



*Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

**AREA TECNICA**

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

**DISCIPLINARE TECNICO PER LA CAMPAGNA DI INDAGINI  
GEOGNOSTICHE**

**FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO SCOLASTICO DA DESTINARSI A SCUOLA  
PER L'INFANZIA IN LOCALITÀ IZZO – CASAL DI PRINCIPE (CE)**



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

### 1 SOMMARIO

1	SOMMARIO.....	2
2	OGGETTO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE.....	4
2.1	<i>Premessa</i> .....	4
2.2	<i>Piano di indagine</i> .....	5
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	6
3.1	<i>Sondaggi geognostici</i> .....	6
3.1.1	Carotaggi continui a rotazione .....	6
3.1.2	Prelievo di campioni .....	6
3.1.3	Descrizione stratigrafica e dati tecnici.....	7
3.1.4	Cassette catalogatrici.....	9
3.2	<i>Prove nei fori di sondaggio (prove SPT)</i> .....	9
3.3	<i>Allestimento piezometri e misure</i> .....	10
3.3.1	Rivestimenti provvisori .....	12
3.4	<i>Prove geotecniche di laboratorio</i> .....	12
4	INDAGINI GEOFISICHE .....	13
4.1	<i>Indagini MASW (n.2 stendimenti)</i> .....	13
4.1.1	Premessa .....	13
4.1.2	Generalità .....	13
4.1.3	Requisiti strumentali e modalità di acquisizione dei dati .....	14
4.1.4	Esecuzione .....	15
4.1.5	Annotazioni-raccomandazioni.....	17
4.1.6	Documentazione.....	18
5	ELABORATI RICHIESTI .....	20
5.1	<i>Elenco elaborati</i> .....	20



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

<b>6</b>	<b>RIEPILOGO INDAGINI.....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>STIMA DEI COSTI .....</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>UBICAZIONE PLANIMETRICA INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</b>	<b>27</b>



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

## 2 OGGETTO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE

### 2.1 Premessa

Nella presente relazione si riporta una descrizione tecnica delle indagini per l'acquisizione della conoscenza geognostica nell'area interessata dalla realizzazione di un edificio scolastico da destinarsi a scuola per l'infanzia in località Izzo, nel comune di Casal di Principe.

Trattasi in particolare di un terreno la cui superficie effettivamente disponibile, al netto della viabilità realizzata, risulta di circa mq 1700; l'area, avente forma rettangolare di larghezza dell'ordine di 30x50 m circa, è delimitata da via Toscana e via Spinelli.



Immagine 1: vista aerea dell'area

La caratterizzazione geotecnica di cui alla seguente campagna di indagini deve avere come obiettivi minimi:

a) la caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033- (Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

- b) la conoscenza del regime delle pressioni interstiziali (superficie libera della falda, condizioni di quiete o di moto dell'acqua)
- c) la conoscenza delle proprietà fisiche e meccaniche dei diversi terreni ricadenti nel volume significativo
- d) la valutazione della risposta sismica locale del sito, attraverso la valutazione della VS30

## **2.2 Piano di indagine**

Il Piano delle indagini per la caratterizzazione del terreno richiederà l'esecuzione di:

- indagini geognostiche
- indagini geofisiche



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033- (Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

### **3 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

L'attività di indagine geognostica, attraverso cui conoscere il terreno di fondazione, riguarderà sondaggi, prove in sito e prove di laboratorio, secondo le specifiche di seguito riportate.

#### **3.1 Sondaggi geognostici**

##### 3.1.1 Carotaggi continui a rotazione

È prevista l'esecuzione di tre sondaggi ad andamento verticale eseguiti a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri di diametro minimo di mm. 85, fino alla profondità di esecuzione indicata di seguito nella tabella riepilogativa; tutti i sondaggi saranno allestiti a piezometro con tubo aperto a fondo foro.

Con i sondaggi si devono perseguire i seguenti scopi:

- ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo mediante l'esame del carotaggio continuo prodotto
- prelievo di campioni indisturbati, ove possibile, per la sperimentazione geotecnica di laboratorio
- installazione di piezometri
- esecuzione di prove in foro di tipo tradizionale (SPT)

##### 3.1.2 Prelievo di campioni

Nel corso dell'esecuzione delle perforazioni a rotazione di cui sopra, è previsto il prelievo di campioni indisturbati (n. 9 – n. 3 per sondaggio), compatibilmente con la natura del terreno, con l'impiego di campionatori a pareti sottili di tipo Shelby (per terreni sciolti) ed è compresa la fornitura di cassette catalogatrici atte alla conservazione delle carote e dei campioni stessi e la loro restituzione grafica. In presenza di roccia, semilitoide e litoide, si preleveranno dal carotaggio spezzoni di lunghezza  $\geq 15$  cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato. Qualora non fosse possibile il prelievo di campioni indisturbati si procederà al prelievo di altrettanti campioni rimaneggiati.



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

Relativamente ai campioni indisturbati da prelevare in foro, le quote di prelievo saranno concordate tra il Responsabile dei Lavori ed il personale tecnico della ditta Affidataria in ragione delle caratteristiche stratigrafiche dei materiali estratti con il carotaggio ed in corrispondenza di particolari evidenze riscontrate.

