



COMMISSARIO DI GOVERNO CONTRO IL DISSESTO  
IDROGEOLOGICO PER LA REGIONE SARDEGNA  
DECRETO LEGGE 12 SETTEMBRE 2014, N. 133. ART. 7, COMMA 2



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



# OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL TERRITORIO COMUNALE DI OLBIA BACINO DEL RIO SELIGHEDDU

Progetto Esecutivo

## PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE ASTE FLUVIALI

TAVOLA

13.01

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO:  
NORME TECNICHE

SCALA

Progettisti  
Ing. Antonio G. Zanda

Collaboratori interni all'Ente  
Geom. Lucia Muzzu  
Geom. Gianluca Vidale

Collaboratori esterni  
Geol. Paolo Tusacciu

IL R.U.P.  
Ing. Costantino Azzena

aggiornamento Luglio 2017

**Opere di mitigazione del rischio idraulico nel  
territorio comunale di Olbia.**

**Bacino del Rio Seligheddu**

**Piano delle indagini geognostiche e di  
caratterizzazione ambientale delle aste fluviali.**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

# CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO NORME TECNICHE

## SOMMARIO

ART. 1. OGGETTO DELL'APPALTO E NORME GENERALI .....	3
ART. 2 DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE .....	3
ART. 3 NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORI .....	3
ART. 4 OBBLIGHI SPECIALI A CARICO DELL'IMPRESA .....	5
ART. 5 SERVIZIO DI BONIFICA DAGLI ORDIGNI BELLCI - FASI DI ATTUAZIONE.....	7
ART. 6 POZZETTI D'ISPEZIONE .....	9
ART. 7 PERFORAZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI: GENERALITA' .....	10
ART. 8 INSTALLAZIONE DELL'ATTREZZATURA SU CIASCUN PUNTO DI PERFORAZIONE .....	10
ART. 9 ESECUZIONE DEL SONDAGGIO .....	10
ART. 10 PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI .....	12
ART. 11 FORNITURA DI CASSETTE PER CAMPIONI .....	13
ART. 12 PROVE IN SITU.....	13
ART. 13 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (STANDARD PENETRATION TEST) .....	14
ART. 14 PIEZOMETRI .....	14
ART. 15 MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI DI ACQUA .....	15
ART. 16 IDENTIFICAZIONE E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI .....	15
ART. 17 APERTURA E DESCRIZIONE DEI CAMPIONI .....	16
ART. 18 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO .....	17
ART. 19 CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE E ANALISI GRANULOMETRICA.....	19
ART. 20 PROVE DI TAGLIO DIRETTO.....	19
ART. 21 INDAGINI GEOFISICHE.....	19
ART. 22 ANALISI AMBIENTALI DI LABORATORIO.....	20
ART. 23 NORMATIVA PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE .....	22
ART. 24 RELAZIONI CONCLUSIVE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE .....	23
	2

## **ART. 1.**

### **OGGETTO DELL'APPALTO E NORME GENERALI**

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione delle indagini geognostiche necessarie per la caratterizzazione geologica e geotecnica e quelle necessarie per la caratterizzazione ambientale dei materiali da scavo (vedi allegato 1 D.M. 161/2012), relativamente al progetto delle opere di mitigazione del rischio idraulico del comune di Olbia, dei terreni che interessano l'asta fluviale del Rio Seligheddu e degli altri compluvi minori le cui opere di adeguamento sono previste in progetto, oltre che delle aree dove è prevista la realizzazione di scolmatori e diversivi.

Le indagini saranno eseguite in corrispondenza delle aste fluviali e degli attraversamenti degli stessi, così come indicato nella relazione del piano di indagini e nelle planimetrie di progetto.

Ulteriori indagini, verranno effettuate nei siti già predisposti per il riutilizzo finale delle terre e rocce da scavo, individuati nel territorio e per ulteriori aree in progetto quali scolmatori e diversivi.

Sia le indagini geognostiche, pozzetti e carotaggi, che quelle di caratterizzazione ambientale, dovranno essere eseguite nel pieno rispetto delle prescrizioni tecniche di cui ai successivi articoli.

Fa parte dell'appalto anche la prestazione di servizi inerenti la predisposizione delle relazioni conclusive delle indagini geologiche e geotecniche e di caratterizzazione ambientale, unitamente agli elaborati grafici a corredo delle medesime.

I lavori dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte con materiali di ottima qualità e scevri da difetti secondo quanto previsto da leggi e regolamenti in materia di accettazioni materiali, unitamente alle norme tecniche di esecuzione delle principali categorie di lavori.

## **ART. 2**

### **DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE**

I lavori e i servizi oggetto dell'appalto possono riassumersi come di seguito, salvo più precise indicazioni che all'atto esecutivo potranno essere impartite dalla Direzione dei Lavori.

I lavori e i servizi da eseguire consistono in:

- bonifica degli ordigni bellici e mappatura dei sottoservizi;
- esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo con carotiere doppio;
- esecuzione di pozzetti geognostici;
- prove geotecniche in situ (SPT in foro);
- campionamento e analisi chimico-fisiche e geotecniche di terreni;
- campionamento e analisi chimico-fisiche di acque sotterranee;
- analisi e prove di laboratorio geotecnico e caratterizzazione ambientale;
- esecuzione di indagini geofisiche, sismica a rifrazione tipo MASW e tipo Tomografia;
- relazione conclusiva delle indagini geologiche;
- relazione conclusiva delle indagini geotecniche;
- relazione conclusiva delle indagini di caratterizzazione ambientale.

## **ART. 3**

### **NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORI**

I lavori dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte ed in conformità alle speciali prescrizioni che la Direzione dei Lavori (D.L.) darà all'atto esecutivo, impiegando nella loro effettuazione tutte le cautele necessarie a non danneggiare qualsiasi opera esistente o altro, come ad esempio i manufatti esistenti (strade, muri, volumetrie, sottoservizi) posti in prossimità o in aderenza dei siti dei carotaggi o pozzetti.

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.

I lavori e gli oneri per ripristinare i terreni alle condizioni preesistenti alle esecuzioni dei sondaggi, sono a carico dell'impresa che ha preso l'appalto.

Per assicurare una regolare condotta dei lavori l'Impresa dovrà affidare la Direzione Tecnica del cantiere a persona con titoli e capacità adeguati (es. geologo e/o ingegnere ambientale).

Il Direttore Tecnico (D.T.) del cantiere è responsabile dell'andamento del cantiere e della qualità del lavoro; egli dovrà essere un esperto nel campo delle indagini geognostiche e di caratterizzazione ambientale avente una esperienza specifica documentabile.

Il D.T. compilerà e firmerà quotidianamente il Rapporto di Cantiere, dove saranno registrate tutte le operazioni eseguite; il Rapporto sarà controfirmato dalla D.L. o da chi ne fa le veci.

Prima di realizzare qualsiasi indagine (pozzetti o carotaggi) occorrerà porre attenzione alla presenza di sottoservizi (cavi enel, telefonici, condotte idriche e fognarie, ecc), procurandosi anticipatamente idonea cartografia presso il comune, al fine di ricostruirne il tracciato; nel caso si verificassero danni questi sono a carico dell'impresa che svolge le indagini.

Qualora dai sopralluoghi preliminari, lungo tutte le aree oggetto delle indagini (canali, aree in cui è prevista la realizzazione di scolmatori e diversivi, aree idonee per il riutilizzo, ecc), si riscontrasse la presenza di materiali antropici, quindi differenti da materiali terre e rocce da scavo, ne andrà identificata visivamente la loro natura, inoltre, gli stessi dovranno essere cartografati, sia arealmente che volumetricamente.

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

- utilizzare esclusivamente strumenti di misura tarati per l'esecuzione delle attività di propria competenza e fornire preventivamente copie delle suddette certificazioni alla D.L.
- utilizzare laboratori accreditati presso gli appositi organismi di competenza per l'esecuzione delle analisi necessarie per la corretta esecuzione delle attività da realizzare, esibendo a richiesta della D.L. copia delle relative autorizzazioni;
- accettare integralmente l'attività di controllo da parte della D.L. del comune e da parte dell'autorità competente in materia di monitoraggio ambientale (A.R.P.A.S.) che effettuerà l'attività di validazione delle indagini di caratterizzazione ambientale;
- avvisare tempestivamente A.R.P.A.S. circa il cronoprogramma delle attività;
- 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;
- garantire (a proprie spese) l'esecuzione di tutte le misure previste dal D. Lgs. 81/08 e s.m.i. in materia di salute, sicurezza e igiene sul lavoro.

Le modalità operative delle indagini prese in considerazione nel presente capitolato, si uniformano alle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" elaborate dalla Commissione A.G.I. e pubblicate nel 1977.

L'Affidatario 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 (personale del comune, ARPAS, o altro Ente) che, con funzione di supervisione potrà essere presente durante l'esecuzione del servizio.

L'Affidatario dovrà coordinarsi con ARPAS o altro soggetto istituzionale deputato per la supervisione delle attività e quanto richiesto per la regolarità dei lavori. A tal fine l'affidatario dovrà consentire all'ARPAS l'esecuzione di sopralluoghi presso i siti di esecuzione delle indagini, l'esecuzione di eventuali Audit presso i laboratori ove saranno effettuate le analisi e dovrà assumere a proprio carico gli oneri per la predisposizione dei campioni, in misura pari a circa il 10% del totale di progetto, per le controanalisi da effettuarsi presso i laboratori ARPAS.

L'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese al rilevamento plano-altimetrico georeferenziato dei punti corrispondenti al baricentro di ogni foro di sondaggio, di ogni punto di energizzazione e di rilievo delle indagini geofisiche e di ogni prova in situ. 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.

