



# AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VIBO VALENTIA

## Progetto Preliminare per la realizzazione del Nuovo Teatro Comunale

**Progetto Preliminare**

Elaborato

**Geo-00**

**Studio Geomorfologico  
Relazione Geologica Sismica e sulle Indagini**

Data

settembre  
2011

**Il Progettista Geologo**

Dott. Geol. Ezio Massimo CERAVOLO

**Il R.U.P : Arch. Giuseppina EULILLI**

# INDICE

<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>4</b>
A) CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DELL' AREA .....	4
B) SITUAZIONE GEOLOGICA DELL' AMBITO ESAMINATO .....	5
<b>2 NOTE DI IDROLOGIA SUPERFICIALE, SOTTERRANEA E SUL CLIMA 7</b>	
<b>3 PROBLEMATICHE GEO-IDROLOGICHE .....</b>	<b>9</b>
A) ALLUVIONE DEL 3 LUGLIO 2006.....	9
B) PIANO DEGLI INTERVENTI INFRASTRUTTURALI.....(PIANO VERSACE).....	9
<b>4 INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>12</b>
A) SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO .....	12
B) PROSPEZIONI SISMICHE .....	18
<b>5 RISCHIO SISMICO .....</b>	<b>20</b>
A) SISMICITÀ DELL'AREA.....	20
B) STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	26
C) STIMA DI Vs30 E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	26
D) AZIONE SISMICA.....	29
<b>6 ANALISI PRELIMINARI SULLE FONDAZIONI.....</b>	<b>31</b>
A) RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA E MODELLO GEOTECNICO .....	32
B) VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI SLU .....	34
C) TABULATI DI CALCOLO .....	40
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>42</b>
<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>44</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>45</b>

## GENERALITÀ

L'Amministrazione Comunale di Vibo Valentia ha affidato allo scrivente, Dott. Geol. Ezio Massimo CERAVOLO iscritto all'Ordine dei Geologi della Calabria col n. 397, l'onorevole incarico, di cui alla Convenzione del 20.06.2001 col Dirigente del Settore VI Lavori Pubblici Ing. Pasquale Scalamogna, per gli studi di carattere geologico inerenti al *Progetto per la Realizzazione del Nuovo Teatro Comunale* in variante al PEEP vigente; in particolare per l'espletamento dell'incarico professionale sono richieste *indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale e per la Redazione del Progetto Preliminare dell'opera* da realizzarsi nel territorio comunale di Vibo Valentia.

Il Teatro in oggetto si svilupperà su una superficie di 1680 m<sup>2</sup>, su una base rettangolare con lati di lunghezza pari a 40 metri e 42 metri ed avrà un'altezza di circa 13.90 metri.

L'opera avrà struttura portante in cemento armato e poggerà su una fondazione superficiale nastriforme con trave a T rovescia e magrone di sottofondo.

La sistemazione dell'area esterna di pertinenza del Teatro, anche se non farà parte del presente progetto, è prevista con la realizzazione di verde e parcheggi.

I terreni interessati dalla edificazione del Nuovo Teatro Comunale ricadono all'interno del Piano per l'Edilizia Economica e Popolare in Variante al Piano Regolatore Generale approvato con Decreto del Presidente della Regione n. 1534 del 23 dicembre 1993, precisamente nel Comprensorio B. Detto PEEP ha ottenuto parere favorevole dall'Ufficio del Genio Civile di Catanzaro, ai sensi dell'art.13 L.64/74, in data 16.02.1990.

Predetti terreni, che occupano complessivamente un'area di circa 8.372 m<sup>2</sup>, sono individuati nel N.C.T. del Comune di Vibo Valentia al foglio di mappa n°37 particella n. 1032 e foglio di mappa n°46 particelle n. 580 e n. 189.

Come citato in precedenza, l'area in oggetto è individuata all'interno del Comprensorio B del PEEP vigente con destinazione d'uso quale *Zone Pubbliche di interesse Generale* e in particolare *Zone per l'Istruzione*.

È necessaria una variante al PEEP vigente in quanto la realizzazione del Teatro prevede un cambio di destinazione d'uso da scolastica a culturale; in particolare l'area sarà equiparata alle *Zone per Servizi di Interesse Generale* e in particolare *Zone per Attrezzature Civili di Interesse Urbano* di cui all'articolo 33 del vigente PRG.

Scopo del presente lavoro è di evidenziare le condizioni di stabilità della porzione di territorio destinata ad accogliere l'intervento attraverso adeguate informazioni geologiche e geomorfologiche.

Lo studio si è articolato attraverso le fasi di seguito indicate:

- valutazione della situazione geostatica dell'area;
- considerazioni generali d'idrogeologia e caratteristiche di permeabilità delle formazioni affioranti;
- valutazione del profilo geomeccanico attraverso indagini in situ;
- analisi storico-statistica degli eventi sismici avvenuti nell'area;
- stima della categoria del terreno di fondazione.

Per il presente lavoro lo scrivente ha ritenuto necessario eseguire una campagna di indagini finalizzata al riconoscimento oggettivo ed alla stima dei parametri meccanici ed elasto-dinamici delle rocce affioranti nell'area d'intervento. Le indagini eseguite - disposte all'interno dell'area interessata- sono tecnicamente distinte in **indagini dirette** -*carotaggi meccanici*- e **indagini indirette** -*prospezioni geofisiche*-; l'utilizzo in contemporanea dei due tipi d'indagine è indispensabile in quanto le indirette, che interessano un ampio volume di terreno, devono essere confrontate, o meglio tarate, con quelle dirette, che interessano puntualmente il terreno ottenendo però informazioni inconfutabili.



Ai soli fini della fattibilità si precisa che il Progetto per la realizzazione del Nuovo Teatro Comunale è conforme alle prescrizioni contenute nel P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) approvato dal Consiglio Regionale con Delibera n. 115 del 28/12/2001, e non esistono all'interno dell'area interessata zone classificate a rischio elevato e molto elevato (R3 - R4) di cui agli art. 16, 17, 21 e 22 delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia entrate in vigore il 28 marzo 2002.

# 1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

## a) *Caratteristiche Geomorfologiche dell'area*

L'area oggetto del presente lavoro, riportata nella Tavola 1 *Inquadramento Generale* alla scala 1:25.000 è topograficamente inquadrata nell'estremo settore Nord del Foglio 579 Sezione III *Vibo Valentia*, (Carta d'Italia IGM Nuova Edizione 1990) ad un'altitudine compresa tra le isoipse di quota 480 e 485 metri s.l.m.

Quest'area, che occupa una superficie di 8.372 m<sup>2</sup>, si trova in località *Moderata Durant* nel Comune di Vibo Valentia.

