessore maggiore di 2-3 cm. In ogni caso, prima di far scendere a quota un campionatore, va controllata la presenza e lo spessore dei detriti a mezzo di apposita manovra di scandaglio. Si raccomanda l'accuratezza nell'esecuzione delle operazioni nella fase di discesa a quota del campionatore anche nel caso di campionatori del tipo a pistone fisso, tenuto conto che per essi la perfetta pulizia del fondo foro prima del prelievo è meno importante, in quanto il campionatore può essere spinto attraverso i detriti, fino alla quota voluta, prima di iniziare il prelievo.

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

- Cantiere
- Numero del sondaggio
- Numero del campione
- Profondità del prelievo
- Tipo di campionatore impiegato
- Data di prelievo
- Parte alta

I testimoni (campioni di terreno o carote) prelevati nel corso dei sondaggi che non devono essere inviati al laboratorio, saranno custoditi in apposite cassette catalogatrici munite di setti divisorii e coperchio recanti l'indicazione del cantiere, il numero del sondaggio e profondità dal p.c. dei prelievi conservati. la data di esecuzione, il nome della Ditta e della stazione appaltante.

L'uso delle cassette per il tempo di esecuzione delle indagini verrà compensato nella relativa voce di prezzo.

Al termine dell'indagine in sito è onere dell'Impresa redigere un elaborato conclusivo comprendente l'elencazione di tutti i risultati conseguiti nell'esecuzione della campagna con allegati:

- stralcio dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5000 con ubicazione esatta del sito o dei siti di indagine

- planimetrie foto aerea con l'esatta ubicazione dei sondaggi con indicazione della quota del p.c. e coordinate G.P.S.
- stratigrafie sondaggi (scala 1:200);
- fotografie a colori delle cassette catalogatrici contenenti le carote prelevate (le fotografie devono essere zenitali ed è necessario che siano perfettamente leggibili sia le indicazioni di quota scritte sulle cassette stesse e la denominazione del sondaggio)

7.2. PIEZOMETRI E POZZI DI MONITORAGGIO

Il piezometro sarà realizzato mediante l'installazione di piezometri a tubo microfessurato (open-stand-pipe), con posa di una batteria di tubi in PVC rigido, di diametro interno minimo pari a 4", microfessurati e ciechi. I tubi devono essere forniti in spezzoni ciechi o fessurati di lunghezza non superiore a 3 m con giunti filettati ben sigillanti. 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'utilizzo di tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della direzione dei lavori.

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 oppure con fanghi a polimeri degradabili.

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 (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

a) prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;

b) posa di uno strato di spessore 0.5 m di sabbia grossa pulita (diametro = 1 - 4 mm);

c) discesa a quota del piezometro assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e fenestrati prevista dalla direzione dei lavori. Nel caso di piezometri collegati a mezzo di tubi rigidi o semirigidi (PVC), comunque in spezzoni aggiuntabili senza filettatura, le giunzioni devono essere sigillate con teflon, locite, ecc. ed incastrate in modo da garantire la perfetta tenuta. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo. Le fessure avranno apertura ≤ 1 mm e la calza di geotessile avrà luce non superiore a 0.5 mm;

d) posa di sabbia grossa (diametro = 1-4 mm) pulita o materiale granulare pulito (diametro = 2-4 mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto fenestrato, ritirando

man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti;

e) posa del tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate (diametro = 1-2 cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando sui livelli di ghiaietto;

f) riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità mediante miscela plastica identica a quella già menzionata, colata attraverso una batteria di tubi sottili (3/8"-1/2") discesi al fondo del foro o utilizzando apposito tubicino (Rilsan) preassemblato esternamente al tubo in PVC. In alternativa si potrà colmare il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso. L'estremità superiore dei tubi sarà protetta con apposito tappo;

g) 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 dei lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della direzione dei lavori, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;

h) 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).

Documentazione

La documentazione relativa alla posa in opera di un tubo piezometrico deve comprendere lo schema costruttivo del piezometro con:

- 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.

Campionamento

In corrispondenza dei piezometri, allo scopo di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica ed individuare, di conseguenza, la direzione di flusso locale delle acque sotterranee, sarà effettuato il rilievo plano-altimetrico (del p.c. e della testa pozzo) e la misura del livello piezometrico rispetto alla testa pozzo mediante sonda freatica. In questa fase verrà effettuata anche la misura della profondità del piezometro di monitoraggio/pozzo, allo scopo di verificare lo stato di conservazione e la possibilità di introdurre la strumentazione di misura e pompaggio. Tutte le misure dovranno essere effettuate prendendo come riferimento la testa della boccapozzo.

La misura della profondità della superficie freatica permetterà di calcolare lo spessore della colonna d'acqua all'interno di ciascun piezometro di monitoraggio e, conoscendo la profondità dello stesso, il volume di acqua da emungere prima di procedere alle operazioni di campionamento.

Ogni operazione di campionamento dovrà essere preceduta da un adeguato spurgo del piezometro – con monitoraggio dei parametri: temperatura, ph e conducibilità, tramite la

rimozione di una quantità di acqua compresa tra 3 e 6 volte il volume di acqua contenuta nel piezometro.