#### **ART. 4**

##### **OBBLIGHI SPECIALI A CARICO DELL'IMPRESA**

Oltre agli obblighi e a quanto già stabilito e descritto nei precedenti articoli, l'Impresa è tenuta:

- a presentare, prima della consegna dei lavori, il piano operativo di sicurezza (POS) ai sensi della vigente normativa;
- assicurare la presenza continua in cantiere di un proprio tecnico specializzato al fine di predisporre il rilievo dei sondaggi, registrare i risultati delle prove, ecc..;
- a mantenere i macchinari e i mezzi d'opera all'interno del cantiere, senza un loro allontanamento provvisorio o sostituzione;
- a garantire un adeguato servizio di sorveglianza e a sopportare ogni altro onere che non sia esplicitamente posto a carico dell'Amministrazione nei documenti di controllo;
- a garantire un'adeguata copertura assicurativa estesa anche ai danni alle proprie attrezzature, ai lavori ed al personale, dovuti fra l'altro anche a calamità naturali e ad atti vandalici o delittuosi;
- a provvedere agli impianti e spostamenti di cantiere;
- ad adottare nel compimento di tutte le indagini, dei procedimenti e delle cautele necessarie a garantire l'incolumità degli operai, delle persone e dei terzi, nonché ad evitare danni ai beni pubblici e privati, osservando le disposizioni contenute nelle vigenti norme in materia di prevenzioni infortuni; con ogni più ampia responsabilità in caso di infortuni a carico dell'Esecutore, restandone sollevati la Stazione appaltante, nonché il personale preposto alla direzione e sorveglianza delle indagini;
- a riparare i danni, dipendenti anche da forza maggiore, che si verificassero nel corso dell'espletamento dei servizi agli attrezzi e a tutte le opere provvisorie;
- all'accesso, ivi compreso il disbrigo delle pratiche nonché gli oneri e costi comunque connessi, mantenendo il passaggio di vie di accesso di servitù, di servizi vari, sia essi pubblici che privati, nel caso che questi interferissero con lo svolgimento delle indagini previste; rimanendo, con ciò, l'Esecutore, unico responsabile di ogni eventuale danno o conseguenza che venisse arrecata a terzi in congruenza dell'esecuzione delle indagini o dell'accesso delle attrezzature sui punti di indagine; sollevando, pertanto, da ogni responsabilità sia l'Amministrazione che i suoi rappresentanti;
- ad installare delle recinzioni e della relativa eventuale segnaletica diurna e notturna nonché la custodia degli impianti e delle attrezzature, affinché le indagini vengano eseguite in sicurezza, sollevando l'Amministrazione da ogni responsabilità derivante da eventuali incidenti e danni subiti;
- al pagamento delle spese per la produzione, inerente le indagini, di grafici, disegni, fotografie, etc ogni qualvolta il Direttore dell'esecuzione ne facesse espressamente richiesta;
- alla conservazione e custodia dei campioni fino al rilascio dell'attestazione della regolare esecuzione da parte del Direttore dei Lavori.

Sono, altresì, a carico dell'Esecutore e compensati con i prezzi di elenco gli oneri seguenti:

- l'accertamento che nei punti interessati dalle indagini non siano presenti impianti tecnologici. Del loro eventuale danneggiamento l'Esecutore sarà l'unico responsabile e ne dovrà curare il ripristino a proprie spese;
- l'apertura di tracce, le demolizioni, i ripristini e quant'altro occorre per la corretta e completa esecuzione delle indagini;
- lo sgombero e la pulizia dei luoghi di indagine entro una settimana dall'ultimazione delle stesse, con la rimozione di tutti i materiali residui, i mezzi d'opera e le attrezzature;
- a non rimuovere la trivella o la sonda dal foro prima che il Direttore dell'esecuzione ne abbia effettuata la misura della profondità, che dovrà avvenire contestualmente non appena ultimato il foro, previo preavviso da parte dell'Impresa di almeno 2 ore (due ore);
- a sospendere tempestivamente la posa di strumentazione o l'esecuzione delle prove quando, nel corso della lavorazione o delle prove, si verificano o si manifestano, oggettivamente, condizioni impreviste o anomale. In tali circostanze, l'Esecutore, è tenuto ad interrompere l'attività di indagine anche senza ordine specifico, avvisando nel più breve tempo possibile il Direttore dell'esecuzione e

- mantenendo sospese le attività almeno per un giorno dalla data di comunicazione, in attesa delle correlate disposizioni. In caso di inadempimento, ove ciò comportasse l'impossibilità di utilizzare i risultati di indagine, quelle a ciò relative non saranno pagate.
- a non approfondire il foro oltre la profondità prevista in progetto senza precisa autorizzazione scritta del Direttore dell'esecuzione;
  - a comunicare al Direttore dell'esecuzione, durante e al termine delle operazioni, lo stato d'avanzamento del sondaggio mediante appositi bollettini, i quali dovranno indicare:
    - 1) la denominazione del pozzo o foro e le coordinate di riferimento a due o più capisaldi piano altimetrici indicati dal Direttore dell'esecuzione, posti a distanza non superiore a ml. 50 dalla trivellazione da eseguire;
    - 2) la data di inizio della perforazione;
    - 3) i diametri del foro;
    - 4) la natura dei successivi strati attraversati, precisando tutte le variazioni di litologia, granulometria o consistenza;
    - 5) le eventuali perdite di circolazione dei fluidi di perforazione, le quote delle falde acquifere rilevate al mattino prima dell'inizio lavori e alla sera ultimati gli stessi.
    - 6) la profondità raggiunta giornalmente ed a fine foro;
    - 7) ogni altra indicazione necessaria, affinché si abbia una chiara visione degli strati, della loro natura e della loro reciproca successione e giacenza;
  - a fornire al Direttore dell'esecuzione, in quattro copie e dopo il completamento degli stessi, tutti i profili rappresentanti in scala la stratigrafia rilevata nel sondaggio. Il profilo del foro di sondaggio dovrà essere disegnato su appositi moduli divisi in colonne nelle quali dovranno essere riportati i seguenti dati:
    - 1) spessore degli strati incontrati nel sondaggio;
    - 2) profondità progressiva;
    - 3) scala grafica;
    - 4) rappresentazione simbolica della natura dei terreni incontrati;
    - 5) descrizione della natura dei terreni incontrati;
    - 6) diametro del foro, specificando se l'avanzamento è a percussione o a rotazione;
    - 7) la quota di prelievo dei campioni indisturbati e rimaneggiati e delle eventuali prove eseguite durante il corso della perforazione;
    - 8) le eventuali indicazioni relative a strumentazioni geotecniche installate nel foro;
    - 9) indicazioni sulle falde d'acqua eventualmente rilevate;
  - a fornire per le operazioni di consegna, di controllo e per le misure finali, gli strumenti ed il personale adatti allo scopo;
  - a provvedere:
    - a) alla fornitura di sacchetti di plastica per la conservazione dei campioni rimaneggiati.
    - b) alla fornitura dei contenitori per i campioni indisturbati.
    - c) alla spedizione dei campioni al Laboratorio Geotecnico abilitato, fornito di concessione e certificazione, per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni, secondo le istruzioni che verranno impartite dal Direttore dell'esecuzione. L'esecuzione delle prove geotecniche sui campioni prelevati, infatti, devono essere eseguite da laboratori di geotecnica per i terreni, iscritti nell'elenco dei Laboratori Autorizzati dal competente organo ministeriale, in possesso di concessione e certificazione, secondo le disposizioni di cui all'art.8 del D.P.R. 246/93, e delle indicazioni riportate nella Circolare 349/STC del 16 dicembre 1999.
  - a non effettuare l'esecuzione delle operazioni di: cementazione del foro e delle prospezioni geofisiche, senza la presenza del Direttore dell'esecuzione;
  - a fornire, durante le operazioni di esecuzione delle prove geofisiche, copia dei dati acquisiti secondo le indicazioni fornite al momento dal Direttore dell'esecuzione.

## **ART. 5**

### **SERVIZIO DI BONIFICA DAGLI ORDIGNI BELLICI - FASI DI ATTUAZIONE**

La bonifica da ordigni esplosivi di qualsiasi natura, oggetto del presente capitolato, dovrà essere svolta esclusivamente da ditte specializzate B.C.M. (Bonifica Campi Minati) ai sensi del D. Lgs. 12/04/1946 n°320 (categoria 90.02.01 circolare del Genio Militare IV sezione, rif. 4/60099 del 06/09/1995), che abbiano alle proprie dipendenze personale munito di specifici brevetti di cui all'articolo 1 del D.Lgs. 12/04/1946 n°320. Il servizio di bonifica dagli ordigni bellici previsto nel presente capitolato dovrà essere articolato secondo le seguenti fasi distinte come di seguito specificato.

Fase di progettazione.

L'Aggiudicatario dovrà predisporre il progetto B.O.B. (Bonifica da Ordigni Bellici) relativo alle attività di bonifica in oggetto da redigersi secondo le disposizioni impartite dalla competente autorità militare.

Il progetto, da sottoporre all'approvazione della competente autorità militare, dovrà essere riferito all'intero servizio in appalto, comprensivo di tutte le fasi esecutive di bonifica di seguito identificate.

Detta fase deve intendersi conclusa con la formale approvazione del progetto da parte della autorità militare competente.

Fase di bonifica.

L'avvio di questa fase sarà disposta dal Direttore per l'esecuzione del contratto solo successivamente alla approvazione del progetto, di cui al punto precedente, da parte dell'autorità militare competente.

Questa fase di bonifica dovrà interessare le sole aree nelle quali è prevista la realizzazione dei sondaggi per la definizione geologica, geotecnica e la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo e dovrà prevedere la realizzazione di tutte le attività elencate nel paragrafo successivo, posteriori all'approvazione del progetto.

Ai fini dell'emissione del certificato di verifica di conformità, ciascuna delle fasi di bonifica dovrà intendersi conclusa con l'acquisizione, a cura e spese dell'Aggiudicatario, del "Verbale di Constatazione" rilasciato dalla competente autorità militare, con il quale si attesta che il servizio di bonifica svolto, limitatamente alle aree relative a ciascuna fase, è stato compiuto conformemente alle norme contenute nell'autorizzazione rilasciata dalla stessa autorità.