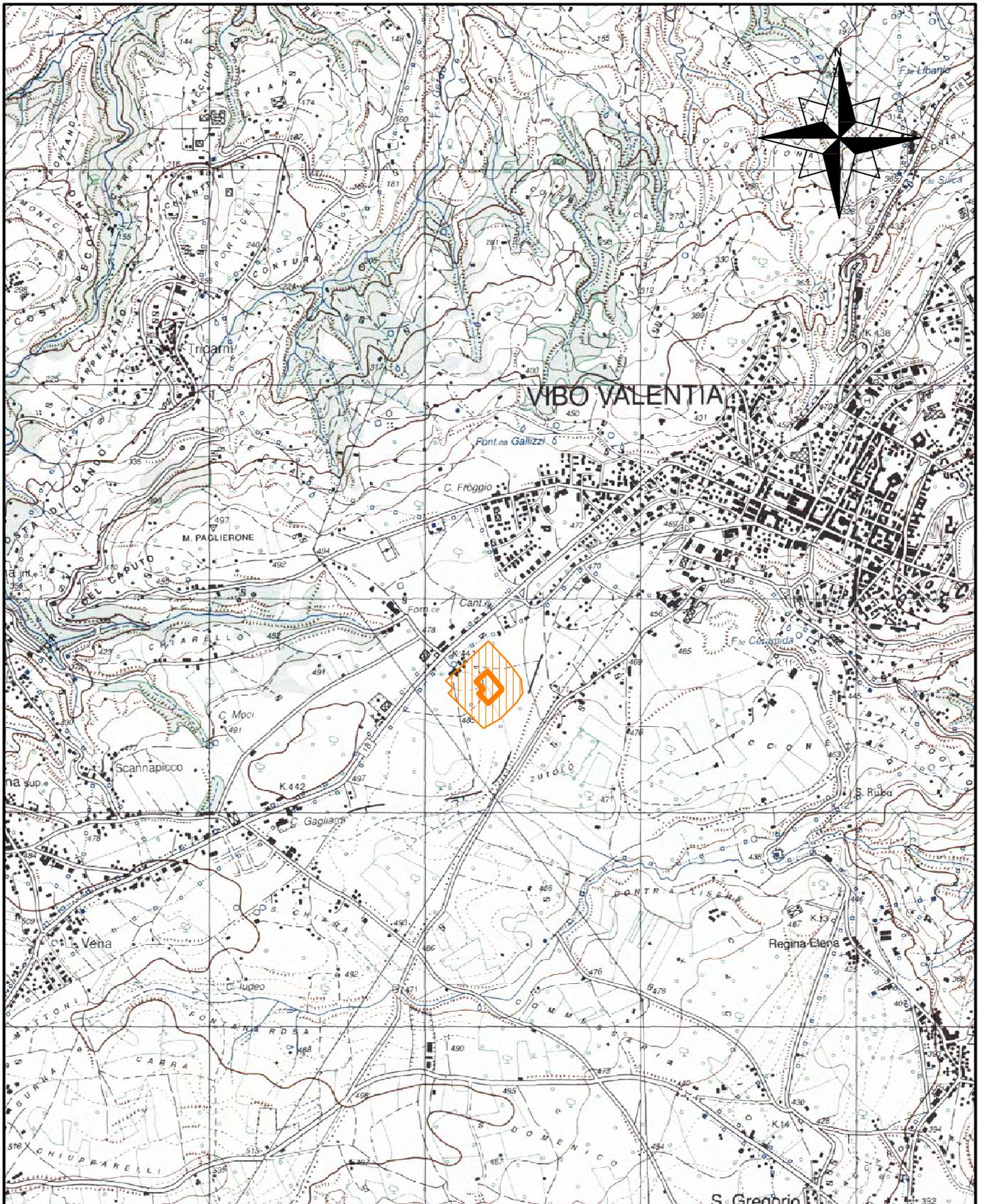
L'area, con perimetro di forma irregolare, è delimitata lungo il lato nord-ovest da confini di proprietà, lungo il lato nord-est dalla Via Sandro Pertini, lungo il lato sud-ovest dalla Via Nilde Iotti e lungo il lato sud-est dalla Via Giuseppe Saragat, strada comunale di recente apertura al traffico che conduce al Parco Urbano.

Il terreno, morfologicamente inquadrato nel paesaggio collinare dell'Altopiano di Vibo Valentia, è sub-pianeggiante.

Dalle misure topografiche, eseguite per la redazione del piano quotato, si evince che il terreno degrada dolcemente da Nord-Ovest verso Sud-Est con pendenza media del 5% che corrisponde ad una inclinazione inferiore a 3°.

Per quanto riguarda la stabilità dell'area si sottolinea che non sono stati riscontrati dissesti in atto o aree potenzialmente instabili.

Non sono presenti fenomeni di erosione accelerata, ma vi sono possibilità che se ne generino date le caratteristiche geotecniche e idrauliche dei terreni affioranti, molto scadenti nella resistenza all'erosione. È necessaria, quindi, la regimazione delle acque superficiali di ruscellamento mediante canalizzazioni che ne impediscano il deflusso selvaggio e nello stesso tempo garantiscano l'allontanamento delle stesse verso punti di scolo.



# Inquadramento Territoriale

Scala 1 : 25.000



Area d'Interesse

Le condizioni complessive della morfologia attuale consentono di affermare che l'area non presenta problematiche particolari da un punto di vista geostatico e di conseguenza le problematiche che si pongono assumono solamente un rilievo geotecnico.

### *b) Situazione Geologica dell'ambito esaminato*

La zona in esame è geologicamente inquadrata in quello che viene comunemente chiamato *pilastro tettonico* di Vibo Valentia, e si trova a Nord-Ovest della valle del Mèsima, che è invece una *fossa tettonica* e lo separa dall'altro pilastro tettonico rappresentato dal massiccio delle Serre.

La tettonica è di tipo distensivo a comportamento fragile, caratterizzata dalla presenza faglie normali con direzione Nord-Sud (parallele al *graben* del Mèsima) ed Est-Ovest (normali al predetto *graben*).

L'area ha avuto un passato molto travagliato, ha subito e subisce ancora un continuo sollevamento testimoniato dalla presenza di superfici terrazzate disposte a vari livelli che dal più antico, rappresentato dall'altipiano del poro, al più giovane ritroviamo scendendo di quota verso il litorale tirrenico.

Dal rilievo di campagna e dalla lettura dei dati forniti dalla bibliografia geologica e cartografica esistente si riscontra che le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono costituite dalle formazioni sedimentarie marine mioceniche e continentali quaternarie sormontanti il basamento cristallino paleozoico (età > 200 Ma.).

Dal basso verso l'alto possiamo distinguere le seguenti unità litologiche:

#### **BASAMENTO CRISTALLINO IGNEO-METAMORFICO PALEOZOICO**

Sono le rocce che costituiscono il basamento della zona, rappresentati essenzialmente da gneiss e scisti di elevato grado di metamorfismo.

Gli gneiss possono essere suddivise in varietà acide e basiche sebbene nella zona si osservino principalmente rocce acide a grana media e grossolana. Gli gneiss acidi variano da gneiss granulitici e scisti generalmente con scistosità pronunciata a gneiss grossolani

con scistosità mal riconoscibile (variazioni che potrebbero denotare differenze di composizione iniziale o anche differenze di ambiente durante il metamorfismo). La composizione mineralogica è tuttavia abbastanza costante, sono quasi sempre presenti quarzo, biotite e granato. Gneiss granatiferi sono iniettati da materiale granitico parallelamente alla scistosità, queste presenze granitiche sono probabilmente riconducibili al granito più recente che affiora ad occidente di Vibo Valentia. Dove affiora, questo tipo di roccia generalmente si presenta fortemente alterata probabilmente a causa dell'azione degli agenti esogeni. Generalmente questo tipo di roccia presenta una buona resistenza all'erosione, ha permeabilità bassa che può però aumentare nelle zone più alterate.

### **COMPLESSO SEDIMENTARIO MIOCENICO**

Sabbie grossolane di colore bruno chiaro ben costipate ed occasionalmente con intercalazioni arenacee.

Questo deposito ha spessore dell'ordine della decina metri; presenta elevata permeabilità e resistenza all'erosione medio-bassa.

### **COMPLESSO SEDIMENTARIO PLEISTOCENICO**

I sedimenti pleistocenici sono depositi d'origine continentale ed epicontinentale costituiti da conglomerati e sabbie grossolane. Talvolta i depositi pleistocenici consistono di un sottile mantello, ad ossidazione rossastra, di materiali di derivazione locale, e spesso, si rinvengono come affioramenti isolati appartenenti ad antiche superfici, in gran parte asportate dall'erosione.

Questo deposito, estremamente eterogeneo, ha spessore dell'ordine della decina metri; presenta bassa permeabilità e scarsa resistenza all'erosione.

Quanto detto sopra è stato riportato in forma grafica nella Tavola 2 *Carta Geologica* in scala 1:2.000.

## **2 NOTE DI IDROLOGIA SUPERFICIALE, SOTTERRANEA E SUL CLIMA**

### **Idrologia**

Il reticolo idrografico dell'area non è molto sviluppato; sono praticamente assenti corsi d'acqua di notevole dimensione: le acque di ruscellamento vengono smaltite dal bacino imbrifero di un ramo sorgente del Rio Cridello che scorre a poche centinaia di metri a sud dalla zona in oggetto e che sottende un sottobacino del Fiume Mèsima.

L'assenza di bacini idrografici di notevole importanza è legata, molto probabilmente, alla natura sub-pianeggiante del terreno e alla permeabilità delle rocce che lo costituiscono.

Le rocce costituenti il sottosuolo dell'area offrono buone possibilità di drenaggio; l'accumulo di acque in falda a pelo libero è limitato allo spessore delle rocce acquifere che è dell'ordine della decina di metri.

Il livello piezometrico della falda è stato misurato direttamente in occasione dei sondaggi geognostici eseguiti. Per lo scopo uno dei sondaggi (S3) è stato attrezzato con piezometro semplice a tubo aperto con chiusino ispezionabile. Alla data di esecuzione delle indagini non è stata rilevata presenza di falda fino alla profondità di 23 metri dal piano campagna.