I campioni destinati alle prove di laboratorio, accuratamente imballati ed ermeticamente sigillati con paraffina fusa per preservarne le caratteristiche fisiche originarie, saranno inviati dall'Affidataria al laboratorio. Il campionamento dovrà essere seguito dal geologo.

### 3.1.3 Descrizione stratigrafica e dati tecnici

Nel corso delle attività di carotaggio, un geologo senior dovrà provvedere a rilevare, per ciascun punto di sondaggio, la stratigrafia del terreno attraversato specificando la descrizione litologica dei singoli strati, con particolare riguardo alle caratteristiche di permeabilità ed alle condizioni di umidità o di saturazione dei terreni, consistenza, colore, struttura, probabile origine, annotando inoltre eventuali particolarità riscontrate in corso di perforazione ed ogni altra informazione utile a definire le caratteristiche dei terreni attraversati.

In particolare dovranno essere riportati, in una specifica scheda identificativa del singolo sondaggio, almeno i seguenti dati:

- denominazione del cantiere;
- committente ed Affidataria;
- nome e numero di sondaggio;
- localizzazione;
- coordinate Gauss-Boaga del punto di perforazione;
- date e ora di inizio e fine perforazione;
- metodo di perforazione;
- tipo di carotiere e tipo di corona utilizzata per ogni singola manovra;
- attrezzatura impiegata;
- diametro di perforazione;
- diametro del rivestimento;



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

- profondità raggiunta;
- profondità del campionamento;
- eventuale fluido di circolazione;
- quota testa foro rispetto al livello medio mare;
- nominativo del compilatore e impresa di perforazione;
- altri dati eventuali (perdite di fluido, venute di acqua, crolli, fluidificazione dei terreni etc.).

Riguardo alla stratigrafia, per ciascuno strato dovranno essere specificati almeno i seguenti parametri:

- descrizione e composizione granulometrica del terreno;
- condizioni di umidità naturale;
- consistenza;
- colore;
- struttura;
- particolarità;
- litologia e origine.

Oltre alla registrazione della stratigrafia, il geologo senior annoterà nella documentazione di lavoro ogni notizia utile, ad esempio:

- percentuale di recupero;
- velocità di avanzamento in perforazione;
- refluenti in colonna;
- manovre di campionamento o prove non condotte a termine.

Sarà inoltre cura del geologo esaminare le carote ed effettuare misure su queste mediante il vane test e il pocket penetrometer.

Il geologo dovrà redigere una relazione stratigrafica e geolitologica, con annesse relative sezioni interpretative dei sondaggi eseguiti, che restituisca il quadro geologico dell'area in esame.





# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

### 3.1.4 Casette catalogatrici

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate e conservate in apposite cassette catalogatrici munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera.

Su ogni cassetta andranno indicati i nomi dell'Affidataria, del Committente e del cantiere oltre il codice del sondaggio. Dovranno, inoltre, essere indicate le profondità di prelievo rispetto al p.c. delle carote di terreno recuperate.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili ad indicare gli spezzoni di carota prelevati e asportati per il campionamento, con le quote di inizio e fine prelievo. Dovranno inoltre essere indicate, con l'inserimento di tasselli in legno o simili, le quote di fine battuta.

Le cassette catalogatrici, una volta completate, saranno chiuse e trasportate (esclusi i campioni destinati al laboratorio), a cura dell'Affidataria in accordo con il Committente, al riparo da agenti atmosferici in un locale indicato dalla stessa Affidataria.

Le cassette catalogatrici dovranno essere conservate per un periodo di tempo opportuno, in base alla caratterizzazione risultante dalle analisi, e successivamente smaltite secondo quanto previsto dalle norme in materia ed a cura dell'Affidataria, di concerto e a seguito di autorizzazione della Committente.

Ogni cassetta, entro 1 ora dal completamento, dovrà essere fotografata a colori (con scala cromatica di riferimento), dall'alto, da una distanza non superiore a 2 m, in modo che risaltino la natura dei terreni e la profondità rispetto al p.c. con riferimenti visibili; le fotografie delle cassette saranno stampate su supporto cartaceo e consegnate alla committente insieme al formato digitale.

### **3.2 Prove nei fori di sondaggio (prove SPT)**

E' prevista l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche del tipo Standard Penetration Test (S.P.T.), indicativamente in n. 6 per i due sondaggi da 20 m e n. 8 per quello da 30 m, con profondità di esecuzione pari a quella di perforazione stabilita per i sondaggi.

Le prove eseguite nel corso dei carotaggi a rotazione dovranno essere realizzate con



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033- (Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

campionatore tipo Raymond a punta conica con dispositivo automatico dello sganciamento del maglio del peso di Kg. 63,5 ad altezza di caduta di cm. 76,0. Il maglio, battendo a caduta libera sulle aste standard che prolungano il campionatore, infigge l'attrezzo nel terreno. Le misure vengono effettuate per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi necessari (Nspt) per ogni avanzamento. Dal valore di NSPT sarà possibile ricavare, mediante correlazioni di tipo empirico, parametri quali la densità relativa e l'angolo d'attrito e anche la resistenza a compressione uniassiale in caso di terreni a grana fina. Mediante particolari abachi e correlazioni sarà anche possibile ricavare parametri circa la deformabilità dei terreni in questione.