-

Azioni richieste

Le prestazioni richieste per l'espletamento del servizio di bonifica sono le seguenti:

- supporto tecnico amministrativo per la predisposizione dell'istanza ed il rilascio delle autorizzazioni necessarie alla realizzazione del servizio in argomento da parte dell'autorità militare competente;
- predisposizione del progetto di bonifica da ordigni esplosivi di qualsiasi natura, in conformità alle prescrizioni tecniche vigenti e a quelle eventualmente impartite dall'autorità militare competente;
- redazione del Piano Operativo di Sicurezza;
- installazione e rimozione di cantiere, da prevedersi anche in funzione delle diverse fasi operative;
- impiego di personale tecnico specializzato munito di brevetto B.C.M. (Bonifica Campi Minati);
- uso di apparati elettronici di rilevamento, mezzi di trasporto, macchine operatrici per perforazione e scavo approvati dall'autorità militare competente;
- esecuzione di indagine con localizzazione planoaltimetrica di qualsiasi tubatura, servizio o manufatto sepolto al di sotto del piano stradale, tipo "Georadar" con tecnologia RIS 2KMF, espressamente sviluppata per la corretta localizzazione a prescindere dal materiale di costruzione.
- Dovranno essere forniti: - Cartografia CAD su supporto ottico o magnetico (CD ROM o floppy disk) e su supporto cartaceo di formato opportuno, completa di planimetria e di sezioni significative; - Relazione tecnica;- Database informatico completo dei dati necessari al successivo sviluppo GIS. La mappatura e relativa a interventi di piccola superficie (incroci, piccoli tratti di strada, etc.).
- taglio di vegetazione di tipo erbaceo ed arbustivo ove intralciasse l'uso corretto degli apparecchi
- cerca mine eseguito da operatori qualificati B.C.M., sotto la supervisione tecnica di un rastrellatore
- B.C.M. o superiore, da eseguirsi sulle aree interessate alle indagini. Nel tagliare la vegetazione non dovranno essere esercitate pressioni sul terreno da bonificare e dovranno essere rispettate tutte le



- eventuali piante di alto fusto e tutte le "matricine" da lasciare in zona, salvo diverse disposizioni. Il materiale di risulta dovrà essere trasportato a rifiuto in un impianto di smaltimento autorizzato.
- cernita, raccolta e messa a deposito dei rifiuti presenti ove intralciassero l'uso corretto degli apparecchi cerca mine eseguito da operatori qualificati B.C.M., sotto la supervisione tecnica di un rastrellatore B.C.M. o superiore, da eseguirsi sulle aree interessate alle indagini. I rifiuti rinvenuti dovranno essere trasportati a rifiuto in un impianto di smaltimento autorizzato;
  - bonifica superficiale mediante ricerca e localizzazione di ordigni esplosivi di qualsiasi natura da eseguirsi su tutte le aree interessate dalla bonifica, comprese le aree umide e/o interessate dalla presenza di acqua, con garanzia di agibilità fino a cm. 100 dal piano di campagna, eseguita con l'impiego di personale tecnico munito di brevetto di rastrellatore B.C.M.. Nelle aree interessate dalla presenza di acqua, la garanzia di agibilità fino a cm. 100 sarà calcolata a partire dal fondo alveo o dal fondo del mare. Le modalità di ricerca dovranno essere conformi alle prescrizioni in materia emanate dalla Amministrazione Militare e dovranno essere concordate con l'Autorità territorialmente competente;
  - bonifica in profondità mediante ricerca, localizzazione e individuazione di ordigni esplosivi di qualsiasi natura, eseguita a mezzo di trivellazioni verticali a partire dal piano di campagna o fondo dell'alveo o fondo del mare, se superfici interessate dall'acqua, fino alle quote previste per l'esecuzione dei sondaggi, con garanzia di un ulteriore metro dal fondo della trivellazione ed impiego graduale dell'apparecchio cerca mine da introdurre nei fori. L'intervento sarà eseguito con trivellazioni inserite in maglia ortogonale come da specifiche derivanti dall'autorizzazione da conseguire;
  - scavo di verifica puntuale con mezzo meccanico, per la ricerca, individuazione e scoprimento degli ordigni esplosivi di qualsiasi natura e masse ferrose rilevate con le operazioni precedenti, condotto da operatore specializzato. L'area potrebbe essere interessata dalla presenza superficiale (comunque non rilevabile a vista) di tratti di manufatti ferrosi. L'onere per il rilievo, il recupero e l'accatastamento in aree indicate dalla Stazione appaltante, e compreso nelle attività esecutive di bonifica;
  - scavo di verifica puntuale eseguito esclusivamente a mano, se necessario, per la ricerca, individuazione e scoprimento degli ordigni esplosivi di qualsiasi natura e masse ferrose rilevate con le operazioni precedenti, condotto da personale specializzato e munito di brevetto;
  - rinterri degli scavi con materiale proveniente dagli stessi o, se necessario, da cave di prestito ;
  - catalogazione degli eventuali ordigni rinvenuti e consegna alle competenti autorità;
  - assistenza alle fasi di brillamento e disinnescio degli eventuali ordigni ritrovati, assistenza tecnica ed appoggio tecnico - logistico alle autorità militari durante le operazioni di brillamento e disattivazione degli ordigni esplosivi di qualsiasi natura localizzati ed identificati con le operazioni di verifica sopra descritte. Questo servizio sarà finalizzato ad agevolare le attività militari durante le fasi di brillamento, riducendone altresì i tempi. L'attività consiste nel porre a disposizione personale specializzato e macchine operatrici, se necessario, ad ausilio delle attività svolte dai militari artificieri;
  - stoccaggio dei rifiuti prodotti durante le operazioni di bonifica, per i quali non sia stato espressamente previsto il conferimento a discarica, in un'area appositamente designata dalla Stazione Appaltante;
  - fornitura e posa in opera di rete di recinzione e segnaletica al fine di delimitare le aree interessate dalle operazioni di bonifica, compreso l'eventuale smontaggio e rimontaggio per delimitare le varie zone di intervento.
  - richiesta e svolgimento del sopralluogo di collaudo da parte delle Autorità Militari competenti, con supporto al personale incaricato.

Si precisa che il prezzo in appalto è comprensivo degli oneri connessi alle maggiori difficoltà legate alla presenza di sottoservizi.

Per la realizzazione delle attività previste l'operatore economico dovrà, in totale autonomia, dotarsi dei mezzi e delle attrezzature necessarie allo svolgimento dei servizi in oggetto, in considerazione del sito in cui lo stesso dovrà essere espletato.

Inoltre, l'Impresa Specializzata B.C.M. dovrà:

- controllare, mediante il dirigente tecnico B.C.M. designato dalla stessa, la regolarità dell'esecuzione dei lavori;
- garantire il coordinamento continuativo delle attività mediante la presenza di un assistente tecnico B.C.M. che dovrà essere presente nell'area di lavoro durante tutto l'orario lavorativo di ciascuna giornata e che avrà la responsabilità della custodia e della regolare compilazione dei documenti di cantiere;
- provvedere alla recinzione e idonea segnalazione delle zone da bonificare e recintare;
- comunicare i vari stati di avanzamento dei lavori relativi all'attività di ricerca onde consentirne tempestivi controlli di competenza;
- accertare che tutti i mezzi adibiti al trasporto di ordigni esplosivi siano dotati di relativo e regolare permesso e coperti da adeguate assicurazioni.
- comunicare sollecitamente il rinvenimento di tutti gli ordigni esplosivi, di qualsiasi genere e natura (anche alla stazione dei Carabinieri competente territorialmente);
- redazione e trasmissione all'autorità militare competente della Dichiarazione di Garanzia;
- ripristino dei luoghi allo stato originario.

Il servizio di bonifica deve essere eseguito con tutte le particolari precauzioni intese ad evitare danni alle persone ed alle cose, osservando a tale scopo le vigenti disposizioni, le norme tecniche di esecuzione e le prescrizioni contenute nel Piano Operativo di Sicurezza

## **ART. 6**

### **POZZETTI D'ISPEZIONE**

I pozzetti d'ispezione dovranno essere in corrispondenza delle aree previste per il riutilizzo dei materiali, così come individuate dalla "planimetria generale delle aree di riutilizzo e relative indagini", secondo le disposizioni dell'Allegato 2 del D.M. 161/2012.

La loro esecuzione dovrà essere effettuata a mezzo di idoneo escavatore a braccio rovescio o cingolato, e tale da permettere l'osservazione della natura geolitologica dell'immediato sottosuolo e della sua struttura. Dovranno essere eseguiti i rilievi riguardanti l'eventuale presenza di acque sotterranee e il prelievo di un adeguato numero di campioni necessari per le analisi e prove di laboratorio, così come riportato nelle schede tipologiche di cui alla planimetria di progetto planimetria generale delle aree di riutilizzo e relative indagini".

I prelievi delle terre e rocce da scavo prelevate dai pozzetti, e delle acque di falda (se ne viene riscontrata la presenza), dovranno essere effettuati dai tecnici incaricati dell'impresa.

Le dimensioni dei pozzetti dovranno essere di almeno m 1,00 x m 1,50 e saranno spinti sino alla profondità stabilita dal progetto o dalla D.L.

Sino a quando non sarà intervenuto il sopralluogo della D.L., l'Appaltatore ha l'obbligo di tenere coperti gli scavi con travate e tavole di legno.

Allorquando la D.L. avrà accertata la buona fattura dello scavo, ed effettuato le osservazioni opportune, l'Appaltatore procederà al ricolmamento dello scavo.