La presenza di una falda acquifera vera e propria è quindi da escludere, almeno fino alla profondità di qualche decina di metri dal piano campagna; potrebbe trovarsi, invece, a profondità superiori, dell'acqua d'infiltrazione, presente in vene isolate, in ogni caso a profondità tale da non interagire con le strutture fondali.

## Clima

Da un punto di vista climatico il Comune di Vibo Valentia si trova sotto l'influenza del clima mediterraneo con inverni miti e piovosi ed estati calde e siccitose. In particolare, è individuabile tra il Golfo di S. Eufemia e quello di Gioia Tauro (alle latitudini comprese fra i 38°31'N ed i 38°43'N ed alle longitudini inferiori a 16°12'E) un'area climatica omogenea. Le osservazioni termometriche di lungo periodo condotte presso la stazione termometrica di Mileto, prossima all'area di pertinenza del comune, evidenziano temperature medie mensili variabili tra 6.1° del mese di Gennaio a 30.6°C del mese di Agosto. Le maggiori escursioni termiche diurne si registrano nei mesi estivi in accordo con il fatto che in tali mesi si registrano i valori massimi di eliofanìa e radiazione solare.

In riferimento all'area del comune di Vibo Valentia la variazione della precipitazione in funzione della quota può essere espressa dalla seguente relazione:

$$h \text{ (mm)} = 0.348 \text{ quota} + 807.43.$$

Il valore di precipitazione media annua relativo al comune di Vibo Valentia è pari a 788.3 mm.

Per una caratterizzazione più dettagliata dei parametri climatici dell'area di Vibo Valentia si osservi la tabella seguente.

Mese	Precipitazione mensile (mm)	media	Temperatura media mensile (°C)
Gennaio	92.8		9.2
Febbraio	81.4		9.6
Marzo	79.5		13.5
Aprile	54.0		13.4
Maggio	33.7		17.0
Giugno	17.2		20.6
Luglio	10.4		23.4
Agosto	24.7		23.7
Settembre	50.1		21.1
Ottobre	94.4		17.3
Novembre	11.8		13.3
Dicembre	100.9		10.5

Valori medi mensili delle temperature e delle precipitazioni nell'area di Vibo Valentia.

### **3 PROBLEMATICHE GEO-IDROLOGICHE**

#### *a) Alluvione del 3 Luglio 2006*

Come, purtroppo, ha ben evidenziato l'evento alluvionale del 3 luglio 2006 il territorio comunale di Vibo Valentia è interessato diffusamente dal Rischio Idraulico.

Già in tempi relativamente recenti il Pai aveva posto particolare attenzione alle zone poste in prossimità delle foci della Fiumara Trainiti e del Torrente S. Anna. Era stata delimitata un'ampia Area a Rischio Inondazione nella parte terminale del Torrente S. Anna, comprendente gran parte dell'abitato di Bivona e parte dell'area del Nucleo Industriale; era stata delimitata un'ampia Area di Attenzione lungo le parti terminali della Fiumara Trainiti e del Torrente Candrilli, e anche a monte del percorso di pianura.

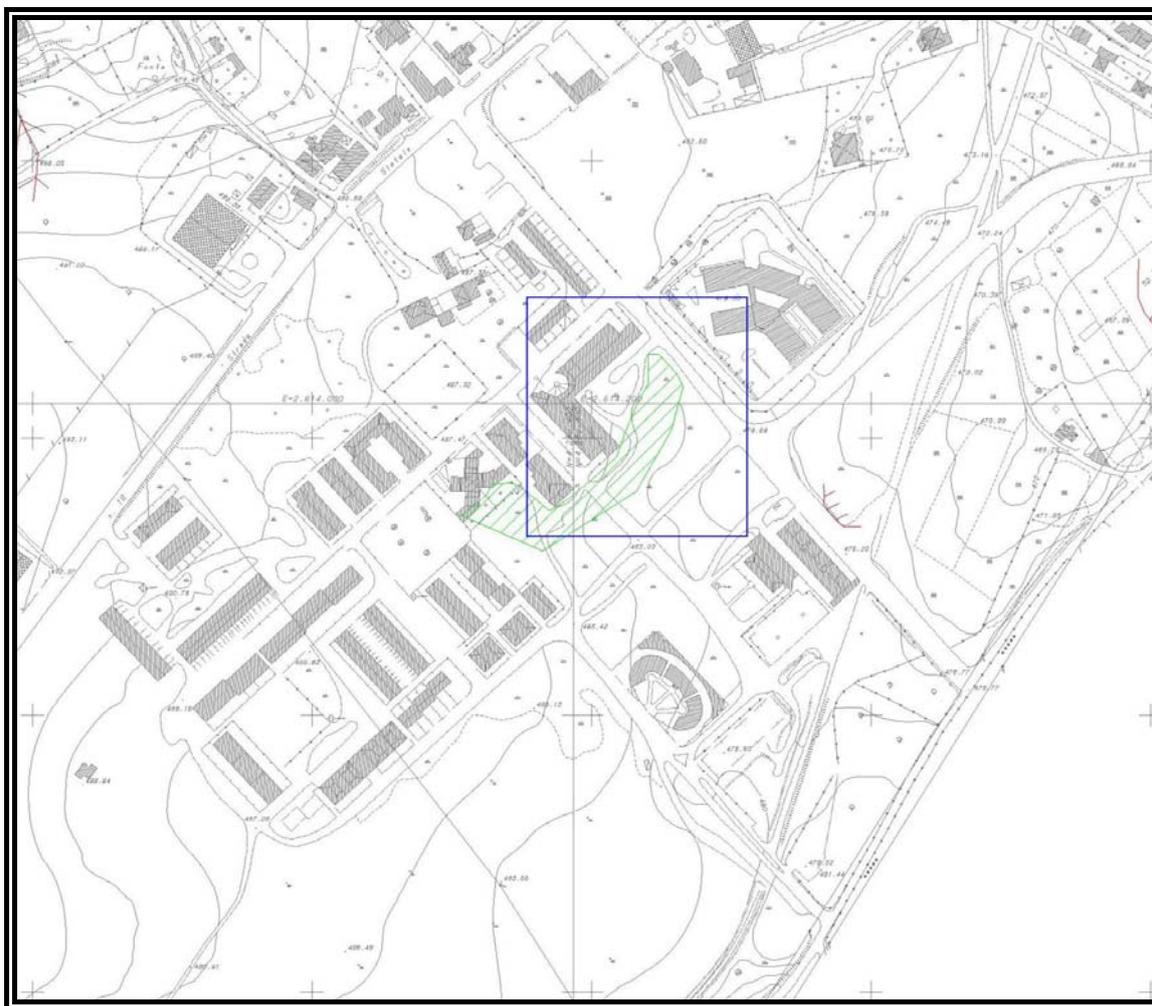
Il nubifragio del 3 luglio 2006 è stato una triste verifica ed una conferma di quanto riportato schematicamente nel PAI. L'intero reticolo idrografico è stato messo in crisi e nella Piana Costiera, dove i Fossi attraversano i centri abitati di Porto Salvo, Bivona e Vibo Marina, non ha retto agli enormi volumi di acqua e agli eccessivi quantitativi di sedimenti prodotti dalle colate di fango e di detriti delle aree di versante, inondando l'abitato di Bivona, il Nucleo Industriale e gran parte di Vibo Marina con conseguenti notevoli danni.

Si è trattato di un evento eccezionale: circa 200 mm di pioggia in tre ore caratterizzato da tempi di ritorno molto lunghi. Da quando sono in funzione registratori pluviometrici nella zona di Vibo Valentia non si erano mai registrati eventi pluviometrici di intensità paragonabile.