### **3.3 Allestimento piezometri e misure**

Il piano di indagini prevede l'allestimento e l'installazione nei 3 sondaggi di altrettanti piezometri con tubo aperto in modo da poter eseguire misurazioni dell'acqua di falda.

Per l'allestimento dei piezometri si provvederà, a perforazione ultimata, ad inserire nel foro libero, armato dal rivestimento a seguire in fase di perforazione, un tubo piezometrico in PVC da 4 pollici, così schematizzato, dal basso verso l'alto:

- fondello chiuso al fondo e cieco, di circa 50 cm di lunghezza;
- tratto microfessurato, con aperture 0,5/1,5 mm, di lunghezza da determinare in situ a seconda del livello di falda riscontrato;
- tubo cieco nella parte sommitale, e per almeno 50 cm fuori dal p.c.;
- riempimento dell'intercapedine tra il tubo fenestrato ed il rivestimento del foro con ghiaietto siliceo calibrato e lavato di dimensioni comprese tra 2 e 3 mm fino ad una quota di 50 cm al di sopra del tratto fessurato.

Il tratto fessurato dovrà essere selezionato a seguito di un accurato esame della stratigrafia del sito e quindi annotato. Sarà cura dell'impresa esecutrice restituire uno schema grafico del piezometro installato ove saranno riportate le caratteristiche geometriche del manufatto e dei materiali impiegati.

La predisposizione del tratto fessurato sarà effettuata per stadi successivi alternando



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

l'immissione del ghiaietto nel foro con l'estrazione della tubazione di rivestimento al fine di evitare il blocco del tubo piezometrico. Nella parte immediatamente sopra il ghiaietto verrà poi posto uno strato di boiaccia cementizia per uno spessore di 30 cm circa, e la restante parte del foro fino al p.c. verrà sigillata usando una miscela ternaria di acqua-cemento-bentonite, posta in opera almeno 12 ore dopo la creazione dello strato di boiaccia.

La testa del pozzo sarà poi protetta mediante la messa in opera di pozzetto fuori terra, in conglomerato cementizio (prefabbricato) o in metallo, provvisti di coperchio in ferro, lucchetto e palina di segnalazione.

Per la misura del livello piezometrico, tutti gli strumenti di misura dovranno essere calibrati secondo le modalità previste dal costruttore. La calibrazione dovrà essere verificata prima dell'utilizzo degli stessi.

Le misure dei livelli piezometrici dovranno essere eseguite mediante l'utilizzo di sonda elettrica centimetrata, in grado di emettere un segnale acustico e luminoso al contatto con la superficie piezometrica. In occasione di ogni lettura sarà opportuno rilevare la profondità della falda con precisione pari a  $\pm 0.5$  cm e la profondità del pozzo con precisione pari a  $\pm 1.0$  cm. Il punto di riferimento delle misure di livello (tipicamente la testa pozzo) dovrà essere preventivamente quotato con un rilievo topografico; la quota di riferimento deve essere chiaramente specificata nel modulo di campionamento acque sotterranee. Dovranno essere effettuate 3 letture per ogni piezometro, entro i tempi di realizzazione delle attività, indicativamente una lettura ogni 15 giorni. Al termine del periodo di monitoraggio dovrà essere presentato un rapporto scritto conclusivo, completo di dati in forma tabellare e grafica per ciascun piezometro e di note riepilogative con commento, inserito nella relazione finale. I dati raccolti in forma grafica dovranno inoltre essere diagrammati in uno stesso grafico ove saranno raggruppati per ciascuna area o in altro opportuno modo di rappresentazione in modo da rendere evidente la presenza di eventuali variazioni ed anomalie avvenute in determinati periodi di monitoraggio o all'interno di un singolo piezometro.



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

### **3.3.1 Rivestimenti provvisori**

Per proteggere le pareti dei fori da eventuali franamenti con conseguente occlusione del foro, dovranno essere impiegate tubazioni metalliche di rivestimento provvisorie, costituite mediante la posa in opera di una o più colonne di tubi innestati, avvitati o saldati insieme, di diametro tale da poter entrare facilmente nello scavo eseguito dal carotiere; l'infissione del rivestimento avverrà a rotazione e a bassa velocità.

I tubi di rivestimento, inoltre, dovranno sempre seguire e mai sopravanzare il carotiere.

### **3.4 Prove geotecniche di laboratorio**

Per la caratterizzazione del terreno, è prevista l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio su vari campioni (se fosse possibile indisturbati) di terreno prelevati, atte a determinare il peso specifico dei grani, come media di due misure indipendenti, il limite di liquidità, di plasticità e di ritiro, l'analisi granulometrica per via secca, l'analisi granulometrica per sedimentazione; sui provini indisturbati dovranno essere effettuate prove di taglio diretto (n. 3), di compressione uniaassiale (n.3), in funzione della litologia del campione prelevato (terreno – materiale lapideo). Si prevede altresì la realizzazione di tre prove edometriche.