L'appaltatore è tenuto:

- ad osservare le norme di Polizia Mineraria;
- a comunicare tempestivamente lo stato di avanzamento dei lavori, precisando la decimazione del sondaggio, la sua posizione e coordinate di riferimento, data di inizio e fine di ogni foro, diametri e profondità, natura dettagliata degli strati attraversati, presenza delle falde acquifere, ecc;
- a fornire in 6 copie alla D.L. i rapportini di perforazione, completi di una breve relazione con tutti i profili rappresentati in scala, la stratigrafia rilevata nei fori, accompagnandoli con una planimetria pure in scala, la data di inizio di ogni foro, diametro e profondità, eventuale presenza di falda, prelievi campioni, ecc.
- A trasmettere alla D.L. un rapporto riguardante i campioni, indisturbati ed informi, estratti nelle prese precedenti;
- A fornire apposita documentazione fotografica in 6 copie ciascuna, di ogni zona ove vengono eseguiti i fori;

- A provvedere alla fornitura degli appositi contenitori per la conservazione dei campioni delle terre e rocce da scavo prelevate dai pozzetti, e delle acque di falda (se ne viene riscontrata la presenza), alla spedizione dei campioni ad una laboratorio di prove, secondo le istruzioni date dalla D.L;
- A provvede alla posa dei piezometri, in ogni pozzetto, come prescritto nel computo metrico.

## **ART. 7**

### **PERFORAZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI: GENERALITA'**

L'impianto di perforazione deve essere di potenza adeguata ed attrezzato per raggiungere le profondità che si renderanno necessarie, in funzione dei risultati delle indagini fino a quel momento svolte.

Qualora l'attrezzatura installata nel cantiere di perforazione non sia idonea allo scopo, la DD.LL. ha facoltà di richiederne l'immediata sostituzione, sospendendo i lavori sino a sostituzione avvenuta, senza che la Ditta appaltatrice possa vantare alcun sovrapprezzo o compenso.

Le perforazioni dovranno essere eseguite in quei punti preventivamente indicati dalla Direzione dei Lavori, in base al programma di indagine.

L'ubicazione dei punti di perforazione sarà fissata dalla Direzione Lavori, e rimarrà comunque facoltà della stessa variarla in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che la Ditta Appaltatrice possa vantare alcun sovrapprezzo o compenso.

Per la posizione dei punti di perforazione, e la profondità, si farà riferimento alle schede tipologiche A-C e B-C, per le aste fluviali, A-P, B-P e C-P per gli attraversamento fluviali e alle planimetrie di progetto.

## **ART. 8**

### **INSTALLAZIONE DELL'ATTREZZATURA SU CIASCUN PUNTO DI PERFORAZIONE**

La piazzola deve essere di dimensioni adeguate ad accogliere:

la macchina che si intende utilizzare, le vasche di recupero dei fanghi (che saranno fuori terra), gli eventuali vibrovagli, le tubazioni e manichette per l'approvvigionamento idrico da acquedotto o da altra sorgente d'acqua.

L'eventuale trasporto d'acqua con autocisterne ed ogni altro tipo di approvvigionamento idrico sarà a carico della Ditta aggiudicataria.

## **ART. 9**

### **ESECUZIONE DEL SONDAGGIO**

La DD.LL. fornirà di volta in volta alla Ditta appaltatrice un programma dettagliato del sondaggio.

Tutte le attrezzature necessarie per lo svolgimento del programma dovranno obbligatoriamente essere presenti in cantiere dal giorno di inizio dei lavori.

La Ditta Appaltatrice ha l'obbligo di ottemperare a quanto contenuto nel programma di sondaggio ed a quanto di volta in volta prescritto dalla DD.LL.

L'attività di perforazione dovrà essere eseguita mediante carotaggio continuo, ad andamento verticale e di diametro non inferiore a 101 mm in modo tale da garantire il prelievo di campioni indisturbati e il recupero del 100% del materiale.

Nella perforazione le pareti del perforo dovranno essere sostenute mediante una tubazione di rivestimento provvisoria (camicia di acciaio), che sarà approfondita man mano che avanza la perforazione.

Le perforazioni dovranno essere eseguite a secco. In caso di necessità, previo accordo con la Direzione Lavori o tecnico incaricato del comune, potrà essere utilizzato come fluido di perforazione l'acqua, per la quale sarà verificata la provenienza e la qualità mediante lo svolgimento regolare di analisi chimiche.

Si dovrà avere cura di procedere a velocità tale da limitare l'attrito tra terreno e mezzo campionatore ed evitare il riscaldamento del materiale prelevato, registrando la temperatura del materiale estratto.

Il campionamento del terreno sarà effettuato avendo cura di procedere con basse velocità di rotazione del campionatore per evitare fenomeni di surriscaldamento del terreno.

La scelta della tipologia di carotiere sarà condizionata dalla tipologia dei litotipi presenti.

In linea generale si richiede una sonda semovente cingolata o autocarrata in grado fornire spinta massima, tiro, coppia massima e di essere attrezzata con aste di perforazione e rivestimento sufficienti a raggiungere profondità massime di oltre 20 m. In fase di piazzamento della macchina operatrice dovrà essere curata al massimo la verticalità del foro mediante controlli con livella a bolla sulla colonna di perforazione.

In presenza di foro poco stabile l'operatore dovrà mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari ad assicurarne la stabilità.

Su richiesta della DD.LL., la perforazione potrà essere interrotta in qualsiasi momento per eseguire una misura della quota del fondo foro. A tale scopo dovrà essere obbligatoriamente sempre presente in cantiere uno scandaglio quotato di lunghezza adeguata.

I diametri saranno scelti sulla base delle caratteristiche fisico-meccaniche dai litotipi presenti, delle prove da eseguire e della strumentazione da installare. In particolare il diametro minimo a fondo foro dovrà essere sufficiente a prelevare campioni indisturbati del diametro non inferiore a *100 mm*, e comunque attrezzare il foro con tubo in ABS o PVC di diametro interno non inferiori di *100 mm*.

Laddove le condizioni e le caratteristiche dei terreni non garantiscano una perfetta prosecuzione della perforazione si potrà richiedere, previo esplicita autorizzazione della D.L. del comune, l'impiego di doppi rivestimenti metallici provvisori, uno interno con diametro pari a *127 mm* e uno esterno con diametro pari a *151 mm*. L'Aggiudicatario avrà cura di asportare, attraverso adeguate manovre di pulizia a fondo foro, tutto il materiale presente nell'intercapedine tra i due rivestimenti.

La profondità che dovrà essere raggiunta sarà indicata dalla D.L., prima dell'inizio del foro ed eventualmente durante la perforazione in relazione alla natura dei terreni incontrati. La D.L. potrà modificare in corso d'opera il programma preliminare d'indagine in relazione a eventuali criticità presenti (inquinamenti, presenza di sottoservizi o ostacoli di vario genere), al prelievo di campioni e anche alla profondità d'indagine nel rispetto degli obiettivi fissati dal programma.

Dopo ogni "battuta" il materiale raccolto per mezzo del carotiere dovrà essere estruso, a mezzo di pistone, senza ricorrere a liquidi e disposto in un'apposita cassetta catalogatrice avendo cura di rispettare la naturale successione stratigrafica.

Sulla cassetta dovranno essere riportate tutte le informazioni sul sondaggio:

- identificativo sondaggio (dati del sito, coordinate Gauss Boaga e quota);
- data di esecuzione;
- profondità iniziale e finale della carota contenuta;
- profondità finale e iniziale delle singole porzioni che la compongono;
- committente;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione;
- metodi di perforazione impiegati nei diversi tratti;
- profondità delle singole manovre;
- tipo e diametro dei rivestimenti;
- indicazioni delle profondità e di tutto quello che riguarda le prove "in situ" eventualmente eseguite;
- misurazioni del livello della falda sia a fine prova che a livello stabilizzato o diversamente, a richiesta della Direzione Lavori.
- ogni altra informazione ritenuta rilevante dall'operatore.

A ogni "battuta" il Geologo presente alle operazioni, dovrà esaminare e descrivere la successione stratigrafica e provvedere alla descrizione del materiale recuperato, indicando composizione litologica, colore, granulometria (tramite comparatore), stato di addensamento e consolidamento, riportando i dati in un apposito modulo al fine della redazione della relativa ricostruzione stratigrafica.

I dati raccolti dovranno essere integrati da documentazione fotografica a colori.

Nel rispetto delle norme di sicurezza, il responsabile delle operazioni di campionamento dovrà descrivere anche eventuali evidenze visive e/o olfattive di inquinamento nonché particolarità stratigrafiche e litologiche rilevabili nella carota. Le carote, riposte in apposite cassette catalogatrici sigillate, saranno conservate e rimarranno a disposizione per eventuali futuri rilievi.

Dovrà essere segnalata e registrata sul giornale di campo ogni venuta d'acqua dal foro, specificando la profondità e stimando l'entità del flusso. Si dovranno eseguire misure del livello piezometrico in corrispondenza delle più significative variazioni litologiche. Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, si dovrà eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e si avrà cura di proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne. Il livello piezometrico sarà registrato anche il giorno successivo, alla ripresa delle operazioni di perforazione e al termine delle stesse, annotando il tutto sui moduli di campagna. Le perforazioni che non saranno attrezzate a piezometro dovranno essere sigillate con bentonite o simili.

L'appaltatore è tenuto inoltre a fornire alla DD.LL. il rapportino di perforazione, completo di una relazione comprendente tutti i profili rappresentati in scala, fotografie, la stratigrafia rilevata nei fori, accompagnandolo con una planimetria, pure in scala.

## **ART. 10**

### **PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI**

In contemporanea alla realizzazione dei sondaggi si dovrà procedere al prelievo di campioni indisturbati per le prove geotecniche per le quali sono necessari, e campioni anche rimaneggiati per quelle di caratterizzazione ambientale e geotecnica che non richiedono il campione integro.

Per ciascun carotaggio o pozzetto geognostico si chiede di prelevare i seguenti 3 campioni per la caratterizzazione ambientale:

- un campione nel tratto compreso tra 0 e 1 m dal p.c.;
- un campione a fondo foro;
- un campione nel tratto intermedio.

Tali profondità sono orientative, e possono essere modificate a seconda della stratigrafia, della presenza o meno di sostanze antropiche o inquinanti, ecc

I pozzetti e sondaggi previsti per il bacino del Rio Seligheddu, sono un totale di 172 (63 carotaggi asta fluviale, 76 carotaggi sui ponti, pozzetti aree di riutilizzo 33). Contemporaneamente all'attività di perforazione e allestimento dei piezometri, accompagnati da opportuni documenti di trasporto, i campioni dovranno essere analizzati in laboratorio geotecnico con prove di laboratorio atte alla caratterizzazione meccanica del terreno, alcuni, e alla definizione del proprio coefficiente di permeabilità, altri.