Effettuato lo spurgo si dovrà prelevare il campione in modalità dinamica, a basso flusso, per ridurre la turbolenza e l'aerazione dell'acqua. Prima della campionatura dovrà essere misurato il livello piezometrico e la quota di fondo foro.

Le acque di spurgo (insieme a quelle di decontaminazione di tutte le attrezzature) dovranno essere stoccate in sito all'interno di fusti a tenuta su supporto impermeabile (telo) e successivamente caratterizzate ed eventualmente smaltite come rifiuto. Ai fini dello smaltimento si provvederà al campionamento di un'aliquota significativa del rifiuto da sottoporre ad analisi chimica per la caratterizzazione, l'attribuzione di idoneo codice CER ai sensi del D. Lgs. 152/06 e all'individuazione di idoneo impianto per lo smaltimento.

I campioni di acque sotterranee, come previsto dall'Allegato 2 al Titolo V, Parte Quarta del D. Lgs. 152/06, saranno prelevati in modalità dinamiche subito dopo l'effettuazione dello spurgo; il campionamento dinamico sarà utilizzato per ottenere un campione composito con acque provenienti da differenti profondità e, quindi, approssimativamente rappresentativo della composizione media dell'acquifero indagato. Il prelievo dovrà avvenire a bassa portata, al fine di ridurre i fenomeni di modificazione chimico-fisica delle acque sotterranee, quali trascinamento dei colloidali presenti nell'acquifero o reazioni di ossidoriduzione.

Qualora si sia in presenza di acquiferi poco produttivi si procederà al campionamento statico mediante campionatore monouso (bailer) in questo caso occorrerà evitare fenomeni di turbolenza e di aerazione sia durante la discesa del campionatore, sia durante il travaso del campione d'acqua nel contenitore specifico. Si procederà ad un campionamento statico con campionatore monouso anche nei pozzi di monitoraggio con eventuale presenza di prodotto surnatante per il prelievo selettivo del prodotto.

Dovrà essere prelevato un campione da ciascun piezometro. Ogni contenitore - bottiglie da 1 litro di vetro scuro o bottiglie in HPDE, preventivamente decontaminate, e se necessario, verranno condizionare in sito secondo i metodi IRSA CNR, sarà contraddistinto da un'etichetta in cui si riporta il nome identificativo del punto di prelievo e la data di campionamento. L'aliquota per la determinazione dei metalli sarà sottoposta a filtrazione (in campo) con filtro da 0,45 µm al fine di rimuovere i solidi in sospensione la stabilizzazione acida a pH=2 con HNO₃ U.P. al fine di impedire la precipitazione dei metalli.

Per le modalità di conservazione dei campioni vale quanto già indicato in precedenza per i campioni di terreno.

Successivamente ad ogni campionamento verrà sostituito il tubo di mandata della pompa al fine di minimizzare fenomeni di contaminazione incrociata da punti di campionamento diversi. Al termine delle operazioni, tutti i materiali impiegati dovranno essere opportunamente decontaminati e/o smaltiti.

Ad ogni campagna di monitoraggio verrà approntata l'apposita scheda di campo ove saranno registrati i seguenti dati di campionamento:

- denominazione del campione (normalmente corrispondente al nome del piezometro/pozzo);
- data ed ora del campionamento;
- quota della testa pozzo;
- profondità della superficie freatica rispetto alla testa pozzo;
- eventuale presenza di prodotto in fase separata e suo spessore apparente;
- profondità del piezometro/pozzo;
- portata di emungimento dello spurgo;

- durata dello spurgo;
- volume indicativo di acqua rimossa durante lo spurgo;
- nome e cognome del Tecnico che ha effettuato il campionamento;
- eventuali altre note utili.

7.3 – PROVE DI PERMEABILITÀ

Slug test

Prova a piezometro singolo, eseguita in regime transitorio per individuare la permeabilità nell'intorno del piezometro realizzato. Deve essere eseguita creando una variazione istantanea del livello freaticometrico (a scelta a carico crescente o decrescente) e misurando le quote freaticometriche fino almeno all'85% della ristabilizzazione del livello di partenza. Le misure possono essere eseguite con freaticometro o con data logger. Tutta la strumentazione deve essere lavata con acqua demineralizzata nel passaggio da un piezometro all'altro.

Prova di emungimento a gradini di portata

La prova ha lo scopo ricostruire la curva caratteristica, l'equazione di pozzo, la portata critica e l'efficienza del pozzo. Preliminarmente all'esecuzione della prova, dovrà essere eseguito un rilievo freaticometrico statico. La prova deve essere eseguita mediante l'uso di una pompa elettrosommersa e deve prevedere almeno 3 gradini di portata, le portate da applicare saranno valutate in funzione dei risultati degli slug test eseguiti e ogni gradino sarà mantenuto fino a stabilizzazione idrodinamica o almeno per due ore. Il controllo dei livelli di falda deve essere eseguito sia sul piezometro in emungimento che sui piezometri di monitoraggio. Tali misurazioni e le relative registrazioni devono essere eseguite mediante datalogger. L'acqua emunta deve essere raccolta in apposite cisterne e smaltita come rifiuto secondo la normativa vigente.