#### *b) Piano degli interventi infrastrutturali.....(Piano Versace)*

Il Commissario delegato per l'emergenza Vibo Valentia (OPCM n.3531 del 7 luglio 2006 ), Presidente della Regione Calabria, ha predisposto un *Piano di interventi infrastrutturali di emergenza e di prima sistemazione idrogeologica nei Comuni della*

*Provincia di Vibo, colpiti dagli eventi atmosferici del 3 luglio 2006 meglio noto come*  
**Piano Versace.**



Stralcio "Piano Versace" Tav. 2-5 - Comune di Vibo - Effetti al suolo dell'evento del 3 luglio 2006 zona di monte. Il rettangolo blu rappresenta l'area oggetto d'intervento

Come evidenziato nello stralcio della Tav. 2-5 - *Comune di Vibo - Effetti al suolo dell'evento del 3 luglio 2006 zona di monte*, l'area interessata dalla realizzazione del Nuovo Teatro Comunale è stata soggetta, durante l'evento pluviometrico del 3 luglio 2006, al fenomeno della Erosione Arale Intensa così definita all'interno della Relazione Generale del succitato Piano Versace:

### *“2.1.3.2 Fenomeni di erosione*

*I fenomeni di erosione sono stati suddivisi in tre tipologie: a) erosione areale intensa, b) erosione lineare, c) erosione di sponda.*

*L'erosione areale intensa ha interessato ampi settori sparsi nell'area indagata: il fenomeno ha coinvolto gli strati superficiali di suolo in terreni, anche a debole pendenza, resi meno stabili dalle pratiche agricole. In alcuni casi su tali aree si sono impostati anche solchi di erosione di neoformazione, nei quali si è concentrato sia il drenaggio del materiale asportato che ulteriori fenomeni di erosione incanalata dovuti proprio alla maggiore capacità erosiva dell'acqua mista a detrito.”*

Si tratta di fenomeni che non prevedono particolari interventi per la sistemazione e/o messa in sicurezza. Infatti anche il succitato Piano Versace, per l'area in esame, non prevede nessun intervento.

Poiché l'aumento della superficie urbanizzata e il corrispondente incremento delle aree impermeabili causano una riduzione della ricarica delle falde idriche e notevoli aumenti delle portate, a volte incompatibili con la capacità delle reti di drenaggio esistenti e dei corsi d'acqua ricettori, è opportuno, se possibile, adottare delle tecniche che riducano le portate meteoriche circolanti nelle reti di drenaggio.

A tal fine si potrebbero utilizzare le pavimentazioni realizzate con superfici drenanti nelle aree esterne di pertinenza del teatro adibite a viabilità e parcheggi e si potrebbe prevedere la raccolta delle acque meteoriche provenienti dalla copertura del teatro e il loro smaltimento sul posto tramite sistemi di infiltrazione nel suolo ovvero il loro riutilizzo quali acque l'irrigazione di aree a verde, ovvero usi tecnologici quale alimentazione delle reti antincendio, l'alimentazione delle cassette di risciacquo dei WC, sistemi di climatizzazione passiva/attiva, etc.

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di caratterizzare da punto di vista fisico-meccanico i litotipi, affioranti e/o costituenti il sottosuolo, nel territorio esaminato, ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni e di effettuare una corretta ricostruzione stratigrafica è stato eseguita una campagna d'indagine finalizzata al riconoscimento oggettivo ed alla stima dei parametri meccanici ed elasto-dinamici delle rocce affioranti nell'area d'intervento. Le indagini eseguite -disposte all'interno dell'area interessata dal presente progetto- sono tecnicamente distinte in **indagini dirette** -*carotaggi meccanici*- e **indagini indirette** -*prospezioni geofisiche*-; l'utilizzo in contemporanea dei due tipi d'indagine è indispensabile in quanto le indirette, che interessano un ampio volume di terreno, devono essere confrontate, o meglio tarate, con quelle dirette, che interessano puntualmente il terreno ottenendo però informazioni inconfutabili.

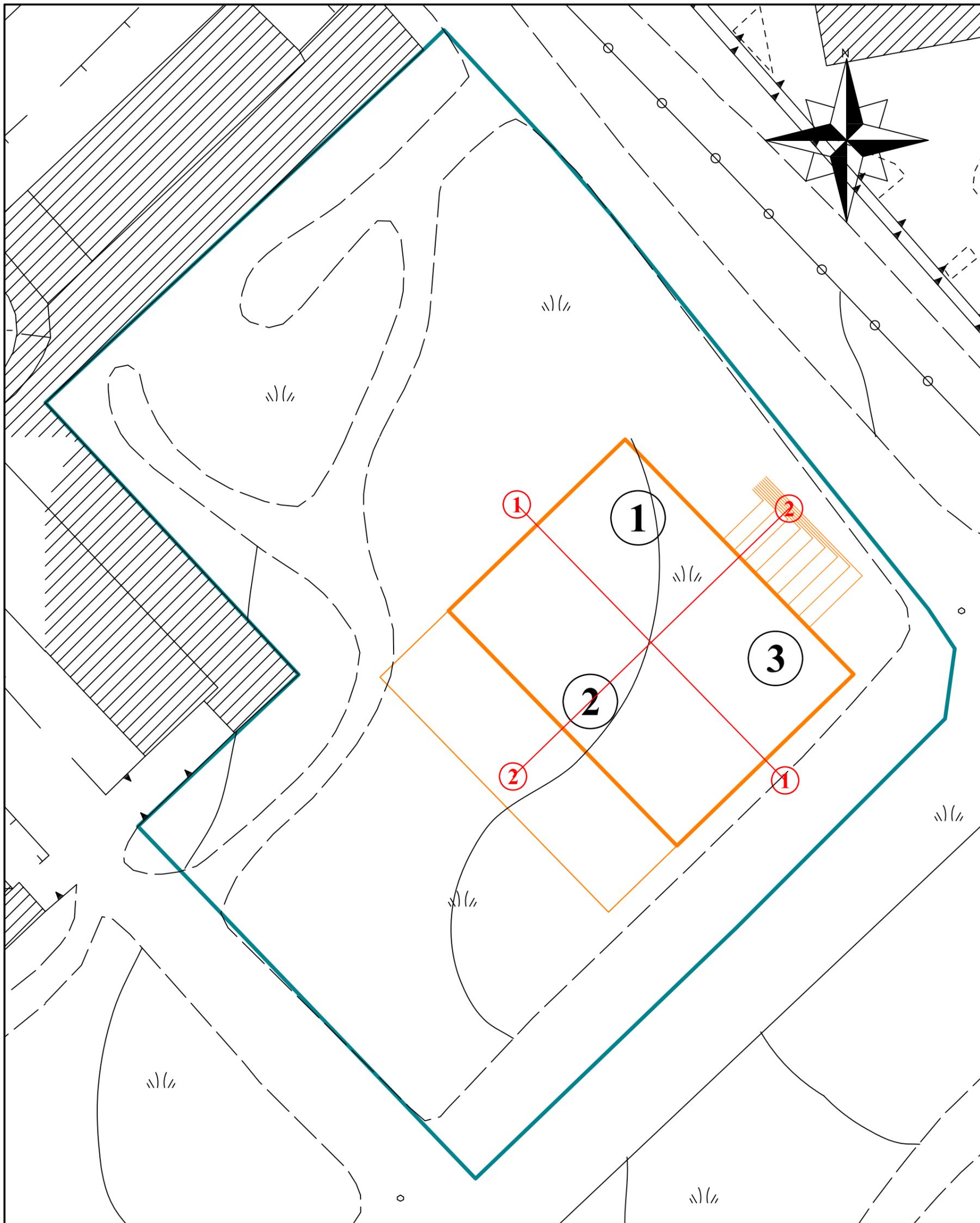
L'ubicazione delle indagini geognostiche e dei profili sismici è riportata nella figura **Ubicazione Indagini** in scala 1:500. I risultati e le elaborazioni delle indagini sono riportate in allegato all'interno di quest'elaborato.

### *a) Sondaggi a carotaggio continuo*

Sono stati eseguiti tre sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo, spinti fino a 20.00 metri di profondità dal piano campagna i sondaggi S1 ed S2 e fino a 24.00 metri di profondità dal piano campagna il sondaggio S3.

Sono state eseguite all'interno dei perfori n.11 prove SPT ovvero Prove Penetrometriche Standard e sono stati prelevati tre campioni indisturbati (uno per ogni perforo) per le analisi di laboratorio.

L'indagine, progettata e diretta dallo scrivente, è stata eseguita dall'Impresa Geoconsol di Cosenza; la macchina perforatrice impiegata è il tipo CMV MK 900 Cingolata che utilizza una sonda idraulica munita di carotiere, semplice e doppio, di



Stendimento Sismico



Carotaggio Meccanico



Pianta Teatro

### Ubicazione Indagini

Scala 1 : 500

diametro pari a 101 mm, tubi di rivestimento e apparecchiatura per eseguire le prove S.P.T.