I campioni destinati ad analisi geotecniche di laboratorio dovranno essere possibilmente di tipo indisturbato, prelevati con idoneo campionatore, nei terreni coesivi e semicoesivi (Shelby, Osterberg o analogo). I campioni indisturbati avranno dimensioni non inferiori a *100 mm* di diametro e *50 cm* di lunghezza. Il numero è relativo alle indagini che dovranno essere fatte secondo la tipologia di sondaggi previsti A-P, A-C, B-C, B-P, C-P.

Per campioni indisturbati (o a disturbo limitato) s'intendono quelli prelevati con apparecchiature idonee a conferire il massimo grado di qualità, compatibilmente con la natura del terreno, in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI ("Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" elaborate dalla Commissione AGI per la Normativa Geotecnica), Q.4 – Q.5 per terreni coesivi e Q.2 – Q.3 per terreni incoerenti o comunque difficili.

Ogni campionamento dovrà 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; la tolleranza in tal senso può essere maggiore nel caso di apparecchi muniti di pistone e in pratica "chiusi" alla base prima dell'infissione.

Ultimata l'infissione, il campionatore sarà estratto usando gli accorgimenti necessari per staccare il campione dal terreno sottostante e per ridurre il disturbo dovuto alla decompressione e al risucchio.

Subito dopo l'estrazione, dalle estremità della fustella dovranno essere accuratamente rimosse le parti disturbate.

A tal proposito occorrerà osservare che a pulizia avvenuta e a parità di tipo di materiale, la consistenza del terreno nella parte alta del campione sia simile a quella misurabile nella parte bassa. In caso contrario la rimozione di terreno disturbato nella parte alta del campione dovrà proseguire fino ad ottenere dati soddisfacenti.

Dopo la pulizia delle estremità le medesime dovranno essere sigillate con paraffina fusa e ove il campione risultasse notevolmente più corto rispetto alla fustella, sopra la paraffina si dovrà porre della sabbia umida fino alla sommità della fustella.

Le estremità dei campioni indisturbati dovranno essere chiuse con tappi e protette con nastro adesivo. Il campione dovrà essere riposto in luogo riparato dal gelo e dal sole in attesa di essere inviato al laboratorio geotecnico.

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato e il metodo di prelievo dovranno essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

Nella relativa documentazione sarà richiesto anche:

- metodo d'infissione del campionatore;
- lunghezza del campione, misurata prima della sigillatura;
- classificazione macroscopica del terreno, per quanto è visibile alle estremità del campione;
- altre eventuali osservazioni ritenute utili dall'operatore.

## **ART. 11**

### ***FORNITURA DI CASSETTE PER CAMPIONI***

I campioni di terreno o carote prelevati nel corso dei sondaggi saranno custoditi in apposite cassette catalogatrici, munite di setti divisori e coperchio, predisposte a carico della Ditta esecutrice in cantiere prima dei lavori. In esse verranno riportati in perfetta evidenza e in modo indelebile il numero del sondaggio, la profondità del prelievo, e l'indicazione del cantiere.

Durante l'esecuzione delle indagini, il materiale prelevato verrà contenuto nelle cassette catalogatrici in un luogo asciutto e riparato a disposizione della Direzione dei Lavori.

A conclusione di ogni singolo sondaggio tali cassette verranno portate, a carico della Ditta esecutrice, nel laboratorio geotecnico per le opportune analisi.

## **ART. 12**

### ***PROVE IN SITU***

Le prove in situ sono, in genere, collegate all'esecuzione di sondaggi meccanici del tipo a rotazione.

La DD.LL. in fase di consegna dei lavori, farà conoscere all'Impresa il programma di massima delle prove in situ. In fase esecutiva, in relazione alle risultanze dei primi sondaggi, la DD.LL. disporrà delle prove da eseguire ed indicherà le profondità alle quali queste dovranno essere effettuate.

L'Appaltatore dovrà approntare il materiale, il personale specializzato e la manovalanza, per l'esecuzione delle prove secondo le modalità prescritte nel presente capitolato.

Le prove previste consistono in sostanza in prove SPT. Tali prove potranno essere eventualmente in tutto o in parte sostituite, previa intesa con l'Amministrazione, con prove di tipo diverso se queste ultime siano, a giudizio del Geologo incaricato, più idonee in relazione al tipo di terreno presente in sito.

Le risultanze delle prove in situ faranno parte integrante dei dati litostratigrafici, per cui l'Appaltatore alleggerà questi dati alle colonne stratigrafiche ed alla relazione riepilogativa ed illustrativa redatta da un Geologo o da un Ingegnere esperto in geotecnica.

Si prevede di effettuare le prove SPT in tutti i carotaggi e pozzetti per un numero di 2 per le aste fluviali, rurale e urbano e 4 per gli attraversamenti.

## **ART. 13**

### **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (Standard Penetration Test)**

Su disposizione della DD.LL. la prova, può essere effettuata saltuariamente a partire dal fondo dei fori di sondaggi, oppure in successioni di prove più o meno ravvicinate in fori appositamente effettuati per la prova SPT. Sul fondo foro opportunamente pulito. Dovrà essere infisso a percussione un campionatore di forma e dimensioni standard, attraverso il quale in base al numero dei colpi N necessari alla penetrazione di 45 cm, misurati separatamente in 3 tratti di 15 cm ciascuno sia possibile valutare orientativamente lo stato di consistenza dei terreni, in genere sabbiosi o limo-argillosi.

La percussione dovrà essere effettuata secondo le modalità nelle norme ASTM.

Per la prova dovrà essere usato un campionatore Raymond di lunghezza 711 mm, diametro esterno 50,8 mm, diametro interno 34,9 mm ed un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio, di peso 63,5 Kg (+0,5 Kg), che assicuri una corsa a caduta libera di 0,76 m (+ 0,02 m).

Nelle perforazioni a circolazione di fluidi, è permesso soltanto l'impiego di scalpelli a getti laterali.

Nei fori ove il terreno dovesse franare, la stabilità delle pareti dovrà essere assicurata preferibilmente con tubi di rivestimento.

Se la prova interesserà terreni molto compatti o ghiaiosi, su parere della DD.LL., l'Appaltatore potrà impiegare, al posto della scarpa del campionatore suddescritta, una punta conica, di diametro esterno 51 mm ed apertura angolare di 60°. L'Appaltatore è tenuto a conservare il campione estratto dal campionatore, trasferendolo dal tubo di campionamento, in contenitori di plastica, contrassegnati con etichetta. L'Appaltatore dovrà consegnare alla DD.LL. i campioni e la documentazione di ciascuna prova nella quale siano stati riportati i seguenti dati: cantiere, indicazione del foro, metodo di perforazione, tipo di maglio, profondità della prova, rapporto della prova in cui risulta il numero dei colpi N1, N2, N3, livello freatico, descrizione del litotipo campionato, parametri geotecnici risultanti dall'elaborazione dei dati della prova. Ogni prova verrà pagata con il prezzo di elenco relativo indipendentemente dal numero di colpi del maglio. La prova si intenderà completata anche in caso di "Rifiuto". L'esecuzione dei fori di sondaggio, con eventuali rivestimenti, sarà pagata a parte.

## **ART. 14**

### **PIEZOMETRI**

In base alle conoscenze attuali riguardanti l'assetto stratigrafico del sottosuolo del sito, la falda da indagare più superficiale sembra in genere localizzata a profondità prossime a 3-4 metri dal piano campagna. Allo scopo di verificare nel dettaglio l'assetto idrogeologico dell'area da monitorare nonché la qualità delle acque sotterranee, si prevede di completare i sondaggi perimetrali come pozzi di monitoraggio della falda.

I piezometri devono essere collocati in tutti i carotaggi e nei pozzetti geognostici, in modo tale da intercettare l'entrata e l'uscita, in senso idrogeologico, delle acque di falda. I pozzi di monitoraggio della falda superficiale raggiungeranno una profondità massima di 10 m dal p.c. e il foro sarà completato con una tubazione in PVC del diametro di 4". La tubazione sarà microfessurata, con luce di 0,5 mm, nel tratto compreso dal fondo foro fino a circa 1,5 metri dal piano campagna (nel caso di falda molto superficiale il tratto fessurato terminerà in ogni modo al di sopra del livello di falda riscontrato) e cieca dello stesso diametro e materiale nel rimanente tratto.

Lo spazio anulare tra il pozzo e il foro sarà riempito con sabbia silicea lavata e calibrata (1-3 mm) fino a 50 cm sopra il tratto fessurato. Al fine di evitare l'infiltrazione delle acque superficiali, il restante spazio sarà riempito con bentonite in pellets per circa 50 cm e con una miscela cementizia fino a boccapozzo. Al termine dell'installazione, in tutti i piezometri si procederà allo sviluppo e allo spurgo mediante pompa sommersa a piccola portata o mediante "air lift". I pozzi di monitoraggio potranno essere completati in superficie, in funzione dell'ubicazione, con pozzetti carrabili in ghisa o con protezioni metalliche fuori terra. Per prevenire l'infiltrazione d'eventuale acqua superficiale, il boccapozzo sarà chiuso con un tappo a tenuta con lucchetto. Modalità di esecuzione alternativa dovrà essere concordata con la D.L.

Il monitoraggio dei livelli piezometrici dovrà effettuarsi con un freatimetro e dovrà completarsi nel più breve tempo possibile, in tempo massimo di una settimana.

Contestualmente alla misurazione verranno registrati su apposita scheda i seguenti dati:

- sigla piezometro;
- livello di falda, espresso in quota assoluta;
- data misura;
- ora misura.