Prova di emungimento di lunga durata a portata costante

L'obiettivo della prova è quello di individuare i parametri idrogeologici dell'acquifero, quali la trasmissività e il coefficiente di immagazzinamento. La portata di emungimento dovrà essere definita in funzione dei risultati ottenuti dalle prove di emungimento a gradini di portata e dello slug test e la durata della prova dovrà essere di almeno 48 ore continuative. Il controllo dei livelli di falda deve essere eseguito e registrato mediante datalogger.

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 ($K_h \cdot K_v$). Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro predeterminato. La prova di permeabilità deve essere eseguita 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 andrà eseguita a carico idraulico variabile; mentre 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.

La preparazione del tratto di terreno sarà effettuata secondo il tipo di schema prescelto del Direttore dei Lavori e con le seguenti modalità.

a) Prova su fondo filtrante piano

- perforazione con carotiere fino alla quota di prova;
- infissione del rivestimento a secco negli ultimi 20-30 cm, per bloccare l'eventuale flusso dell'acqua;
- 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.

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.

Tutto il tratto del foro non interessato dalla prova deve essere rivestito con una tubazione, e particolare cura va posta per evitare risalita dell'acqua all'esterno del tubo di rivestimento, ad esempio mediante la posa in opera di un otturatore (packer) pneumatico atto ad isolare la cavità di prova immediatamente sotto la scarpa del rivestimento.

Le prove possono essere condotte:

A) con carico idraulico costante, mantenendo fisso il livello dell'acqua immessa nel tubo di rivestimento e misurando la portata di regime.

B) a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un temporaneo innalzamento (o anche abbassamento, per prove eseguite al di sotto della falda acquifera) riempiendo il foro d'acqua (o emungendo acqua dalla falda).

Nel caso che il terreno interessato dalla cavità filtrante tenda a franare o a rifluire, è necessario adottare particolari provvedimenti per la creazione della cavità di prova, procedendo ad esempio come segue:

- 1) Rivestire il foro fino al fondo con tubazione provvisoria
- 2) Immettere nel fondo del foro della ghiaia pulita (o comunque materiale granulare a permeabilità decisamente superiore a quella del terreno da provare)
- 3) Sollevare di qualche decimetro la colonna di rivestimento, curando che la base di questa non risalga mai al di sopra dello strato di ghiaia immessa
- 4) Ripetere eventualmente le operazioni sopradescritte fino ad ottenere una sezione filtrante delle dimensioni prefissate.

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 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 contalitri di sensibilità pari a 0.1 litri. La taratura del contalitri 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 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

Prove di permeabilità in pozzetto

Le prove consentono di determinare in modo molto semplice la permeabilità di un terreno superficiale al di sopra del livello della falda idrica. Operativamente si realizza uno scavo, lo si riempie d'acqua e si valuta la portata necessaria per mantenere un livello costante (prove a carico costante) o si valuta l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile).

Il pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare e le dimensioni possono essere scelte basandosi sugli strumenti di scavo disponibili. In linea di principio, comunque, le dimensioni devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno. In particolare, il lato del quadrato (nel caso di pozzetti a base quadrata) o il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 10-15 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa. Se ad esempio la prova viene eseguita in ghiaie con dimensione dei granuli di circa 2 cm, la larghezza del pozzetto non deve essere inferiore a 20-30 cm.

Se il terreno è sabbioso o comunque con componente sabbiosa dominante, la dimensione del pozzetto è sempre superiore a 15 volte la dimensione dei granuli di sabbia e il lato del pozzetto deve essere di almeno 30-40 cm.

La profondità del pozzetto è determinata secondo le raccomandazioni AGI 1977, così come il rapporto fra dimensioni del pozzetto e altezza falda.

Prima di eseguire la prova il terreno deve essere preventivamente saturato mediante immissione d'acqua e si deve stabilire un regime di flusso permanente. Per ottenere questo risultato è possibile immettere acqua nello scavo per almeno 24 ore prima dell'inizio dell'esecuzione della prova.

Se necessario, per ridurre gli errori di misura dovuti al possibile franamento delle pareti dello scavo nel corso della prova, occorre costruire preventivamente un rivestimento delle pareti realizzato con un grigliato metallico ricoperto da tessuto non tessuto.

Prova di permeabilità tipo Lugeon

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguirà iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni lapidei o litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni. Il tratto di foro isolato viene realizzato mediante tubo adduttore munito di otturatore ad espansione singolo o doppio.

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura elencata di seguito:

- otturatore singolo, per prove in avanzamento, ad espansione idraulica o meccanica; - otturatore doppio, per prove in risalita, a membrana espandibile idraulicamente o ad azoto. Il tubo di collegamento dei due pistoncini espandibili avrà una superficie forata $A_f \geq 2 A_t$, essendo A_t la superficie della sezione cava del tubo;
- pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione di 1 MPa;
- contaltri per la misura delle portate immesse, inserito nel circuito di mandata, con sensibilità di 0,1 litri;
- manometro per la misura della pressione di iniezione, con sensibilità di 0,5 atm e certificato di taratura non anteriore a 3 mesi;
- tubi di adduzione di tipo idraulico;
- eventuale circuito indipendente di misura delle pressioni, collegato alla camera isolata per la prova, con manometro tarato.