L'apparecchiatura, impiegata per l'esecuzione delle prove penetrometriche standard, possiede le seguenti caratteristiche tecniche:

- diametro interno scarpa 35.0 mm
- diametro esterno scarpa 51.0 mm
- angolo spigolo 20°
- peso del maglio: 63.5 kg
- altezza di caduta: 76.0 cm

Le prove sono state eseguite secondo le norme, codificate dall'Associazione Geotecnica Italiana, che prevedono la misura della resistenza alla penetrazione della punta ogni 30 cm.

Le indagini hanno fornito significative informazioni riguardo ai parametri fisico-meccanici dei terreni costituenti i primi spessori di sottosuolo del sito indagato e più segnatamente del loro stato d'addensamento e/o consistenza, pur con le necessarie cautele interpretative.

I sondaggi a rotazione sono stati posizionati in modo tale da interessare l'area in oggetto ed ottenere tutte le informazioni necessarie sulle caratteristiche meccaniche delle formazioni presenti nel sottosuolo ed i loro rapporti stratigrafici.

Nei perfori sono state eseguite, come già accennato, 11 prove penetrometriche del tipo S.P.T. ad intervalli prefissati.

La prova S.P.T. (Standard Penetration Test) consiste nel far penetrare nel terreno, per 30 cm (due intervalli di 15 cm) un campionatore di dimensioni standard, sotto il carico di un maglio di 623 Newton che precipita in caduta libera da un'altezza di 0.76 m e quindi misurarne il numero di colpi necessari all'infissione.

### ***a.1) Parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni desunti dalle prove S.P.T.***

Di seguito si tratterà sulla determinazione dei parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni sulla base dei dati S.P.T. acquisiti nel corso della perforazione.

I metodi di correlazione, proposti dai diversi Autori, sono essenzialmente di tipo sperimentale e si basano sull'elaborazione di situazioni reali o su esperienze condotte in laboratorio.

Il valore percentuale della **densità relativa (Dr)**, associata ad altre informazioni sulla composizione granulometrica dei materiali e sulla storia pregressa dello stato tensionale del deposito è un ulteriore elemento di stima del comportamento dei terreni granulari in campo statico.

Per la stima del valore **Dr** si è fatto riferimento al metodo proposto da Terzaghi-Peck, che correla in maniera qualitativa lo stato d'addensamento del terreno col campo di variabilità di  $N_{spt}$ .

La valutazione dell'**angolo d'attrito interno  $\phi$**  del terreno può essere raggiunta mediante correlazioni che, attraverso una relazione univoca tra il numero dei colpi  $N_{spt}$  e la densità relativa  $Dr$ , consente di ricavare l'angolo d'attrito interno in funzione del numero di colpi  $N_{spt}$ .

È da notare che tali correlazioni sono state espressamente determinate per terreni puramente sabbioso-ghiaiosi e che i valori ottenuti sono pertanto da considerarsi con le dovute cautele.

#### **Risultato delle elaborazioni**

I sondaggi a rotazione sono stati eseguiti utilizzando un carotiere munito di corona dentata al carburo di tungsteno. L'utilizzo di tale attrezzatura, a secco, ha permesso l'avanzamento della perforazione fino a 20.00 metri di profondità dal piano campagna i sondaggi S1 ed S2 e fino a 24.00 metri di profondità dal piano campagna il sondaggio S3.

Dall'analisi dei risultati delle indagini geognostiche è stato possibile caratterizzare i materiali da un punto di vista geotecnico e ricostruire, in maniera congrua, i rapporti geometrici tra le varie unità rilevate.

Nell'indagine svolta è stato possibile discernere quattro unità litotecniche.

Dal piano campagna fino a 3.40 m di profondità si rileva la presenza di terreno di copertura superficiale comprendente: a) terreno di riporto costituito da sabbia con limo argilloso di colore marrone-rossastro con rari elementi antropici, poco umido, ricco in frustoli vegetali; b) suolo di colore marrone brunastro, molle, poco umido, scarsamente consistente, ricco in frustoli vegetali, leggero per l'alto contenuto in sostanza organica, granulometricamente ascrivibile a limo con argilla debolmente sabbioso.

Al di sotto di tale unità si trova, fino alla profondità di circa 7.00 metri, uno strato costituito da limo con argilla sabbiosa e/o con sabbia, da poco a moderatamente consistente, di colore marrone scuro-rossastro con puntinature e livelli marroni-nerastri organogeni, da poco umido a umido, localmente presenti lenti sabbiose consistenti e dure.

Dalla profondità di 7.00 metri fino alla profondità di 16.80 metri si rileva la presenza di sabbie feldspatico-micacee in strati sottili di colore variabile da bruno-giallastro a bruno-rossastro e più raramente bruno-marrone, generalmente medio-fini, addensate o molto addensate, spesso limose; livello poco umido, sono presenti livelli ricchi in frazione limo-argillosa e in livelli in cui le sabbie si presentano massive con granulometria da media a grossolana.

Infine, a profondità maggiori, si trovano gneiss ad alterazione intensa, con struttura metamorfica ben visibile, granulometricamente associabile a ghiaie sabbioso-limose con rari corestones decimetrici feldspatico-quarzosi, talora friabili. Talora il livello è completamente destrutturato per cui si presenta come terreno residuale.

In ognuno dei sondaggi è stato prelevato un campione analizzato successivamente in laboratorio.

Nel sondaggio S1 è stato utilizzato un campionatore Shelby ed è stato estratto, alla profondità di 7.00 metri dal piano campagna, un campione indisturbato di qualità Q5 siglato S<sub>1</sub>C<sub>1</sub>.

Nel sondaggio S2 è stato utilizzato un campionatore Shelby ed è stato estratto, alla profondità di 6.00 metri dal piano campagna, un campione indisturbato di qualità Q5 siglato S<sub>2</sub>C<sub>1</sub>.

Nel sondaggio S3 è stato utilizzato un campionatore Shelby ed è stato estratto, alla profondità di 5.60 metri dal piano campagna, un campione indisturbato di qualità Q5 siglato S<sub>3</sub>C<sub>1</sub>.

I tre campioni sono stati sigillati e trasferiti presso il laboratorio I.P.G. s.n.c. di Castrolibero (CS) per la esecuzione delle seguenti analisi e/o misure:

- a) Apertura del campione;
- b) misura del contenuto d'acqua;
- c) misura del peso dell'unità di volume;
- d) misura del peso specifico dei grani;
- e) analisi granulometrica;
- f) prova di taglio diretto.

I risultati di cui sopra sono sinteticamente riportati in tabella I.

Campione	Profondità (m)	Classificazione	W (%)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (°)	C (KPa)
S <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	7.00 ÷ 7.50	Sabbia limosa debolmente argillosa	21.25	18.299	31.59	2.883
S <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	6.00 ÷ 6.50	Sabbia con limo debolmente argillosa	24.87	18.565	29.80	5.401
S <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	5.60 ÷ 6.20	Sabbia con limo debolmente argillosa	22.58	18.176	30.70	5.080

**Tab. I Risultati analisi e misure di laboratorio**

Dove:

- W** Contenuto Naturale d'Acqua (%)  
 **$\gamma$**  Peso Unità di Volume (KN/m<sup>3</sup>)  
 **$\Phi$**  Angolo di resistenza al taglio (°)  
**C** Coesione (KPa).

Sono state, altresì, eseguite 11 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. con punta conica, di cui 5 sono state eseguite nel sondaggio S1, 2 nel sondaggio S2 e 4 nel sondaggio S3. Le prove hanno fornito risultati sostanzialmente compatibili tra loro i cui risultati vengono riportati nella seguente tabella II.

	Profondità (m)	15 cm (1)	15 cm (2)	15 cm (3)	30 cm (2) + (3)
<b>N<sub>spt</sub> S1-1</b>	4.00 ÷ 4.45	9	11	13	24
<b>N<sub>spt</sub> S1-2</b>	7.50 ÷ 7.95	16	22	26	48
<b>N<sub>spt</sub> S1-3</b>	9.50 ÷ 9.95	15	20	21	41
<b>N<sub>spt</sub> S1-4</b>	12.50 ÷ 12.95	13	28	33	61
<b>N<sub>spt</sub> S1-5</b>	17.00 ÷ 17.12	Rif./12	//	//	Rif.
<b>N<sub>spt</sub> S2-1</b>	6.50 ÷ 6.95	15	20	25	45
<b>N<sub>spt</sub> S2-2</b>	10.50 ÷ 10.64	Rif./14	//	//	Rif.
<b>N<sub>spt</sub> S3-1</b>	4.10 ÷ 4.55	4	9	11	20
<b>N<sub>spt</sub> S3-2</b>	8.50 ÷ 8.95	18	30	34	64
<b>N<sub>spt</sub> S3-3</b>	12.00 ÷ 12.45	12	30	36	66
<b>N<sub>spt</sub> S3-4</b>	24.00 ÷ 24.13	Rif./13	//	//	Rif.