Per la misura dei livelli piezometrici tutti gli strumenti di misura dovranno essere calibrati secondo le modalità previste dal costruttore. La calibrazione dovrà essere verificata quotidianamente prima dell'utilizzo degli stessi. Gli strumenti inoltre verranno decontaminati dopo ogni piezometro rilevato. La misura del livello piezometrico dovrà essere eseguita mediante l'utilizzo di sonda elettrica centimetrata, in grado di emettere un segnale acustico o luminoso al contatto con la superficie piezometrica. Il punto di riferimento delle misure di livello (tipicamente la bocca del pozzo) dovrà essere stata preventivamente quotata, come descritto a proposito del rilievo topografico; la quota di riferimento deve essere chiaramente specificata nel modulo di campionamento delle acque sotterranee. I risultati dovranno essere redatti in una relazione descrittiva riportante le specifiche dell'attività svolta, e i risultati delle misure effettuate.

## **ART. 15**

### **MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI DI ACQUA**

Da ciascun piezometro sarà prelevato n. 1 (uno) campione d'acqua, oltre a quelli necessari per le controanalisi di validazione da parte di ARPAS.

Prima del prelievo d'acqua sotterranea, i piezometri andranno adeguatamente spurgati fino a ottenimento d'acqua chiara e, in ogni caso, per un tempo non inferiore al ricambio di tre volte il volume d'acqua presente all'interno del piezometro.

Per il prelievo dei campioni d'acqua saranno utilizzate preferibilmente pompe a bassa portata (elettropompe sommerse o pompe peristaltiche).

Nel caso in cui si riscontri la presenza di prodotto surnatante, questo sarà campionato con appositi campionatori monouso in polietilene (bailer).

Durante il pompaggio per lo spurgo dei pozzi saranno monitorati i principali parametri chimico fisici (pH, temperatura, ossigeno disciolto e conducibilità).

I campioni saranno raccolti in appositi contenitori in vetro, in PE (per i campioni sui quali andranno effettuate le determinazioni dei metalli), in vetro scuro per la determinazione degli IPA e in vials per le sostanze volatili. Tutti i campioni dovranno essere conservati alla temperatura di  $4^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  mentre quelli destinati all'analisi delle sostanze volatili alla temperatura di  $-20^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , fino alla consegna al laboratorio che dovrà avvenire entro 24 ore dal campionamento.

Per il prelievo dei controcampioni, l'etichettatura, la conservazione dei campioni e il loro invio al laboratorio valgono le stesse determinazioni fatte per i campioni di terreno.

## **ART. 16**

### **IDENTIFICAZIONE E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI**

Sarà necessario presentare all'impresa che avrà l'appalto per le indagini, 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 alla direzione dei lavori qualsiasi difformità. Tutti i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova (provini) dovranno essere chiaramente identificati da una sigla o codice che accompagnerà il campione o il provino in tutte le fasi dell'attività di laboratorio (conservazione, preparazione, esecuzione delle prove, preparazione della documentazione di prova e del rapporto finale); dovrà inoltre essere stabilita una corrispondenza



tra il codice di identificazione adottato dal laboratorio 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 alla direzione dei lavori una scheda contenente:

- modalità di prelievo (pozzetto o sondaggio) e data di prelievo
- tipo di mezzo usato e tipo di campionatore impiegato
- 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.

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 alla direzione dei lavori 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 della direzione dei lavori o, salvo diverse indicazioni, dopo 2 anni dalla fine delle attività. 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  $20^{\circ}$  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 %. 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.

## **ART. 17**

### **APERTURA E DESCRIZIONE DEI CAMPIONI**

Per i campioni indisturbati, l'estrusione dalle fustelle o dalle cassette di alloggiamento dovrà avvenire tramite l'utilizzo di un estrusore idraulico, con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi o l'esecuzione di brusche manovre, il tutto in modo da minimizzare il disturbo arrecato al campione. 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 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 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 dello 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.

Per i 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. Anche in questo caso, 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.

## **ART. 18**

### **PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO**

L'impresa dovrà provvedere al prelievo dei campioni indisturbati o parzialmente disturbati, alle profondità indicate alla DD.LL. con le modalità di conservazione prescritte agli art. 8-9-10.

L'Appaltatore consegnerà alla D.L. gli elaborati delle prove, in numero di 6 copie entro tempi tecnici compatibili con il tipo di prove da effettuare.

Tale elaborato, a firma di un Geologo o di un Ingegnere, dovrà comprendere:

- descrizione dei campioni esaminati;
- certificazioni delle prove a mezzo appositi stampati, dai quali si evincano le curve caratteristiche ed i parametri determinati;
- un quadro riepilogativo di tutte le indagini, dal quale sinteticamente si possano rilevare le caratteristiche fisico-meccaniche dei campioni esaminati;
- una relazione esplicativa delle modalità seguite durante le analisi e le prove, ed illustrativa dei risultati ottenuti.

Le attività relative alla redazione della suddetta relazione, compensate come stabilito nel Capitolato speciale d'appalto - Disposizioni Normative, sono svolte dal soggetto che provvederà alla esecuzione dei lavori di indagine geognostiche

Nella stessa relazione dovrà essere iscritta una nota sullo stato di conservazione dei campioni pervenuti in laboratorio, in fustelle o contenitori, sulla loro quantità e sui residui riconservati e riconsegnati all'Impresa.

Le prove dovranno essere effettuate facendo riferimento alle più importanti normative nazionali ed internazionali esistenti (A.G.I., C.N.R., UNI-CEI-EN 45001, A.S.T.M., A.A.S.H.T.O., B.S.), e saranno compensate con i prezzi di elenco.

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. Le prove dovranno eseguirsi in laboratori certificati ai sensi del D.P.R. n. 380/2001 art. 59 e s.m.i. e delle Circolari del 08.09.2010 n. 7618/STC e s.m.i.. 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. 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 dovrà essere fornita alla direzione dei lavori 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 alla data di prova, dovrà accompagnare il rapporto di prova emesso dal laboratorio. Per ogni campione, di qualsiasi natura, dovrà essere compilata una scheda sulla quale dovranno essere riportate le più importanti caratteristiche fisiche (come da schede per ciascuna tipologia di sito allegata e alla quale si fa riferimento):

- la sigla identificativa del campione e la profondità di prelievo;
- analisi granulometrica (per vagliatura e sedimentazione);
- i valori dei limiti di Attenberg di consistenza e dell'indice di plasticità;
- le classificazioni delle terre con AGI, USCS e CNR-UNI 10006;
- il contenuto d'acqua;
- il peso unitario secco ( o densità secca);
- il peso specifico del solido

e le immediate determinazioni da queste, quali:

- l'indice dei vuoti;
- la porosità;
- il grado di saturazione;
- il peso di volume saturo;
- I seguenti parametri geotecnici;
  - carico verticale;
  - sforzo al taglio massimo e residuo;
  - angolo di attrito;
  - coesione.

La scheda dovrà riportare, inoltre, tutte quelle indicazioni riguardanti il sondaggio, il numero del campione, la profondità ed il cantiere di provenienza.

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.

## **ART. 19**

### **CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE E ANALISI GRANULOMETRICA**

La classificazione delle terre, in ossequio a quanto dettato dalle norme vigenti (A.S.T.M. o U.N.I.) richiede la determinazione della granulometria.

Per le analisi granulometriche dovranno essere impiegati setacci o crivelli della serie C.N.R.-U.N.I. o A.S.T.M.

Per le terre con grana di dimensione maggiore di 0,075 mm l'analisi per vagliatura meccanica dovrà essere effettuata per via "secca."

Se la terra presenta una non trascurabile percentuale di limi e argille, di difficile separazione dalla frazione a grana grossa, si dovrà ricorrere all'analisi granulometrica "umida" per allontanamento del passante al setaccio U.N.I. 0,075 (A.S.T.M. 200)

Alla frazione di terre passanti al setaccio anzidetto, l'analisi dovrà, invece, essere effettuata con il metodo della sedimentazione.

## **ART. 20**

### **PROVE DI TAGLIO DIRETTO**

Per la conoscenza della resistenza al taglio di terreni coerenti od incoerenti, l'Appaltatore, su disposizione della D.LL. può effettuare la prova di taglio diretto con la scatola di Casagrande (ASTM D3080), di forma cilindrica o quadrata. Tale prova, che dovrà essere eseguita generalmente in condizioni drenate (CD), sarà valida se sviluppata su almeno 3 provini consolidati.

Ciascun provino, consolidato sotto un diverso carico verticale per il tempo necessario, affinché i comparatori raggiungano la stabilizzazione, dovrà essere sottoposto a sforzo di taglio sino al punto di rottura, lungo un piano orizzontale mediano, definito dai 2 telai sovrapposti della scatola. La velocità della prova dovrà essere desunta dal rapporto tra l'entità dello scorrimento stimato perché il provino giunga a rottura e il tempo necessario al provino stesso per consolidarsi del 50%.

Le risultanze delle prove dovranno essere trasferite in un elaborato comprendente oltre tutti i dati fisici e di individuazione del campione, i diagrammi carico verticale - sforzo di taglio e deformazione - sforzo di taglio. L'entità del "taglio residuo", se richiesto, dovrà essere determinato da almeno 5 cicli di rottura, in modo da pervenire ad una stabilizzazione della curva carico/spostamento.

## **ART. 21**

### **INDAGINI GEOFISICHE**

Le prospezioni sismiche dovranno essere effettuate con l'impiego di strumenti, con un minimo di 12 canali a seconda delle indicazioni della Direzione dei Lavori, nei quali siano state adottate le più moderne tecnologie elettroniche, che consentono la visualizzazione dei segnali su un monitor, la registrazione, a mezzo di stampante grafica, delle onde sismiche dirette, rifratte o riflesse e la misurazione degli intervalli di tempo necessari alle onde stesse per l'arrivo dal punto di impatto ai geofoni. Per l'energizzazione l'Impresa dovrà impiegare preferibilmente delle masse battenti di peso opportuno. In tal caso, potranno essere impiegate sia onde P che onde Sv, Sh, secondo quanto richiesto dalla D.L. e in modo da adattare le indagini caso per caso usando onde P o S. Qualora condizioni geologiche locali consigliassero l'uso di piccole cariche esplosive, l'Esecutore dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla richiesta dei permessi, al trasporto ed alla conservazione delle cariche stesse, nel pieno rispetto delle disposizioni di legge esistenti in materia di pubblica incolumità, restando lo stesso Esecutore unico responsabile nel caso di

inottemperanza o di danni causati da mancata applicazione delle norme di prevenzione. I risultati delle indagini del tipo “sismica a rifrazione”, con basi e stendimenti secondo le indicazioni e le specifiche di progetto delle stesse, dovranno essere rimesse all’Amministrazione completi della stampa di tutti i sismogrammi e relativo “pick of first times”, delle condizioni di registrazione (guadagno del segnale, sommatoria dello stesso, applicazione di filtri ecc...).