Il contaltri dovrà essere tarato in situ prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 litri. Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in situ con il metodo di un tubo campione, posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro. Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come

$$P_c = P/l$$

dove:

P_c = perdita di carico per metro lineare (MPa/m)

P = pressione al manometro (MPa)

l = lunghezza del tubo (m)

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q ottenendo una curva $P_c=f(Q)$.

La prova dovrà essere eseguita con le modalità indicate nelle Raccomandazioni AGI 1977.

La documentazione relativa a ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali con individuazione del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova;
- schema della geometria del foro, delle modalità di prova e posizione della cella filtrante;
- livello statico della falda;

- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico della pressione effettiva in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in *Unità Lugeon UL* (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa);
- copia del certificato di taratura del manometro o del trasduttore di pressione, non anteriore di sei mesi alla data dei lavori.

7.4 – ARCHEOLOGIA PREVENTIVA

In caso il sito di indagine ricada in aree di interesse archeologico, è necessario procedere alla verifica preventiva dell'interesse archeologico sulle aree oggetto di intervento, di cui all'art. 41, comma 4 del D. Lgs. 36/2023, al fine di evitare il danneggiamento o la distruzione di eventuali beni archeologici eventualmente presenti nel sottosuolo.

La verifica dovrà essere condotta secondo la procedura di cui all'allegato I.8 del Codice dei Contratti e dovrà essere nominato un archeologo in possesso dei requisiti previsti dagli articoli 4, 5 e 6 del DM 20 marzo 2009, n. 60 e della regolare iscrizione nell'Elenco Nazionale del MiC ai sensi del comma 2 dell'art. 41 del D. Lgs. 36/2023 (verifica di assoggettabilità alla procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico);

7.5 – INDAGINI GEOFISICHE

Prove sismiche attive "MASW"

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

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

- Sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), con possibilità di stack delle registrazioni, guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit;
- 12 (meglio 24) geofoni verticali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz;
- sistema di energizzazione costituito da uno dei seguenti dispositivi da mazza battente con eventuale piastra di ripartizione appoggiata al suolo;

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

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

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

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

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

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

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- immagini relative alla trasformata bidimensionale del campo d'onda (f-k, w-p, f-v) con massimi spettrali evidenziati;
- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di Vs;
- confronto tra il profilo di Vs di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, Vs, rapporto di Poisson o Vp e densità).

Prospezioni sismiche a rifrazione ad onde di compressione e onde di taglio

Le dotazioni minime per l'esecuzione delle prospezioni sismiche ad onde di compressione (onde P) e onde di taglio (onde S) sono:

- sismografo minimo a 48 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 24 bit;
- minimo 48 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 8 e 40 Hz per le onde P ed a 8 e 14 Hz per le onde S;
- sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dei tiri da realizzare che potrà essere costituito da: martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo, garantendo un ottimo accoppiamento piastra/suolo, cannoncino sismico, energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati.

Il sistema di energizzazione scelto deve comunque sempre garantire la determinazione in modo chiaro dei primi arrivi su tutti i ricevitori posizionati in esercizio.

La spaziatura dei geofoni e, di conseguenza, la lunghezza dell'intero stendimento dovrà essere tale per ottenere il miglior rapporto profondità indagata - dettaglio dei sismostrati individuati. In modo indicativo, al netto delle velocità sismiche dei vari sismostrati, si può assumere un rapporto Profondità Indagata - Lunghezza Stendimento pari a 1/4 - 1/5 (indicativo).

In funzione del grado di dettaglio che si vuole raggiungere nella definizione della sismo stratigrafia risultante dall'indagine, sarà necessario mettere in esercizio i geofoni con una adeguata spaziatura, evitando spaziature maggiori di 15 - 20 metri, per non perdere importanti informazioni sugli orizzonti più superficiali.

Dovranno essere effettuate almeno n° 7 energizzazioni (scoppi) diversamente distribuite lungo lo stendimento; in funzione della tipologia di elaborazione che si intende eseguire sui segnali acquisiti (es. "GRM") dovranno essere previste energizzazioni esterne ad ogni lato dello stendimento (almeno n° 2 per ogni estremo dello stendimento). Le energizzazioni potranno essere effettuate in corrispondenza dei geofoni o tra i geofoni. Le energizzazioni devono essere effettuate in modo simmetrico rispetto al centro dello stendimento.

A prescindere dalla geometria adottata per l'esecuzione della prova, dal tipo di energizzatore scelto e dal punto di energizzazione, dovrà essere garantita una chiara lettura dei segnali (primi arrivi) su tutti i geofoni messi in esercizio (min. 48).

Sulla stesa per le onde S, per ogni punto di energizzazione sarà necessario realizzare n°2 energizzazioni (coniugate) rovesciate di 180° in modo da ottenere un sismogramma finale (sovrapposizione) che permetta di identificare agevolmente il primo arrivo dell'onda di taglio (inversione di fase).

Lo stendimento geofonico dovrà essere chiaramente definito geometricamente a mezzo di un rilievo planoaltimetrico; ubicazione dei geofoni e punti di energizzazione dovranno essere rilevati al fine di garantire una corretta interpretazione dei dati.