**Tab. I Risultati Prove Penetrometriche Standard**

Il sondaggio S3 è stato infine attrezzato con Piezometro mediante l'istallazione di un tubo in pvc del diametro di 40 mm sfenestrato nel tratto compreso tra la profondità di 6.00 metri e 23.00 metri dal piano campagna. L'intercapedine è stata riempita con

ghiaietto e il boccaforo è stato sigillato e protetto con pozzetto metallico con lucchetto per eventuali future misurazioni.

Dalle misure eseguite in data 16 agosto 2011, 31 agosto 2011 e 13 settembre 2011 non è stata rilevata la presenza di falda.

### *b) Prospezioni Sismiche*

Le prospezioni sismiche sono considerate tra le metodologie di indagine indiretta più efficaci per la ricostruzione della stratigrafia di un'area, in alternativa o ad integrazione dei classici metodi di indagine diretta (perforazioni di sondaggio).

Il metodo consiste nel generare artificialmente onde elastiche longitudinali in un punto della superficie e nel misurare il tempo impiegato dalle onde così prodotte per propagarsi dalla sorgente a dei sensori opportunamente disposti sul terreno.

Il fondamento teorico di tale applicazione risiede nel fatto che le velocità e le direzioni di propagazione dei raggi sismici generati sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei diversi materiali attraversati e dalla presenza di eventuali superfici di discontinuità separanti formazioni a diverso comportamento elastico.

Da un'attenta interpretazione delle curve che si ottengono nei grafici in cui sono riportati per i diversi geofoni (sensori) i tempi di arrivo delle onde sismiche e le rispettive distanze dal punto di energizzazione, è possibile ricostruire l'andamento in profondità delle linee isocinetiche (curve che uniscono i punti a uguale velocità), e che possono essere in ultima analisi, e dopo un'accorta valutazione, ragionevolmente correlate con la stratigrafia litologica presente.

#### **Attrezzatura utilizzata**

La prospezione viene effettuata mediante un sismografo a 24 canali, con incremento di segnale e totale gestione computerizzata dei dati in ingresso mediante microcomputer incorporato.

I sismogrammi e tutti gli altri dati relativi alle indagini svolte in campagna vengono memorizzati su supporti magnetici e successivamente elaborati mediante software. Sono stati utilizzati stendimenti di 48 metri con distanze intergeofoniche di 2 metri. L'energizzazione avviene per mezzo di una massa battente di 10 kg.

### **Risultato delle elaborazioni**

Sono stati acquisiti dati utilizzando 24 geofoni con distanze intergeofoniche di 2.0 metri per un totale di 48 metri per il trattamento mediante la metodologia MASW - Multichannel Analysis Surface Waves- che permette una stima affidabile del valore Vs30 di cui all'OPCM 3274 del 2003.

**Dalle indagini geofisiche eseguite con metodologia MASW si ricava:**

**MASW\_1    Vs30 = 470 m/s**

**MASW\_2    Vs30 = 460 m/s**

## 5 RISCHIO SISMICO

Il *rischio sismico* può essere definito come la probabilità che entro una data area si verifichi un evento sismico di una data intensità in un determinato lasso di tempo.

Con il termine rischio sismico vengono in qualche modo identificati e valutati più effetti prodotti da un terremoto sul territorio, misurabili come danni attesi.

Indicazioni sul rischio sismico cui è soggetta un'area devono essere fornite ai progettisti cosicché possano, durante la fase progettuale, tenerne in debita considerazione per prevenire, e limitare quindi, i danni che potrebbe causare un sisma.

### *a) Sismicità dell'area*

La sismicità di una regione è solo una delle caratteristiche fisiche del territorio con cui si manifesta la sua evoluzione geologica; la sua comprensione ne implica pertanto l'inserimento in un quadro complessivo che riesca a dar conto anche di tutti gli altri caratteri geneticamente connessi a tale evoluzione. Una dettagliata e coerente spiegazione degli avvenimenti del passato, oltre ad avere un'indubbia validità dal punto di vista culturale, costituisce anche la base più solida per la valutazione d'eventi futuri finalizzata a scelte d'immediato contenuto pratico.

I terremoti d'elevata energia sono quelli che maggiormente contribuiscono a determinare il livello di pericolosità sismica di un'area e che riflettono maggiormente l'andamento del campo di sforzi attivo in una regione. Essi, fortunatamente, sono relativamente poco frequenti per questo negli studi che sono finalizzati a determinare lo stile sismico di una località non si può prescindere dalla sua storia sismica pregressa.

L'area d'interesse, si inquadra dal punto di vista geologico nel tratto centrale dell'Arco Calabro che, com'è noto, è una zona caratterizzata da un alto rilascio d'energia sismica. Questo può risultare da un'analisi anche sommaria della sismicità storica.

Per caratterizzarne la storia sismica sono stati estratti dal catalogo del Progetto Finalizzato Geodinamica (PFG; Postpischl ed., 1985) gli eventi che hanno interessato l'area per un raggio di circa 25 Km, (tabella di pagina 21) con intensità all'epicentro  $\geq$  VII grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg).

Le notizie che si hanno sugli effetti prodotti da terremoti d'epoca remota sono in generale imprecise e limitate. Per tale motivo i dati riportati dal catalogo PFG sono stati quando possibile verificati in maniera speditiva attraverso la rilettura dei cataloghi descrittivi; in particolare è stato frequentemente consultato il catalogo di Baratta (1901).

Da quanto esposto si può sinteticamente dedurre che sulla base delle notizie storiche, l'area è stata, nel passato, sede d'eventi d'elevata energia e che anche l'attività delle aree sismogenetiche adiacenti vi si è ripercossa con elevata intensità.

Lo scopo della analisi storica è stato quello di evidenziare che le aree rilevate ricadono in zone ad alta vulnerabilità in quanto si trovano all'interno di zone ad alta sismicità. Per questo motivo la pericolosità sismica del territorio è degna d'attenta valutazione.

### **Attività Storica**

La memoria storica riporta il primo evento che interessò la città di Vibo Valentia (allora Monteleone) il 27 marzo 1638, alla quale ne fece seguito un'altra l'8 giugno dello stesso anno. La scossa avvenne intorno alle 21.30 ora italiana (15:05 GMT ca.) e colpì una vasta area della Calabria centrale. A Monteleone danneggiò non gravemente gli edifici, il successivo terremoto causò qualche ulteriore leggera lesione. Le principali fonti per i due terremoti sono costituite dalle relazioni ufficiali scritte subito dopo le scosse in base a osservazioni dirette o a fonti di prima mano. I testi più importanti per valutare l'entità del danno e il numero delle vittime sono le relazioni inviate al viceré dal commissario E. Capecelatro, divulgate da D'Orsi (il quale per località annotò il numero delle case distrutte, e il numero delle vittime per sesso e classe d'età). Per quanto riguarda eventi naturali correlati Kircher ricorda un'intensa attività eruttiva dell'Etna e dello Stromboli nei giorni immediatamente precedenti e seguenti la prima scossa.

I terremoti del 1638 causarono rilevanti dissesti geomorfologici e idrologici che in qualche caso modificarono il paesaggio in modo permanente. Tra l'altro in coincidenza con la prima scossa il mare lungo il litorale di Pizzo arretrò per lo spazio di 2000 piedi (circa 600 metri).

Si ricorda un terremoto il 5 novembre del 1659 che avvenne circa alle 6:00 ora italiana che non causò distruzioni né vittime. Il sisma colpì la zona centrale della Calabria.

Nel gennaio del 1693 si avvertì un terremoto, in due riprese a distanza di due giorni il 9 e l'11, che colpì un'area vastissima, della quale Monteleone è indicata come limite nord dell'area di risentimento. Si ricorda che il periodo sismico fu accompagnato da un'intensa attività dell'Etna.