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

## **4 INDAGINI GEOFISICHE**

### **4.1 Indagini MASW (n.2 stendimenti)**

#### 4.1.1 Premessa

Si prevede la esecuzione di prospezioni sismiche con tecnica tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) mediante l'utilizzazione di sismografi ad alta precisione ed a segnale incrementale, con energia d'impulso fornita dall'impatto di massa battente e/o esplosivo, con lunghezza di 24 o 48 metri utilizzando geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) con almeno n° 4 registrazioni per ogni stendimento, comprensivo dell'interpolazione ed elaborazione di dati con profilo verticale di velocità dell'onda S e determinazione del parametro Vs30.

Si prevede la esecuzione di due stendimenti tra loro ortogonali per complessivi 50 metri, l'ubicazione dei quali è riportato in allegato; tale collocazione potrà subire limitati spostamenti in funzione delle condizioni topografiche riscontrate in campo.

#### 4.1.2 Generalità

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio VS. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede tre passi fondamentali:

- 1) acquisizione multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033- (Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

- 2) estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
- 3) inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle VS (un profilo verticale posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale (noise) proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni.

### 4.1.3 Requisiti strumentali e modalità di acquisizione dei dati

Per l'indagine deve essere impiegata strumentazione avente le seguenti caratteristiche:

- Processore: minimo Pentium 266 Intel o superiore
- Trattamento dati: Floating Point 32-bit
- Numero di canali: minimo 24
- Risoluzione di acquisizione: 24bit con sovracampionamento e post-processing



# Comune di Casal di Principe

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

- Specifiche base tempi: risoluzione: 24bit (4 contatori indipendenti)
- base tempi: 20MHz, accuratezza:  $\pm 0.01\%$
- Compatibilità dati acquisiti: SEG-2
- Attivazione filtri: in acquisizione o post-acquisizione
- Filtri antialiasing: attivi, LPF, 8° ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (160 dB/dec);
- $f_0=5/8 f_{nyq}$ ;
- accuratezza  $\pm 1\%$  freq. di taglio
- Delay: Pre-trigger 0/10 ms (step di 1ms)
- Post-trigger 0-16000 ms (step di 1ms)
- Trace-size: automatica o manuale per ogni canale
- N° 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 10 m, con connettori e attacchi doppi, montato su rullo,
- N° 24 geofoni verticali a 4,5 Hz,
- mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter,
- cavo trigger da 100 m montato su rullo,
- piastra di battuta per le onde P.

L'utilizzo di masse battenti consente normalmente di acquisire una velocità di fase sperimentale nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz e, in definitiva, permette di ottenere dati su velocità, spessori e profondità dei sismostrati dal piano di campagna fino a 30-50 m.

#### 4.1.4 Esecuzione

Le prove possono essere eseguite utilizzando diverse modalità di acquisizione ed analisi.

La tecnica prevede l'utilizzo di un ricevitore e geofoni verticali con frequenza propria compresa tra 1Hz e 4.5Hz. Correntemente, le prove attive vengono effettuate utilizzando prevalentemente approcci multistazione (MASW), che risultano robusti ed efficienti.

La curva di dispersione delle velocità delle onde superficiali con la frequenza può essere



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

ricavata con tecniche che utilizzano trasformate bidimensionali nel dominio della frequenza e dei numeri d'onda ( $f-k$ ) o strumenti analoghi. Ad esempio, trasformando le tracce nel dominio frequenza  $f$  - numero d'onda  $k$ , le coppie  $f-k$  cui corrispondono i massimi spettrali di energia permettono di risalire alla curva di dispersione. La prova viene eventualmente ripetuta considerando diverse spaziature tra i ricevitori. In virtù dell'esistenza di diversi modi di propagazione, le informazioni ottenute dall'analisi spettrale sono differenti a seconda dei parametri meccanici e geometrici del volume di terreno.

Per determinate condizioni stratigrafiche (es. rigidità crescente con la profondità in assenza di forti contrasti) si ha il predominio del modo fondamentale di propagazione e quindi le informazioni ottenute riguardano proprio tale modo. In generale però le informazioni ottenute sono invece relative sia al modo fondamentale sia ai modi superiori. Inoltre nelle condizioni di prova usuali, la risoluzione spettrale non è sufficiente per una chiara identificazione dei singoli modi di propagazione ed è pertanto necessario fare riferimento ad una curva di dispersione apparente.

Le informazioni sperimentali riguardanti la curva di dispersione sono infine utilizzate per la caratterizzazione del terreno, risolvendo un problema matematico inverso. Il modello usualmente considerato è quello di mezzo elastico lineare a strati omogenei ed isotropi. I parametri necessari a descrivere pienamente tale modello sono: due costanti elastiche, lo spessore e la densità di ciascuno strato. La natura monodimensionale del modello in oggetto rende implicita l'ipotesi che gli strati siano piani e tra loro paralleli, ipotesi che deve pertanto essere in linea di massima soddisfatta dal deposito di terreno per garantire la significatività del risultato finale.

Nella soluzione del problema inverso usualmente vengono adottate alcune semplificazioni, al fine di ridurre il numero di incognite presenti ed alleviare i problemi di non unicità della soluzione. Sulla base di una serie di analisi parametriche è stato dimostrato che il numero di Poisson e la densità dei singoli strati rivestono un ruolo marginale. Pertanto il processo di inversione viene effettuato considerando come incognite solo la velocità delle onde di taglio e





# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

lo spessore di ciascuno strato ed assegnando a priori i valori di densità e numero di Poisson.