L'elaborazione dei dati dovrà prevedere una fase di valutazione critica della qualità del dato acquisito in campagna prima di passare alla fase di interpretazione. Per l'interpretazione dei dati dovranno essere utilizzati software e/o codici di calcolo che garantiscono una elevata valenza diagnostica.

I report di prova dovranno contenere le seguenti informazioni minime:

- Ubicazione della prova
- Cartografia a scala adeguata
- Rilievo planoaltimetrico
- Sismogrammi originali riportati in scala adeguata (tempo)
- Profili sismo stratigrafici in scala adeguata - indicazione dei valori di velocità delle onde 'P' calcolate per intervalli omogenei;
- Isolinee e campiture di colore (con relativa legenda) indicanti i diversi valori di velocità delle onde per elaborazioni in modalità tomografica;
- Descrizione della strumentazione utilizzata per la prova;
- Descrizione dei software e/o codici di calcolo utilizzati;
- Documentazione fotografica.

Più in generale i report di prova dovranno essere redatti in modo chiaro e completo, evidenziando, laddove necessario, eventuali problemi logistici e/o limitazioni rispetto la corretta esecuzione della prova, nell'evenienza che si palesassero problemi non individuati durante la fase di sopralluogo preventivo eseguito per la definizione del piano di indagini. Dovranno essere chiaramente evidenziati laddove necessario i riferimenti bibliografici e/o le fonti da cui si sono tratte informazioni anche di tipo non strettamente geofisico utili a supporto di una corretta inversione dei dati in funzione del locale assetto geologico dei luoghi di saggio. Il report dovrà dare chiara evidenza dell'affidabilità del risultato ottenuto sia in termini assoluti sia relativi al contesto geologico generale, in riferimento quindi ad altre prove, geofisiche e non, eseguite nei pressi dell'area di saggio.

L'elaborazione tomografica dei dati ottenuti dalle prospezioni sismiche a rifrazione ad onde di compressione (onde P) e onde di taglio (onde S) dovrà fornire i parametri di Attenuazione Anelastica e Fattore Qualità dei terreni o degli ammassi rocciosi investigati.

Prospezione sismica a riflessione ad onde di taglio

La prospezione sismica a Riflessione è una tecnica geofisica attiva di indagine utilizzata per ricostruire profili di velocità di propagazione delle onde sismiche e di conseguenza riconoscere l'assetto stratigrafico dei corpi geologici. La tecnica si basa sulla modalità di propagazione delle onde di volume sia P che Sh. Il fenomeno della Riflessione si determina nell'interfaccia di contatto tra due terreni (mezzi elastici) caratterizzati da diversa rigidità. La prospezione sismica a Riflessione è volta ad indagare terreni posti a profondità fino a qualche centinaio di metri.

Dotazioni strumentali minime per l'esecuzione delle indagini Riflessione 'Sh':

- sismografo minimo a 48 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 24 bit;
- minimo 48 geofoni orizzontali a frequenza propria variabile tra 8 e 20 Hz;

- sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dei tiri da realizzare; potrà essere costituito da: martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo, garantendo un ottimo accoppiamento piastra/suolo; cannoncino sismico; energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati; cariche di esplosivo. Il sistema di energizzazione scelto deve comunque sempre garantire la determinazione in modo chiaro dei primi arrivi su tutti i ricevitori posizionati in esercizio

Il layout di prova deve prevedere una spaziatura dei geofoni e di conseguenza una lunghezza dell'intero stendimento tale per cui si ottenga il miglior rapporto profondità indagata - dettaglio dei sismostrati individuati.

L'esecuzione dell'indagine ed in particolare il numero dei punti di energizzazione devono garantire una copertura "multipla" minima pari al 1200%; con sismografo n°48 canali si ottiene tale risultato energizzando ogni due distanze intergeofoniche.

Per una corretta esecuzione della prova, in funzione dell'obiettivo dell'indagine è necessario definire i seguenti parametri: lunghezza della registrazione ed intervallo di campionamento, distanze minime e massime tra punto di energizzazione e geofono, distanza intergeofonica (e conseguentemente lunghezza dello stendimento), rapporto stendimento - energizzazione (simmetrico "split spread" - asimmetrico "end on").

Lo stendimento geofonico dovrà essere chiaramente definito geometricamente a mezzo di un rilievo planoaltimetrico; ubicazione dei geofoni e punti di energizzazione dovranno essere rilevati al fine di garantire una corretta interpretazione dei dati

L'elaborazione dei dati deve prevedere una fase di valutazione critica della qualità del dato acquisito in campagna prima di passare alla fase di interpretazione. Per l'interpretazione dei dati dovranno essere utilizzati software e/o codici di calcolo che garantiscono una elevata valenza diagnostica, è altresì necessario che tali applicativi siano rappresentativi dello 'stato dell'arte' in relazione alla tipologia di analisi che si sta effettuando.

I report di prova dovranno contenere le seguenti informazioni minime:

Informazioni generali di commessa;
 Ubicazione della prova - cartografia a scala adeguata - rilievo planoaltimetrico;
 Sismogrammi originali riportati in scala adeguata (tempo);
 Sezioni Tempo/Distanza (ms/m);
 Sezioni Profondità/Distanza (m/m);
 Descrizione della strumentazione utilizzata per la prova;
 Descrizione dei software (con numero di licenza se proprietari) e/o codici di calcolo utilizzati;
 Documentazione fotografica.