L'attività nella zona risulta essere più moderata a cavallo del XVII secolo dato che nei cataloghi sismici non è segnalato alcun evento di rilievo in questo periodo fino al 1783 quando la città di Monteleone è stata interessata da un susseguirsi di terremoti nei mesi di febbraio e marzo. Il primo sisma si avvertì il 5 e causò lesioni e crolli parziali, aggravate poi dalle scosse verificatesi nel giorno seguente. Il 7 febbraio si ebbe un nuovo terremoto che causò gravi lesioni e numerosi crolli negli edifici già danneggiati. La scossa del 2 marzo causò qualche crollo e nuove lesioni nelle costruzioni. Infine il sisma del 28 marzo provocò ulteriori ed estesi crolli. Il castello crollò in parte mentre le rovine più estese si verificarono nella strada *dei forgiari*, i morti furono 14 su 7.890 abitanti. Si aprì una fenditura nel terreno nei pressi dell'abitato; in seguito alla scossa si verificarono scoscendimenti nelle vicinanze della città.

Alle 8.30 ora italiana del 13 ottobre 1791 si avvertì una scossa molto violenta che provocò l'aggravarsi di un'lesione già esistente in una corsia dell'ospedale. Il terremoto interessò la Calabria meridionale causando crolli e diffuse inabilità degli edifici in una trentina di edifici

L'8 marzo 1832 fu avvertita fortemente una scossa sismica che fortunatamente non causò danni.

La scossa del 12 ottobre 1835 secondo Mercalli passò inosservata, così come l'anno successivo il 25 aprile. Negli anni successivi si ebbero dei terremoti, il 12 febbraio e il 4 ottobre 1854, ma dalla popolazione furono avvertiti solo leggermente. Il sisma del 3 dicembre 1887 fu appena avvertito e neppure in tutta la città.

A seguito del terremoto che si verificò il 16 novembre 1894 la parte superiore della città di Vibo Valentia subì leggeri danni mentre la parte inferiore costruita su terreno alluvionale fu danneggiata gravemente. Tra gli edifici di rilievo furono gravemente lesionate la chiesa Madre di San Leoluca e la chiesa di Santo Spirito.

Il terremoto che si verificò l'8 settembre 1905 causò gravissimi danni: la maggior parte delle case furono danneggiate in modo particolare nei piani alti. All'interno delle case i danni furono ancora maggiori. Nel rione *Forgiari* quasi tutte le case crollarono o furono aperte a causa del crollo completo di una facciata causando la morte di 7 persone e il ferimento di 26. Le case baraccate costruite con il sistema prescritto dopo il terremoto del 1783 restarono illese.

### **Attività Recente**

Dalla consultazione del "Catalogo dei grandi terremoti in Italia 461 a.C.-1990" la città di Vibo Valentia risulta più volte interessata da forti eventi sismici, di seguito riportati, che provocarono panico tra la popolazione senza causare, fortunatamente, danni rilevanti.

Il terremoto verificatosi il 23 ottobre 1907 non provocò alcun danno.

Il 28 dicembre del 1908 fu avvertita una scossa molto forte che fece crollare cornicioni e aprì lesioni di diversa entità nella maggioranza delle case.

Molte case vecchie furono lesionate dalle forte scossa avvertita l'11/05/1947.



Carta delle Isosiste – Terremoto 11.05.1947

Del terremoto del 16 gennaio 1975 non sono note descrizioni degli effetti, ma Bottardi e Lo Giudice (1975) hanno valutato l'intensità della scossa di II grado MCS.

Non sono note descrizioni nemmeno per gli eventi sismici avvenuti l'11 marzo e il 15 aprile 1978, di fatto sono state valutate le intensità delle scosse rispettivamente di IV grado MSK (Bottardi et al. 1981-82) e di IV grado MCS (1979).

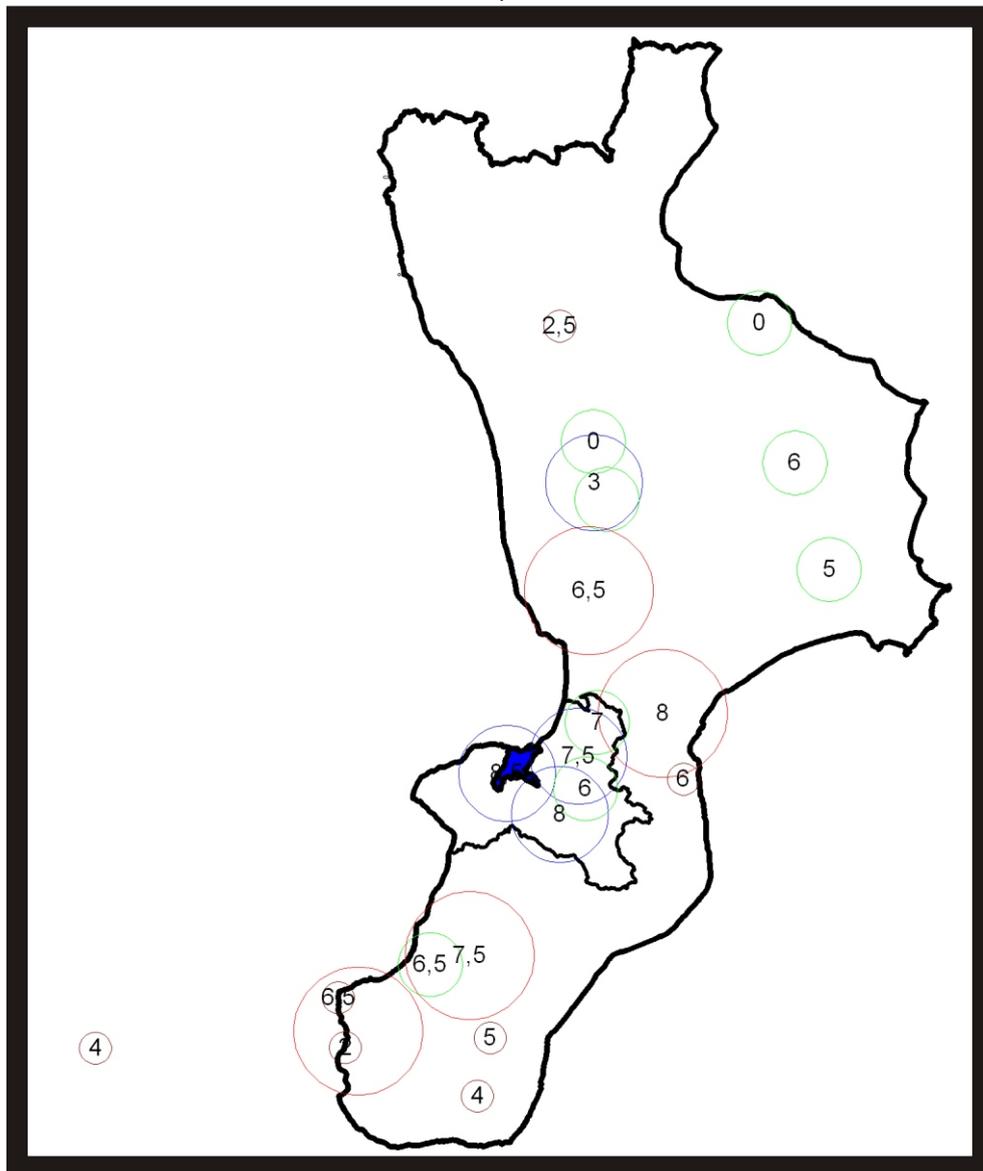
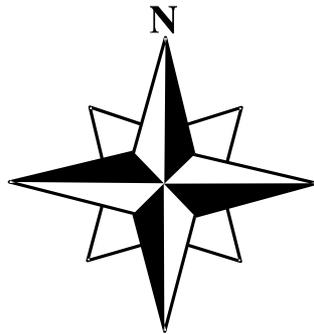
Una recente revisione scientifica attribuisce un valore d'intensità pari al V grado MSK senza però fornire descrizione degli effetti alla scossa avvenuta il 23 novembre 1980.

La figura "*Localizzazione epicentrale .....*" rappresenta una mappa della localizzazione degli epicentri degli eventi riportati nella pagina successiva.