Nella scelta di tali valori è però necessario tenere in debito conto la presenza della falda, che comporta una brusca variazione nel valore del numero di Poisson.

Il processo di inversione può essere affrontato con approcci deterministici o stocastici. Nel primo caso si utilizzano tipicamente processi iterativi: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello fino al raggiungimento del miglior accordo tra la curva di dispersione simulata e quella sperimentale. Usualmente algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Con l'utilizzo di metodi di inversione stocastici, quale ad esempio il metodo Monte Carlo, è possibile limitare il rischio di convergenza del processo su minimi locali della funzione di obiettivo.

Tenendo conto della complessità dell'interpretazione di questo tipo di prove è necessario che tutte le fasi di elaborazione del dato sperimentale siano adeguatamente documentate, riportando anche i dettagli delle tecniche e dei codici di calcolo utilizzati.

#### 4.1.5 Annotazioni-raccomandazioni

La caratterizzazione basata sulla propagazione delle onde superficiali richiede la soluzione di un problema matematico inverso. Le informazioni stratigrafiche disponibili per il sito possono essere utilizzate per condizionare meglio il problema inverso e ridurre i margini di incertezza associati alla non-unicità della soluzione.

E' infine opportuno evidenziare alcuni aspetti relativi al controllo di qualità. La validazione di queste prove non è semplice, perché l'interpretazione richiede complesse procedure per l'analisi dei segnali e per la soluzione del problema inverso. Tuttavia è possibile segnalare alcuni controlli di base, che possono essere effettuati per una verifica preliminare di dati e risultati:



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

- le dimensioni degli stendimenti di misura devono essere adeguati alle profondità di indagine obiettivo della campagna di caratterizzazione. In prima approssimazione, la distanza massima tra i ricevitori alle estremità della stesa deve essere circa pari al doppio della profondità di indagine desiderata;
- l'esecuzione della prova in più direzioni o in versi opposti lungo lo stesso allineamento di geofoni (ossia con sorgente posizionata ai due estremi opposti) può consentire una verifica sommaria dell'ipotesi di conformazione del sottosuolo a strati piani e paralleli, sulla base del confronto tra le diverse curve di dispersione ottenute;
- la corrispondenza tra curva di dispersione sperimentale e curva di dispersione numerica relativa all'ultima iterazione del processo di inversione deve essere buona per tutto il campo di frequenze per il quale sono disponibili informazioni sperimentali;
- le profondità di indagine devono essere congruenti con l'informazione sperimentale effettivamente disponibile. In particolare con riferimento alla curva di dispersione sperimentale, la profondità massima di indagine è circa pari alla metà della lunghezza d'onda ( $\lambda = VR/f$ ) massima disponibile, mentre non è possibile differenziare strati superficiali per profondità minore a circa la metà della lunghezza d'onda minima disponibile.

### 4.1.6 Documentazione

I risultati devono essere accompagnati da una relazione comprendente:

- l'ubicazione della verticale d'esplorazione (espressa in termini di coordinate planimetriche e altimetriche e riportata su un'apposita carta in scala 1:2000);
- la posizione, rispetto alla verticale, dei ricevitori e della sorgente, specificando eventualmente i successivi interassi adottati tra i ricevitori durante la prova;
- la descrizione della strumentazione utilizzata;
- i segnali registrati dai ricevitori, specificando l'interasse corrispondente tra i ricevitori e la posizione della sorgente; i segnali registrati dovranno essere disponibili sia in forma cartacea nel formato standard dei sismogrammi sia in forma digitale su CD;



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010*

- il criterio di elaborazione adottato per il calcolo delle velocità ed i corrispondenti elaborati (ad esempio nel caso dell'analisi  $f(k)$ , lo spettro frequenza-numero d'onda con l'indicazione dei massimi utilizzati per la valutazione della curva di dispersione);
- la curva di dispersione sperimentale utilizzata come input per il processo di inversione confrontata con la curva di dispersione numerica corrispondente alla soluzione del problema inverso;
- il diagramma che riporta le velocità delle onde di taglio stimate (in m/s) sull'asse delle ascisse in funzione della profondità (in m) sull'asse delle ordinate.

I dati di campagna saranno restituiti su supporto informatico (CD/DVD) in formato SEG Y, SEG2 o ASCII.

La relazione dovrà essere fornita in formato elettronico modificabile ed in formato pdf.



# *Comune di Casal di Principe*

*Provincia di Caserta*

## **AREA TECNICA**

*Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)*  
*Tel/Fax 081/8166010*

## **5 ELABORATI RICHIESTI**

### **5.1 Elenco elaborati**

A conclusione della campagna di indagini la Ditta incaricata fornirà gli elaborati descrittivi e grafici sotto riportati:

- **RELAZIONE GEOLOGICA**, a firma di tecnico abilitato, comprendente l'inquadramento geologico, geomorfologico e di dettaglio dell'area, il resoconto dei sondaggi geognostici sotto forma di certificati stratigrafici e sezioni geologiche, delle prove geofisiche e delle prove geotecniche di laboratorio
- **CERTIFICATI DELLE PROVE DI LABORATORIO**
- **ELABORATO FOTOGRAFICO** descrittivo dei saggi e delle prove eseguite



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033- (Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

### 6 RIEPILOGO INDAGINI

Il numero e la tipologia delle prove da effettuare sono sintetizzati nella tabella sotto riportata. L'ubicazione delle indagini geognostiche è indicata nella planimetria allegata.