Più in generale i report di prova dovranno essere redatti in modo chiaro e completo, evidenziando, laddove necessario, eventuali problemi logistici e/o limitazioni rispetto la corretta esecuzione della prova, nell'evenienza che si palesassero problemi non individuati durante la fase di sopralluogo preventivo eseguito per la definizione del piano di indagini. Dovranno essere chiaramente evidenziati, laddove necessario, i riferimenti bibliografici e/o le fonti da cui si sono tratte informazioni anche di tipo non strettamente geofisico utili a supporto di una corretta inversione dei dati in funzione del locale assetto geologico dei luoghi di saggio. Il report dovrà dare chiara evidenza dell'affidabilità del risultato ottenuto sia in termini assoluti sia relativi al contesto geologico generale, in riferimento quindi ad altre prove, geofisiche e non, eseguite nei pressi dell'area di saggio.

Indagini geoelettriche - tomografia elettrica 2D/3D (ert)

La tomografia elettrica multi elettrodo (ERT- electrical resistivity tomography) è un metodo di prospezione che sfrutta le capacità conduttive dei terreni misurando differenti valori di resistività attraverso una serie di elettrodi distribuiti lungo la superficie da indagare (Edwards, 1997 - Barker, 1981 - Dahlin, 2001). Permette, pertanto, di mettere in evidenza contrasti di resistenza elettrica

presenti nei terreni. Il metodo ERT in corrente continua consente in definitiva di ricostruire sezioni bidimensionali (2D) di resistività. Si può pertanto parlare di un profilo tomografico che viene realizzato tramite lo stendimento di un cavo multipolare che collega una serie di elettrodi, i quali vengono utilizzati tanto per l'immissione della corrente I che per la misura della differenza di potenziale V . Tramite queste due grandezze fisiche è possibile calcolare la resistività elettrica apparente ρ_a relativa alla configurazione elettrodica utilizzata.

La tomografia di resistività elettrica (ERT) è una tecnica diagnostica che consente di determinare la distribuzione di resistività elettrica e di caricabilità (IP) nel sottosuolo a partire da un gran numero di misure di potenziale elettrico misurate mediante elettrodi posti sulla superficie del terreno. Può essere quindi utilizzata, con le stesse modalità operative, sia per la risoluzione di problematiche legate al primo sottosuolo (presenza e definizione geometrica di manufatti) che per la definizione di strutture geologiche fino a diverse decine di metri di profondità. Le misure sono effettuate con strumentazioni automatiche secondo le diverse configurazioni elettrodiche tradizionali (Schlumberger, Wenner, dipolo-dipolo, ecc).

La tomografia elettrica 3D costituisce uno sviluppo naturale della tomografia elettrica 2D legato principalmente all'introduzione sul mercato di strumenti in grado di gestire un elevato numero di elettrodi e di effettuare in breve tempo un grande numero di misure; l'elaborazione dovrà avvenire impiegando idonei software di inversione tridimensionale dei dati. La elevata libertà nella disposizione elettrodica adottabile nella tomografia 3D (dove non è necessario mantenere un passo elettrodico od una dimensione di maglia costante) comporta l'esecuzione di un accurato rilievo plano-altimetrico degli elettrodi di misura e di un loro intorno significativo (nel caso in cui il terreno non sia pianeggiante) da fornire ai software di elaborazione dati per una corretta determinazione delle resistività apparenti e modellazione delle condizioni al contorno

Dotazioni strumentali minime per l'esecuzione delle indagini ERT:

- ☐ georesistivimetro con capacità di gestione di almeno 64 elettrodi;
- ☐ georesistivimetro con capacità di misura della resistenza (e memorizzazione) di contatto degli elettrodi;
- ☐ georesistivimetro con capacità di compensazione dei potenziali spontanei;
- ☐ georesistivimetro con possibilità di gestione di cicli di misura differenti per durata;
- ☐ georesistivimetro con memorizzazione per ogni misura da almeno i valori di: resistività, potenziale, corrente, dev. Standard e geometria degli elettrodi;
- ☐ georesistivimetro che consenta l'impostazione di almeno 4 finestre temporali per la misura della caricabilità;
- ☐ cavo multicanale dotato di 'smart electrodes', che consenta l'utilizzo degli elettrodi sia come elettrodi di corrente che di potenziale.

Le indagini dovranno essere eseguite adoperando una configurazione elettrodica adeguata in funzione degli scopi dell'indagine e del contesto di prova (urbano - industriale - aperta campagna etc.), pertanto sarà cura dell'operatore scegliere (giustificando la scelta in relazione tecnica) la configurazione che meglio soddisfa le esigenze di prova. Sono da prediligere indagini la cui messa in esercizio a terra degli elettrodi non sia condizionata dalla presenza di pavimentazione artificiale (asfalto – cemento, etc.). Qualora non sia possibile selezionare siti alternativi sarà necessario effettuare preventivamente dei fori per far sì che gli elettrodi siano messi a contatto direttamente con il terreno sottostante, oltrepassando la copertura antropica. In questi casi deve essere previsto l'utilizzo di fluido conduttivo in modo da attenuare le resistenze elettriche di contatto. Nel caso di esecuzione di prove in area urbanizzata devono essere preventivamente raccolte informazioni riguardo l'eventuale presenza di sottoservizi e/o altre fonti di possibile disturbo per la prova.