L’appaltatore dovrà provvedere alla fornitura delle attrezzature necessarie, del personale tecnico specializzato (geologo) e della manovalanza. Dovrà provvedere alla redazione di una relazione generale sulle indagini geofisiche effettuate, con allegati i diagrammi dei singoli stendimenti (da effettuare così come da planimetrie e tipologie tipo allegate), i risultati interpretativi, e tutti quegli elementi necessari a giudizio della D.L. Le prospezioni geofisiche, a mezzo di profili sismici, varieranno a seconda degli obiettivi dell’indagine e restano subordinate alle indicazioni ottenute dal rilevamento geologico di superficie e della tipologia di opere interessate e dovranno essere concordate con la D.L. o suo delegato e confrontandosi anche con il progettista delle opere (ponti e muri di contenimento).

L’indagine dovrà essere effettuata da tecnici geologi esperti in geofisica, i cui nominativi devono essere comunicati preventivamente alla D.L. (come per tutto il personale tecnico e non che opera nei cantieri), ed eseguita su prestabiliti allineamenti sismici, in particolare per le tipologie A-P, B-P, C-P, A-C (attraversamenti fluviali e asta fluviale in ambito trasformato).

## **ART. 22**

### **ANALISI AMBIENTALI DI LABORATORIO**

#### **ANALISI DELLE TERRE**

Il prelievo di campioni dovrà interessare la porzione di terreno sopra il livello della falda acquifera superficiale, ovvero sino alle quote di rinvenimento del basamento lapideo in caso di assenza di circolazioni idriche sotterranee. Lungo una stessa verticale dovranno essere prelevati 3 campioni (1 campione tra il piano di campagna e 1 metro, 1 campione a fondo foro e 1 campione in una quota intermedia). Ciascun campione sarà rappresentativo della relativa porzione di metro.

Per ogni carotaggio deve essere prevista una scheda riassuntiva in cui riportare le coordinate di campionamento secondo il sistema richiesto, la profondità di campionamento, la data e l’ora in cui è avvenuto il campionamento, il codice del campione e le sezioni prelevate. Inoltre, per ogni campione da analizzare dovrà essere prevista la:

- descrizione stratigrafica: i campioni prelevati, devono essere fotografati e ispezionati visivamente da personale specializzato. In ogni foto deve comparire una targa identificativa del campione, comprendente il codice della stazione, la data di prelievo e la lunghezza della carota. Nella scheda riassuntiva devono inoltre essere riportate osservazioni relativamente al colore, odore, tipologia dei sedimenti, grado di idratazione, presenza di frammenti conchigliari, presenza di residui e materiale organico, presenza di strutture sedimentologiche, presenza di rifiuti o altro.
- scelta delle sezioni da prelevare per le indagini di laboratorio. Le carote devono essere misurate per la loro lunghezza di prelievo e successivamente subcampionate sul posto prelevando, partendo dal top, i livelli di sedimento sopra indicati. Le suddivisioni sopra proposte potranno comunque subire variazioni sulla base delle osservazioni sulla stratigrafia della carota. Se dall’osservazione della carota si evidenzia, in uno strato non incluso tra le sezioni prescelte, una condizione di sospetta contaminazione, anche quest’ultimo sarà prelevato e analizzato. Parimenti, qualora prima del raggiungimento della profondità di campionamento, sia accertata (e opportunamente documentata) l’individuazione del substrato litologico (in posto), per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente il prelievo di una sola sezione di lunghezza 50 cm rappresentativa dell’intero strato. Nel caso in cui sia accertata e opportunamente documentata la presenza di strati non campionabili che impediscano la penetrazione dello strumento durante le attività di carotaggio, in via cautelativa, si suggerisce di provvedere al prelievo di tutto lo spessore di sedimento campionabile e di procedere successivamente alla suddivisione in livelli di 50 cm da destinarsi alle determinazioni analitiche, così come previsto dalla strategia di caratterizzazione, includendo comunque, tra i livelli da analizzare, anche l’ultimo livello di spessore inferiore ai 50 cm. Sono destinati alle analisi tutti i livelli di sedimento prelevati.

- prelievo dell'aliquota destinata alla determinazione dei composti volatili (Idrocarburi C<sub>≤</sub>12). Il prelievo, sui singoli livelli selezionati, dell'aliquota di sedimento destinata alla determinazione dei composti volatili dovrà essere effettuato subito dopo le operazioni di apertura o estrusione della carota, prima della suddivisione in subcampioni.
- descrizione del campione. Ogni livello di prelievo deve essere accompagnato da una descrizione macroscopica del sedimento, effettuata da personale specializzato.
- preparazione del campione.

Il campione prelevato dovrà essere omogeneizzato in situ, tramite quartatura, privato dei materiali estranei (radici, vetro, ciottoli etc.), che saranno comunque indicati nelle note di campionatura, e della frazione maggiore di 2 cm, la quale dovrà essere scartata preferibilmente in campo con l'ausilio di apposito vaglio. Le determinazioni analitiche in laboratorio dovranno essere condotte pertanto sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm.

Solo il campione in cui si determinerà la presenza degli idrocarburi non dovrà essere sottoposto a omogeneizzazione e sarà prelevato puntualmente.

Successivamente il campione andrà suddiviso in due subcampioni, uno destinato alle analisi e l'altro da suddividere ulteriormente in due subcampioni, destinati rispettivamente alle analisi di controllo e a eventuali contraddittori. Entrambi i subcampioni dovranno essere sigillati in campo mediante dispositivi dotati di sistemi di massima sicurezza e conservati a cura dell'impresa in contenitori di teflon (ovvero in contenitori in HDPE), a temperatura compresa tra -18 °C e - 25 °C, secondo le disposizioni dell'A.R.P.A.S..

Viceversa, il subcampione destinato alle analisi deve essere prontamente suddiviso in aliquote, da conservare e trasportare secondo il seguente schema:

- aliquota per la chimica organica (Idrocarburi C<sub>></sub>12, ed altri parametri come da **allegato 4 D.M. 161 2012**). Il sedimento è raccolto in contenitori decontaminati in teflon (PTFE). In alternativa, è possibile utilizzare contenitori in polietilene ad alta densità (HDPE), possibilmente dotati di sottotappo, per garantire l'integrità del campione. Il trasporto viene effettuato a temperature comprese tra +4°C e +6°C; in laboratorio i campioni vengono conservati in congelatori a temperature comprese tra -18°C e - 25°C.
- aliquota per l'analisi di composti organici volatili (Idrocarburi C<sub>≤</sub>12). Il campione deve essere raccolto, avendo cura di non utilizzare sedimento che sia stato a contatto con il liner o l'atmosfera, in contenitori decontaminati in vetro, generalmente compatibili con lo strumento utilizzato per l'analisi, e in quantità idonea, subito ben chiusi tramite tappo a vite o a ghiera dotato di setto in PTFE. Il trasporto e la conservazione avvengono a temperature comprese tra +4°C e +6°C. I campioni dovranno essere analizzati preferibilmente entro 14 giorni.
- aliquota per l'analisi di metalli ed elementi in tracce. Il campione è raccolto in contenitori decontaminati in HDPE e il trasporto avviene a temperature comprese tra +4°C e +6°C; una volta in laboratorio il campione è conservato in congelatori a temperature comprese tra -18°C e -25°C.
- Aliquota per l'analisi del mercurio: il sedimento è raccolto in contenitori decontaminati in teflon (PTFE). In alternativa, è possibile utilizzare contenitori in polietilene ad alta densità (HDPE), possibilmente dotati di sottotappo, per garantire l'integrità del campione. Il trasporto e la conservazione avvengono a temperature comprese tra +4°C e +6°C. I campioni dovranno essere analizzati preferibilmente entro 7 giorni.

Per quanto riguarda i campioni da conservare, è sufficiente provvedere in campo all'omogeneizzazione e alla conservazione in contenitori di teflon (ovvero in contenitori in HDPE), a temperatura compresa tra - 18 °C e - 25 °C.

Il set di parametri analitici da ricercare dovrà essere definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera.

## **ANALISI DELLE ACQUE DI FALDA**

Le attività di analisi in laboratorio faranno riferimento alla tabella acque sotterranee allegata al D.M. 161/2012 e al D Lgs. 152/2006. Saranno adottate metodiche analitiche ufficialmente riconosciute a livello nazionale ed internazionale, con particolare riferimento a:

- Metodi APAT/IRSA;
- Metodi elaborati dall'Environmental Protection Agency statunitense (USEPA);
- Metodi definiti dal "Gruppo di lavoro Idrocarburi" istituito da APAT e costituito da ARPA-ICRAM-ISS-CNR/IRSA-CRA;

Le analisi verranno eseguite da laboratori accreditati, nel rispetto dei requisiti della norma internazionale di riferimento UNI CEI EN ISO/IEC 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura" e degli altri requisiti applicabili, stabiliti dall'Ente stesso o contenuti nella normativa inerente gli ambiti di attività del Laboratorio.