In ogni caso trattasi di un programma di indagini che potrà essere opportunamente modificato sul posto, in comune accordo tra la ditta Affidataria ed il Responsabile dei lavori.

<i>Descrizione</i>	<i>TIPO</i>	<i>Quantità</i>
Saggi diretti nel terreno	Rilievo fondazioni / Geognostica	3
Perforazioni a rotazione e prelievo campioni di terreno (fino a profondità 20 m)	Geognostica	2
Perforazioni a rotazione e prelievo campioni di terreno (fino a profondità 30 m)	Geognostica	1
Prelievo di campioni	Geognostica	9
Prove penetrometriche STP (6x2 + 8x1)	Prove in sito terreno	20
Prospezioni sismiche MASW	Prove in sito terreno	2
Installazione di piezometri	Prove in sito terreno	3
Analisi granulometrica	Prove in laboratorio	9
Peso specifico dei granuli	Prove in laboratorio	9
Peso dell'unità di volume allo stato naturale	Prove in laboratorio	9
Limite di liquidità, plasticità e ritiro	Prove in laboratorio	9
Prova di compressione edometrica	Prove in laboratorio	9
Prova di taglio diretto	Prove in laboratorio	9
Prova di compressione	Prove in laboratorio	9
Prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati	Prove in laboratorio	9

Tabella 1: Riepilogo indagini geognostiche



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)  
Tel/Fax 081/8166010

### 7 STIMA DEI COSTI

Si riporta di seguito l'elenco delle singole lavorazioni previste con i relativi prezzi unitari ricavati dai prezzi di seguito riportati:

- Prezziario dei lavori pubblici della Regionale Campania, Opere Edili - Edizione 2014
- Prezziario dei lavori pubblici della Regionale Siciliana - Edizione 2013

Num.Ord. TARIFFA	LAVORI E FORNITURE PER L'ESECUZIONE DELL'APPALTO	unità di misura	Quantità	PREZZO UNITARIO (euro)	TOTALE (euro)
<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE</b>					
E.24.10.10.a	Approntamento dell'attrezzatura di perforazione a rotazione, compreso il carico, lo scarico e la revisione a fine lavori Per ogni attrezzatura	cad.	1	€ 873,08	€ 873,08
E.24.10.30.a	Attrezzature installate in corrispondenza di ciascun punto di perforazione, compreso il primo, su aree pianeggianti accessibili ai normali mezzi di trasporto compresi gli oneri del trasporto da una piazzola a quella successiva - per distanze entro i 300 m	cad.	3	€ 174,60	€ 523,80
E.24.20.20.a	Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri di diametro compreso fra 86 e 127 mm, in terreni a granulometria media quali sabbie, sabbie ghiaiose ed in rocce tenere tipo tufi, arenarie tenere, ecc.. - per ogni metro lineare fino a 20 m dal piano di campagna	m	60,00	€ 66,77	€ 4.006,20
E.24.20.20.b	Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri di diametro compreso fra 86 e 127 mm, in terreni a granulometria media quali sabbie, sabbie ghiaiose ed in rocce tenere tipo tufi, arenarie tenere, ecc.. - per ogni metro lineare da 20 a 40 m dal piano di campagna	m	10,00	€ 77,03	€ 770,30
E.24.30.40.a	Sovrapprezzo alle voci di perforazione per uso di rivestimenti metallici provvisori in fori eseguiti a carotaggio o a distruzione di nucleo - adottati quando ritenuto necessario o su espressa richiesta del committente	m	70,00	€ 15,41	€ 1.078,70



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)

Tel/Fax 081/8166010

E.24.40.10.a	Prelievo di campioni rimaneggiati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, e loro conservazione in appositi contenitori trasparenti, chiusi ermeticamente - fino ad una profondità di 80 m dal piano di campagna	cad.	9	€ 5,63	€ 50,67
E.24.40.30.a	Prelievo di campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso dei sondaggi a rotazione, compresa la fornitura della fustella, da restituire a fine lavoro, ovvero da compensare con il relativo prezzo se non restituita: - per ogni prelievo fino a 20 m dal piano di campagna	cad.	8	€ 61,62	€ 492,96
E.24.40.30.b	Prelievo di campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso dei sondaggi a rotazione, compresa la fornitura della fustella, da restituire a fine lavoro, ovvero da compensare con il relativo prezzo se non restituita: - per ogni prelievo da 20 a 40 m dal piano di campagna	cad.	1	€ 71,89	€ 71,89
E.24.60.10.a	Cassetta catalogatrice delle dimensioni di 0,5 x 1 m, completa di scomparti e di coperchio - Cassetta catalogatrice	cad.	14	€ 25,68	€ 359,52
20.3.14 (Regione Sicilia)	Certificazione della colonna geostratigrafica dei litotipi attraversati nel singolo sondaggio redatta in scala adeguata ed ai sensi del D.M 14/01/08. - Per foro di sondaggio	cad.	3	€ 100,90	€ 302,70
20.3.15 (Regione Sicilia)	Approvvigionamento di acqua necessaria alle trivellazioni contenuta in serbatoio della portata di almeno l 3.000, compreso ogni onere il trasporto in andata e ritorno dal cantiere, del mezzo trainate del consumo, di carburante per lo stesso. - Per ogni trasporto in andata e ritorno	cad.	2	€ 119,80	€ 239,60
20.3.16 (Regione Sicilia)	Individuazione di sottoservizi mediante ricerca cartografica presso gli Enti gestori e successivi scavi con mezzi meccanici e/o a mano nonché ripristino della sede stradale. - Per foro di sondaggio	cad.	3	€ 54,80	€ 164,40
E.24.40.50.a	Standard Penetration Test eseguito nel corso di sondaggi a rotazione con campionatore tipo Raymond a punta chiusa o aperta - per ogni prova fino a 20 m dal piano di campagna	cad.	20	€ 66,77	€ 1.335,40