Gli stendimenti dovranno essere composti da min. 64 elettrodi. Per configurazioni 2D di prova gli elettrodi dovranno essere regolarmente equispaziati con un passo compreso tra 0.5 e 40 metri in funzione degli obiettivi dell'indagine. Per configurazioni e successive elaborazioni 3D dei dati, con messa in esercizio di elettrodi non lineare (2D), la configurazione geometrica di prova potrà essere sia regolare (griglia) sia irregolare sfruttando (ottimizzando lo spazio di indagine)

geometrie che possano 'perimetrare' l'obiettivo della ricerca. Qualora siano state effettuate diverse indagini in configurazione lineare 2D, con stendimenti paralleli e distanti tra loro massimo due volte la distanza elettrodo - elettrodo, possono essere effettuate, con appositi software analisi pseudo 3D. A prescindere dalla configurazione geometrica di prova scelta, lo stendimento (disposizione elettrodica) dovrà essere chiaramente definito geometricamente a mezzo di un rilievo planoaltimetrico; ubicazione degli elettrodi e punti di riferimento dell'area di indagine.

L'elaborazione dei dati deve prevedere una fase di valutazione critica della qualità del dato acquisito in campagna prima di passare alla fase di interpretazione. Per l'interpretazione dei dati dovranno essere utilizzati software e/o codici di calcolo che garantiscono una elevata valenza diagnostica, è altresì necessario che tali applicativi siano rappresentativi dello 'stato dell'arte' in relazione alla tipologia di analisi che si sta effettuando.

I report di prova dovranno contenere le seguenti informazioni (minime):

Informazioni generali di commessa;

Ubicazione della prova - cartografia a scala adeguata - rilievo planoaltimetrico;

Tabulati originali: voltaggio, corrente, dev. Standard resistività apparente, tensione batteria energizzazione (per ogni misura);

Grafici con pseudosezioni di resistività;

Grafici di resistività, modello di distribuzione della resistività del sottosuolo;

Descrizione della strumentazione utilizzata per la prova;

Descrizione dei software (con numero di licenza se proprietari) e/o codici di calcolo utilizzati;

Documentazione fotografica.

Più in generale i report di prova dovranno essere redatti in modo chiaro e completo, evidenziando, laddove necessario, eventuali problemi logistici e/o limitazioni rispetto la corretta esecuzione della prova, nell'evenienza che si palesassero problemi non individuati durante la fase di sopralluogo preventivo eseguito per la definizione del piano di indagini. Dovranno essere chiaramente evidenziati laddove necessario i riferimenti bibliografici e/o le fonti da cui si sono tratte informazioni anche di tipo non strettamente geofisico utili a supporto di una corretta inversione dei dati in funzione del locale assetto geologico dei luoghi di saggio. Il report dovrà dare chiara evidenza dell'affidabilità del risultato ottenuto sia in termini assoluti sia relativi al contesto geologico generale, in riferimento quindi ad altre prove, geofisiche e non, eseguite nei pressi dell'area di saggio.

7.6 – DIREZIONE DEI LAVORI E DEL CANTIERE

L'Appaltatore dovrà provvedere per proprio conto a nominare un Direttore del cantiere ed il Capo Cantiere, il responsabile del servizio di prevenzione e protezione dai rischi, nonché a designare le persone qualificate ad assistere alla misurazione dei lavori ed a ricevere gli ordini impartiti dalla Direzione dei lavori.

L'Appaltatore, all'atto della consegna dei lavori, dovrà comunicare all'Amministrazione per iscritto il nominativo delle persone di cui sopra, e dovrà altresì esibire entro 10 (dieci) giorni il documento originale attestante le deleghe e le responsabilità ai medesimi conferite.

Il Direttore di cantiere, in considerazione della peculiarità degli interventi oggetto dell'appalto, dovrà essere un geologo o ingegnere geotecnico iscritto all'Albo professionale con esperienza pluriennale nel settore delle indagini geognostiche e geofisiche.

Il Direttore di cantiere ed il Capo Cantiere designati dall'Appaltatore dovranno comunicare per iscritto l'accettazione degli incarichi rispettivamente conferiti a loro, specificando esplicitamente di essere a conoscenza degli obblighi derivanti dal presente Capitolato.

L'Impresa ha l'obbligo di nominare per il cantiere un suo rappresentante con ampio mandato. Detto rappresentante sarà anche autorizzato a fare allontanare dalla zona dei lavori, dietro

motivata richiesta scritta della Direzione Lavori, assistenti ed operai che non riuscissero di gradimento della Stazione Appaltante.

L'Impresa è tenuta, dietro motivata richiesta da parte della Direzione Lavori, a provvedere all'immediato allontanamento del suo rappresentante.