Il laboratorio provvederà:

- ad eseguire le analisi di laboratorio nel più breve tempo possibile dal momento del prelievo;
- a redigere e consegnare al Committente in formato cartaceo e digitale, per la successiva presentazione all'ARPAS, una relazione indicando, per ogni parametro analizzato, i metodi usati ed i relativi limiti di rilevabilità;

Il set analitico minimale da considerare è quello riportato nella tabella 2 allegato 5 parte quarta del D. Lgs. 152/2006, fermo restando che la lista delle sostanze da ricercare può essere modificata ed estesa in accordo con l'ARPAS in considerazione delle attività antropiche pregresse.

Tutte le indagini per la caratterizzazione dei materiali da campionare, le procedure di caratterizzazione ambientale, devo fare riferimento all'allegato 4 (Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali) e qualora necessario l'allegato 8 (Procedure di campionamento in fase esecutiva e per i controlli e le ispezioni) del D.M. 161 2012.

In merito alle analisi di caratterizzazione ambientale, l'ARPAS è tenuta a effettuare tutti i controlli e le ispezioni necessarie (AUDIT – ISO 9001) sia in fase di realizzazione dei pozzetti / sondaggi, prelievo dei campioni, (quindi che vengano realizzati nei siti previsti nella documentazione prevista e con le modalità a norma di legge), corretto trasporto nei laboratori, modalità di esecuzione delle prove e analisi di laboratorio, anche effettuando delle controanalisi presso i propri laboratori nella misura di circa il 10%.

## **ART. 23**

### ***NORMATIVA PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE***

#### **Normativa di riferimento per l'esecuzione delle prove**

Le prove dovranno essere effettuate facendo riferimento alle più importanti normative nazionali e internazionali esistenti (C.N.R. - U.N.I. – A.S.T.M. - B.S.) e alle raccomandazioni A.G.I.:

- A.G.I. (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- A.G.I. (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- norma CNR UNI 10010/64 "Prove sulle terre. Peso specifico di una terra";
- norma CNR UNI 10014/64 "Prove sulle terre. Determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg) di una terra";
- U.S.A. – ASTM D421 - D2217 per la analisi granulometrica mediante vagliatura;
- ISO 11274 del 1998 e ISO 11275 del 2004 per la determinazione delle curve caratteristiche idrauliche del terreno non saturo.

Più dettagliatamente:

Per la determinazione delle caratteristiche fisiche generali:

- contenuto naturale d'acqua (ASTM D 2216 – 92 Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock);
- limiti di consistenza (ASTM D 4318 - 84 - Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils);
- limiti di ritiro (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);

- resistenza al taglio di picco (ASTM D 3080 - 90 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions);
- saturazione con il metodo della saturazione completa;
- Peso di volume allo stato naturale o peso specifico apparente (BS 1377 (1990) – Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests);
- Porosità o indice dei vuoti;
- Analisi granulometrica per vagliatura (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);
- analisi granulometrica per sedimentazione (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);

Per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche:

- Prova di consolidazione edometrica a incrementi di carico controllati (IL) (ASTM D 2435 - 90 - Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils);
- Prova triassiale consolidata non drenata (CU);
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU) (ASTM D 2850 - 95 - Standard Test Method for Unconsolidated, Undrained Compressive Strength of Cohesive Soils in Triaxial Compression).

#### **ART. 24 RELAZIONI CONCLUSIVE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE**

Dovranno essere redatte apposite e distinte relazioni conclusive delle indagini geologiche, geotecniche e di caratterizzazione ambientale, unitamente agli elaborati grafici a corredo delle medesime, sottoscritte da professionisti abilitati all'esercizio della professione di Geologo. Tutti gli elaborati dovranno essere forniti in numero quattro copie cartacee sottoscritte, nonché su supporto digitale contenente i files in formato "pdf" firmato digitalmente, e nei formati editabili "word", "dxf/dwg" e "shp".

Gli elaborati dovranno essere strutturati per capitoli distinti con riferimento alle singole opere strutturali previste in progetto (ponti, muri di contenimento) e ai singoli tratti delle aste fluviali oggetto di intervento.

I contenuti sono di seguito illustrati.

#### **RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE.**

La relazione dovrà ricostruire i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali e geomorfologici del territorio. Dovrà valutare l'esatta interazione opera – terreno ed in particolare le interazioni del progetto sugli aspetti geomorfologici e idrogeologici.

L'elaborato dovrà contenere un'accurata valutazione geolitologica di superficie dell'area oggetto di studio e del territorio circostante nonché una valutazione geomorfologica ai fini della determinazione ed individuazione dei fenomeni erosivi, instabilità dei versanti del bacino idrografico di appartenenza, dei dissesti in atto o eventuali e dei principali elementi strutturali e di evoluzione morfodinamica.

Nello specifico l'elaborato dovrà comprendere i seguenti contenuti:

##### **Geologia**

- *Contesto geologico di riferimento, con preciso riferimento al progetto;*
- *Geologia di area vasta;*
- *Geomorfologia, idrologia ed idrogeologia di area ristretta, con accertamento diretto della profondità della falda.*

##### **Modellazione geologica**



- *Sintesi delle analisi condotte con valutazione sulla attendibilità dei risultati e delle eventuali difficoltà incontrate (Analisi geologica, stratigrafica e strutturale e analisi geomorfologica)*
- *Modello geologico di sintesi per le verifiche di stabilità*
- *Definizione degli elementi geologici e geomorfologici di pericolosità sismica locale*
- *Modello geologico di sintesi utile per la modellazione geotecnica (con esposizione ed interpretazione dei risultati con una o più sezioni litotecniche)*

#### **Modellazione sismica**

- *Metodologia di studio;*
- *Caratterizzazione sismica dell'area (sismicità storica);*
- *Pericolosità sismica di base;*
- *Azione sismica (sulla base delle valutazioni di pericolosità sismica locale);*
- *Determinazione dell'approccio più idoneo ai fini della definizione dell'azione sismica derivante dalla valutazione dell'effetto di risposta sismica locale (RSL);*
- *Valutazione dell'effetto di risposta sismica locale (RSL) per effetti stratigrafici (colonne stratigrafiche) e/o morfologici (sezioni stratigrafiche)*
- *Caratterizzazione dei terreni ai fini sismici;*

L'elaborato dovrà essere corredato dalle seguenti tavole:

- *Corografie a varie scale (Tavoletta IGM, Ortofotocarte, CTR, ecc.)*
- *Carta Geologica e Geomorfologica;*
- *Planimetria in scala adeguata con ubicazione delle indagini, specificando le coordinate dei sondaggi unitamente alla quota altimetrica di "boccaforo"*
- *Profili longitudinali e trasversali, Geologici e Litotecnici (Modello geologico) distinti con riferimento alle singole opere strutturali previste in progetto (ponti, muri di contenimento) e ai singoli tratti delle aste fluviali oggetto di intervento.*

#### **RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE INDAGINI GEOTECNICHE**

La relazione conclusiva delle indagini geotecniche dovrà comprendere i risultati ottenuti dalle indagini e prove geotecniche, descrivere la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera. In essa dovranno essere riassunti i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione - terreno. La relazione dovrà essere strutturata per capitoli distinti con riferimento alle singole opere strutturali previste in progetto (ponti, muri di contenimento) e ai singoli tratti delle aste fluviali oggetto di intervento.

Nello specifico l'elaborato dovrà comprendere i seguenti contenuti:

- *Sintesi dei dati relativi al modello geologico (con richiamo alla relazione conclusiva delle indagini geologiche).*
- *Raccolta delle indagini e delle prove geotecniche svolte per ogni sito.*
- *Sintesi delle indagini e delle prove geotecniche svolte per ogni sito.*
- *Definizione di eventuali problemi geologici ed aspetti geotecnici locali*
- *Modello Geotecnico - Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce;*
- *Identificazione degli stati limite di progetto in condizioni statiche e in condizioni sismiche;*

La relazione conclusiva delle indagini geotecniche dovrà essere corredata degli elaborati grafici (cartografie) e descrittivi (tabelle, figure ed allegati vari) utili a supportare il modello geotecnico relativo al volume significativo dei manufatti in progetto.

## RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

I risultati delle indagini di caratterizzazione ambientale dovranno essere interpretati ed analizzati in apposita relazione, che dovrà anche definire la situazione geologica di ogni sito analizzato, (successione stratigrafica, livello di falda, presenza di materiali antropici e caratteristiche). Dovranno essere redatte delle carte tematiche generali e di dettaglio zona per zona, con sezioni stratigrafiche, correlando e argomentando quanto riscontrato dalle indagini per ogni sito.

Al fine di esplicitare quanto richiesto l'elaborato finale deve avere i seguenti elementi per tutti i siti interessati dalla produzione alla destinazione, ivi comprese aree temporanee, viabilità, ecc:

- 1) inquadramento territoriale con ubicazione dei siti;
- 2) Inquadramento geologico ed idrogeologico:
  - 2.1 descrizione del contesto geologico della zona, mediante l'utilizzo di tutte le informazioni desunte dalle prove svolte, che dovranno essere esaurientemente documentate;
  - 2.2 ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo, mediante l'utilizzo dei risultati delle indagini già attuate. I riporti, aree bonificate, aree con presenza di inquinamento, se presenti, dovranno essere evidenziati nella ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo;
  - 2.3 descrizione del contesto idrogeologico della zona (presenza o meno di acquiferi e loro tipologia);
  - 2.4 livelli piezometrici degli acquiferi principali, direzione di flusso, con eventuale ubicazione dei pozzi e piezometri presenti;
- 3) descrizione delle attività svolte:
  - 3.1 uso pregresso del sito e cronistoria delle attività antropiche svolte sul sito;
  - 3.2 definizione delle aree a maggiore possibilità di inquinamento e dei possibili percorsi di migrazione;
  - 3.3 identificazione delle possibili sostanze presenti;
  - 3.4 risultati delle indagini ambientali svolte e delle modalità di esecuzione, con evidenza dell'eventuale superamento delle soglie;
  - 3.5 localizzazione dei punti mediante planimetrie georeferenziate.

Tutti gli elaborati dovranno essere forniti in numero quattro copie cartacee sottoscritte, nonché su supporto digitale contenente i files in formato "pdf" firmato digitalmente, e nei formati editabili "word", "dxf/dwg" e "shp".