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)

Tel/Fax 081/8166010

E.24.40.80.a	Piezometri a tubo aperto, installati in fori già predisposti, compresa la fornitura dei materiali occorrenti, l'eventuale formazione drenante con l'esclusione della fornitura del pozzetto protettivo, dei tubi piezometrici e calza in TNT - per metri di tubo installato da 0 a 80 m dal piano campagna	m	70	€ 16,43	€ 1.150,10
E.24.40.80.b	Piezometri a tubo aperto, installati in fori già predisposti, compresa la fornitura dei materiali occorrenti, l'eventuale formazione drenante con l'esclusione della fornitura del pozzetto protettivo, dei tubi piezometrici e calza in TNT - per l'allestimento di ciascun piezometro	cad.	3	€ 143,80	€ 431,40
20.6.3 (Regione Sicilia)	Spurgo e/o rigenerazione di piezometri intasati anche con metodo "air lifting". E' compreso l'impiego di idoneo pompa con portata in grado di mantenere una pressione di esercizio compresa tra 5 e 10 l/min (dotata di sistema di alimentazione a carburante od elettricità) e vasca di raccolta del materiale proveniente dalle operazioni di spurgo. Per piezometri fino al diametro di 6": 1) fino alla profondità di 30,00 m	cad.	3	€ 174,80	€ 524,40
20.6.5 (Regione Sicilia)	Approntamento di apparecchiatura per misurazione di piezometri a tubo aperto o tipo Casagrande, del personale addetto, compreso il trasporto in andata e ritorno e lo spostamento da tubo a tubo: 1) per ogni serie fino a 10 rilievi di falda	cad.	2	€ 102,70	€ 205,40
E.24.60.30.a	Rilievo della falda acquifera in tubi opportunamente predisposti, eseguito a mezzo di scandagli elettrici - in concomitanza con l'esecuzione dei sondaggi	cad.	3	€ 6,67	€ 20,01
E.24.60.20.a	Pozzetti di protezione strumentazione - compresa la relativa posa in opera e lucchetto di chiusura	cad.	3	€ 97,57	€ 292,71
E.26.20.20.a	Installazione attrezzature per ciascun profilo di indagine o prova in foro, compreso l'onere dello spostamento dal primo al successivo - per installazione attrezzature di indagine di tipo sismica a rifrazione	cad.	2	€ 82,17	€ 164,34
E.26.20.30.a	Esecuzione profilo sismico a rifrazione con base fino a 110 m con uso di sismografo multicanale di almeno 12 canali, con sommatoria sincrona dei segnali, con profilo diretto e coniugato, con qualsiasi tipo di energizzazioni escluso l'uso di esplosivi - con spaziature geofoniche fino a 5 m: al metro	m	50	€ 5,14	€ 257,00





# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)

Tel/Fax 081/8166010

E.25.10.10.a	Apertura di campione contenuto in fustella cilindrica (PVC, acciaio, ecc.) mediante estrusore, compreso l'esame preliminare e la descrizione.	cad.	9	€ 15,41	€ 138,69
E.25.10.10.d	Fotografia a colori di campione o di un provino formato 10x15 cm in triplice copia con scala metrica di riferimento	cad.	9	€ 7,18	€ 64,62
E.25.20.10.a	Analisi granulometrica con setacci per caratteristiche fisiche e meccaniche: - per via secca su quantità <= 5kg, con un massimo di 8 vagli	cad.	9	€ 35,94	€ 323,46
E.25.20.40.a	Analisi granulometrica per sedimentazione con densimetro: - esclusa la determinazione del peso specifico	cad.	9	€ 56,50	€ 508,50
E.25.20.50.g	Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n. 200 (0,074 mm) Determinazione del peso specifico dei granuli gS con il metodo del picnometro (media su 2 misurazioni)	cad.	9	€ 46,21	€ 415,89
E.25.20.50.f	Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n. 200 (0,074 mm) Determinazione del peso dell'unità di volume g allo stato naturale mediante fustella tarata	cad.	9	€ 15,41	€ 138,69
E.25.20.50.b	Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n. 200 (0,074 mm) Determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità, congiuntamente	cad.	9	€ 51,36	€ 462,24
E.25.20.50.d	Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n. 200 (0,074 mm) Determinazione del limite di ritiro	cad.	9	€ 51,36	€ 462,24
E.25.20.80.a	Prova di compressione edometrica fino a 3200 kPa in unico ciclo di carico e scarico su provino 40-50 mm a gradini definiti: - Mantenimento di ogni gradino per un tempo minore o uguale a 24 ore per complessivi 12 gradini	cad.	3	€ 174,60	€ 523,80
20.7.27 (Regione Sicilia)	Determinazione Cv (coefficiente di consolidazione) Kv (permeabilità) Mv (modulo di compressibilità) nel corso delle prove edometriche, compresa la preparazione dei diagrammi	cad.	3	€ 21,10	€ 63,30