Il direttore di cantiere dovrà occuparsi di:

- 1) Consegna dei lavori e delle richieste di fornitura in unione con l'Appaltatore;
- 2) Misurazione dei lavori eseguiti in contraddittorio con un Tecnico dell'Amministrazione;
- 3) Eventuali discussioni di carattere tecnico;
- 4) Obbligo di intervenire sui lavori ogni qualvolta ne sia invitato dal Direttore dei Lavori;
- 5) Ultimazione dei lavori;
- 6) Intervento alle operazioni di collaudo dei lavori;

Il Direttore di Cantiere, oltre a dirigere il cantiere, è responsabile dell'esecuzione delle opere indagini e quindi ha l'obbligo di esercitare una funzione organizzativa e di controllo generale dei lavori e del cantiere stesso, così da garantire la sicurezza e la incolumità sia degli addetti ai lavori sia di coloro che, estranei ad essi, possano comunque risentire di effetti pregiudizievoli a causa del loro svolgimento.

Ferme restando le specifiche responsabilità dell'Appaltatore, il Direttore di cantiere è responsabile per quanto gli compete:

- della esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte e della rispondenza degli stessi ai progetti appaltati ed alle disposizioni impartite dalla Direzione dei Lavori nel corso dell'appalto;

- della conduzione dell'appalto per quanto concerne ogni aspetto dello stesso, con particolare riguardo al rispetto di tutta la normativa in materia di sicurezza ed igiene del lavoro vigente al momento dell'esecuzione dei lavori da parte di tutte le Imprese e subappaltatori impegnati nell'esecuzione dei lavori, nonché di tutte le norme di legge richiamate nel presente Capitolato in materia di subappalti e di eventuali cottimi fiduciari.

A tal fine il Direttore di Cantiere dovrà garantire una continuativa presenza in cantiere dove dovrà curare:

- a) che il piano di sicurezza redatto a cura dell'Appaltatore ed i piani operativi di sicurezza, redatti in riferimento ad ogni singolo cantiere a cura del datore di lavoro dell'impresa esecutrice vengano scrupolosamente rispettati, in fase esecutiva, da parte di tutte le Imprese e subappaltatori impegnati nell'esecuzione dei lavori.

In caso di accertate difformità dal piano, tali da costituire fonti di pericolo, il Direttore di Cantiere è tenuto, qualora la difformità stessa non possa essere immediatamente eliminata, a disporre la sospensione parziale o totale dei lavori;

- b) che da parte dell'Appaltatore non si dia in alcun modo corso a subappalti né a cottimi non autorizzati dall'Amministrazione e che venga rigorosamente rispettato quanto stabilito in materia da Atti Deliberativi dell'Amministrazione;

- c) che il personale impiegato in cantiere sia unicamente quello iscritto nei libri paga dell'Appaltatore o delle Ditte subappaltatrici o dei cottimisti autorizzati dall'Amministrazione, curando tutti gli adempimenti di cui all'art. 24 "Controllo del personale impiegato in cantiere";

- d) il Direttore di Cantiere è tenuto a dare tempestiva comunicazione scritta alla Direzione dei Lavori, di particolari provvedimenti adottati in materia di sicurezza ed igiene del lavoro.

L'accertata mancata osservanza, da parte del Direttore di Cantiere, di quanto previsto dal presente Capitolato potrà dar luogo alla richiesta da parte della Direzione dei Lavori di tempestiva sostituzione del Direttore di Cantiere fatta salva ogni altra iniziativa eventualmente prevista per Legge.

Gli elenchi del personale di cui sopra dovranno essere sempre in possesso del responsabile del cantiere ed essere esibito, su richiesta, al rappresentante della Stazione Appaltante (Direttore dei Lavori e/o altro funzionario che svolga funzioni di controllo).

La sostituzione del Direttore di Cantiere avrà luogo mediante richiesta scritta firmata dal Responsabile del Procedimento.

7.7 ATTIVITÀ ACCESSORIE - SFALCIO VEGETAZIONE INFESTANTE

L'eventuale vegetazione spontanea che dovesse risultare di impedimento per lo svolgimento dei servizi richiesti dovrà essere eliminata dall'Affidatario.

Le aree interessate dall'intervento dovranno essere opportunamente recintate e segnalate secondo quanto indicato nel D. Lgs. 81/08 e ss.mm.ii. Lo sfalcio potrà essere eseguito con i mezzi ritenuti più adeguati dall'Appaltatore, purché idonei e a norma di sicurezza. Non è consentito l'uso di pesticidi ed erbicidi chimici per l'esecuzione dell'attività.

I materiali risultanti dallo sfalcio saranno collocati in un deposito temporaneo ubicato all'interno del sito in un'area preventivamente individuata per tale finalità. Il deposito dovrà essere realizzato senza creare nuovi potenziali elementi di inquinamento e i rifiuti in esso collocati dovranno essere classificati e caratterizzati al fine del successivo trattamento per lo smaltimento o il recupero.

L'Appaltatore sarà individuato come produttore dei rifiuti derivanti dall'esecuzione della presente attività e pertanto provvederà alla caratterizzazione, al trasporto e allo smaltimento degli stessi presso idoneo impianto. La ditta di trasporto e l'impianto di destino dovranno essere preventivamente individuati al fine di verificarne le autorizzazioni necessarie. L'esito della verifica deve essere comunicato al Committente prima dell'avvio del trasporto.