# Comune di Casal di Principe

Provincia di Caserta

## AREA TECNICA

Via Matteotti 02 Casal di Principe -81033-(Ce)

Tel/Fax 081/8166010

	cedimenti/tempo e $C_v$ - Log $\bar{v}$ da effettuare per ogni incremento di carico (ASTM D 2435-04; UNI CEN ISO/TS 17892-5:2005): - per ogni terna determinata				
E.25.30.10.a	Caratteristiche fisiche e meccaniche Prova di taglio diretto consolidata drenata con tempo di deformazione finale <8h (procedura standard 3 provini)	cad.	3	€ 215,70	€ 647,10
E.25.30.10.f	Caratteristiche fisiche e meccaniche Prova di compressione ad espansione laterale libera (EEL) con rilievo e diagrammazione delle curve tensione/deformazione procedura standard su 3 provini	cad.	3	€ 51,36	€ 154,08
	Relazione geologica comprendente, oltre ad uno specifico inquadramento morfo-idro-geologico dell'area, l'elaborazione ed interpretazione dei dati provenienti dalla campagna di indagini geognostiche, restituzione dei profili stratigrafici con il dettaglio delle caratteristiche geotecniche del singolo strato, desunte dalla campagna di indagine diretta ed indiretta, modellazione di tutte le informazioni acquisite tramite indagini indirette interpolate e restituzione del modello in formato digitale editabile interpretabile in 3D (formati dwg, dxf od analoghi) oltre una valutazione delle problematiche statiche delle aree, una definizione delle classi di rischio geomorfologico che interessano l'area e una definizione delle soluzioni progettuali da adottare.	cad.	1	€ 3.000,00	€ 3.000,00
		<b>TOTALE euro</b>			<b>€ 20.177,19</b>

Tabella 2: Computo metrico estimativo

## 8 UBICAZIONE PLANIMETRICA INDAGINI GEOGNOSTICHE

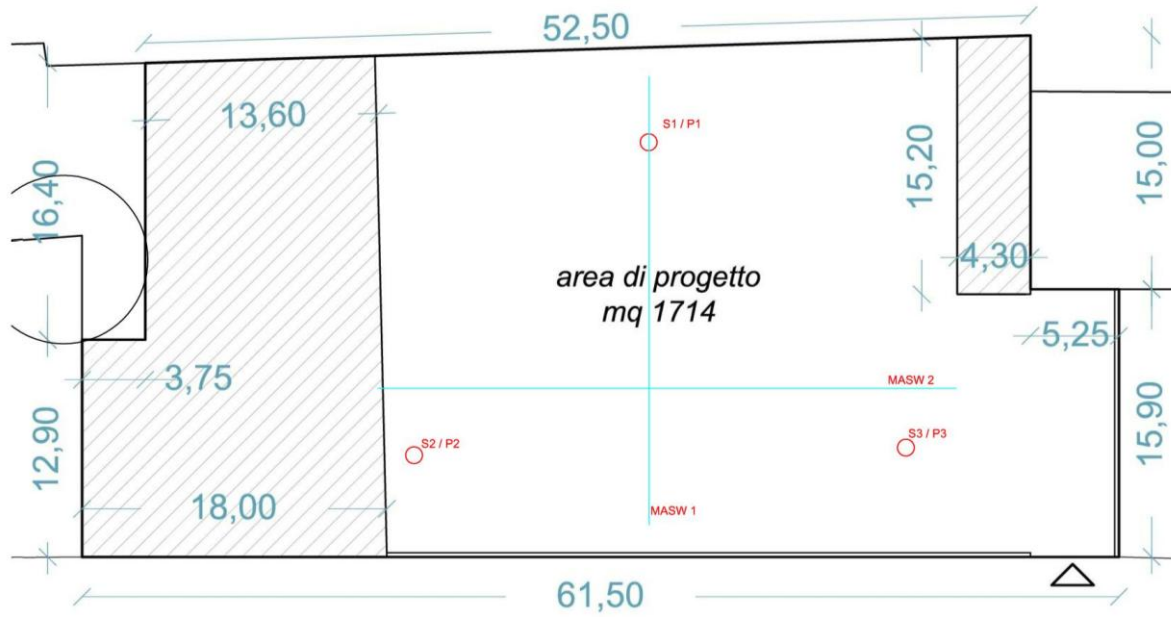


Immagine 2: Stralcio planimetrico con ubicazione delle indagini (S/P: carotaggio e piezometro – Masw)