**EVENTI CHE HANNO INTERESSATO L'AREA CON INTENSITÀ ALL'EPICENTRO  $I \geq VII$**

**GRADO MCS**

Anno	MM	GG	Lat	Long	$I_0$ (MCS)	Zona	Epicentrale
1624	02	03	38°30	16°00'	VII	246	IIINO CALABRIA
1657	12	09	38°30	16°00	VII	246	IIINO CALABRIA
1687	10	02	38°40	16°00	VIII	241	IIIS0 BRIATICO
1783	02	05	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	02	07	38°37	16°10	X	246	INO SORIANO SERRE
1783	02	08	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	02	23	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	02	25	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	02	27	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	03	13	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	03	25	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	03	27	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	03	29	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	03	30	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	04	02	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	04	08	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	06	23	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	07	20	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1783	11	20	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1784	03	20	38°36	16°06	VII	246	IVNE S.GREGORIO
1791	10	11	38°44	16°09	IX	241	IIISE CALABRIA
1792	05	11	38°30	16°10	VII	246	IIINE LAUREANA
1869	11	28	38°41	16°08	VIII	246	IVNE S.GREGORIO
1886	02	06	38°40	16°06	VII	241	IIISE VIBO VALENTIA
1905	09	08	38°47	16°06	100	241	IIINE S.EUFEMIA



### Localizzazione epicentrale degli eventi in tabella

Il raggio del cerchio è proporzionale all'intensità del terremoto

### *b) Stima del potenziale di liquefazione*

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti.

Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare solamente in depositi sciolti superficiali non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Nel caso in esame, i terreni sciolti sono costituiti da materiali granulometricamente eterogenei e la presenza di falda superficiale è da escludere per cui si può affermare che la **probabilità di liquefazione è nulla.**

### *c) Stima di $V_s30$ e categoria del suolo di fondazione*

Il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni recita che ai fini della definizione della azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (*bedrock*) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_S$  ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT}$  ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$ . In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A *Formazioni litoidi* o terreni omogenei caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
- B *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{SPT} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).
- C *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{SPT} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa).
- D *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s ( $N_{SPT} < 15$ ,  $c_u < 70$  kPa).
- E *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di  $V_{s30}$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con  $V_{s30} > 800$  m/s.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1 Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa)
- S2 Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Nelle definizioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $< 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{S30}$ , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di  $N_{SPT}$ .

La stima del valore di velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio è stata eseguita, applicando alla metodologia MASW la seguente formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

che stima il valore  $V_{S30}$  in funzione dello spessore  $h_i$  e  $V_{si}$  degli strati discriminati.

Dalle due indagini MASW si stimano i seguenti valori:

$$\text{MASW n.1} \quad 276 \text{ m/s} \leq V_{S30} \leq 336 \text{ m/s}$$

$$\text{MASW n.2} \quad 293 \text{ m/s} \leq V_{S30} \leq 368 \text{ m/s.}$$

Poiché sono state eseguite numerose prove penetrometriche SPT nei fori di carotaggio, si è ritenuto opportuno valutare anche il valore  $N_{spt30}$  applicando la formula

$$N_{spt30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{N_{spt_i}}}$$

Dalle SPT eseguite si stima il seguente valore:

$$N_{spt30} > 44$$

Le due metodologie utilizzate per la stima del tipo di terreno concordano e pertanto, da quanto descritto sopra, si può affermare che i terreni interessati dalla costruzione del Nuovo Teatro Comunale possono essere assimilati a terreni di tipo **C** *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{SPT} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa).*

### *d) Azione Sismica*

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla *pericolosità sismica di base* del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento  $V_R$  espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$ .

Ai fini delle NTC, la pericolosità sismica è definita in termini di forme spettrali definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F<sub>0</sub>** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- **T<sup>\*</sup>C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Una delle novità delle NTC è la stima della pericolosità sismica basata su una Griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori **ag**, **F<sub>0</sub>**, e **T<sup>\*</sup>C** per nove distinti Periodi.

### *Determinazione dell'Azione Sismica*

Il primo passo consiste nella determinazione di **ag** (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido).

Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare.

Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

**Sito in Esame / Parametri Sismici:**

Long 16,084415

Lat 38,668000

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 42775 Lat: 38,655150 Lon: 16,047000

Sito 2 ID: 42776 Lat: 38,653630 Lon: 16,110860

Sito 3 ID: 42554 Lat: 38,703610 Lon: 16,112810

Sito 4 ID: 42553 Lat: 38,705120 Lon: 16,048910

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Vita nominale: 50 anni

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso cu: 1.5

Vita di riferimento: 75 anni

Stato Limite	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	81	45	0,087	2,275
SLD	63	75	0,114	2,282
SLV	10	712	0,320	2,447
SLC	5	1462	0,425	2,483

**Tab. II - Valori dei Parametri Sismici  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$**

Stato Limite	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	$\beta_s$
SLO	1,500	1,570	1,000	0,026	0,013	1,274	0,200
SLD	1,500	1,540	1,000	0,041	0,020	1,670	0,240
SLV	1,230	1,450	1,000	0,110	0,055	3,861	0,280
SLC	1,070	1,410	1,000	0,454	0,227	4,455	1,000

**Tab. III - Valori dei Coefficienti Sismici**

## 6 ANALISI PRELIMINARI SULLE FONDAZIONI

La fondazione è quella parte di struttura che trasferisce al sottostante terreno i carichi dovuti al peso proprio della struttura e a tutto ciò che essa contiene, oltre alle forze verticali e orizzontali che agiscono sulla stessa.

Il piano di posa della fondazione deve essere posto a profondità tale che il terreno interessato non interagisca con i fattori climatici (gelo, dilavamento, essiccamento etc.) che possano causare cedimenti e rigonfiamenti. Date le condizioni climatiche italiane la fascia interessata dagli atmosferici ha spessore di circa 1.00 metri. Le fondamenta devono essere intestate su terreni stabili e subire cedimenti contenuti.

Le fondazioni superficiali devono essere verificate almeno con riferimento a meccanismi di rottura per carico limite e scorrimento sul piano di posa.

La verifica della condizione  $R_d > E_d$  può essere effettuata, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali Tabelle di riferimento: Coefficienti **A** (Tab. I), **M** (Tab. II), **R** (Tab. III) seguendo per la verifica a rottura per carico limite almeno uno dei due approcci:

### Approccio 1

- Combinazione 1 (A1+M1+R1)
- Combinazione 2 (A2+M2+R2)

### Approccio 2

- Combinazione 1 (A1+M1+R3)

Carichi	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma F$ (o $\gamma E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma G1$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non	Favorevole	$\gamma G2$	0,0	0,0	0,0

strutturali	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

**Tabella I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Parametro	grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente Parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

**Tabella II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente Parziale (R1)	Coefficiente Parziale (R2)	Coefficiente Parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

**Tabella III** -Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

### a) Ricostruzione Stratigrafica e Modello Geotecnico

Dall'analisi dei risultati delle indagini geognostiche è stato possibile caratterizzare i materiali da un punto di vista geotecnico e ricostruire, in maniera congrua, i rapporti geometrici tra le varie unità rilevate.

Le indagini sono state spinte fino a profondità tali da interessare un volume significativo utile per un fabbricato (norme AGI, 1977).

Nell'indagine svolta è stato possibile discernere quattro unità litotecniche.

1. Dal piano campagna fino a 3.40 m di profondità si rileva la presenza di

terreno di copertura superficiale comprendente: a) terreno di riporto costituito da sabbia con limo argillosa di colore marrone-rossastro con rari elementi antropici, poco umido, ricco in frustoli vegetali; b) suolo di colore marrone brunastro, molle, poco umido, scarsamente consistente, ricco in frustoli vegetali, leggero per l'alto contenuto in sostanza organica, granulometricamente ascrivibile a limo con argilla debolmente sabbioso. Le caratteristiche geotecniche scadenti ( $V_s = 110$  m/s/) impongono la rimozione di tale terreno e la eventuale sostituzione con idoneo materiale.

2. Al di sotto di tale unità si trova, fino alla profondità di circa 7.00 metri, uno strato costituito da limo con argilla sabbiosa e/o con sabbia, da poco a moderatamente consistente, di colore marrone scuro-rossastro con puntature e livelli marroni-nerastri organogeni, da poco umido a umido, localmente presenti lenti sabbiose consistenti e dure.
3. Dalla profondità di 7.00 metri fino alla profondità di 16.80 metri si rileva la presenza di sabbie feldspatico-micacee in strati sottili di colore variabile da bruno-giallastro a bruno-rossastro e più raramente bruno-marrone, generalmente medio-fini, addensate o molto addensate, spesso limose; livello poco umido, sono presenti livelli ricchi in frazione limo-argillosa e in livelli in cui le sabbie si presentano massive con granulometria da media a grossolana.
4. Infine, a profondità maggiori, si trovano gneiss ad alterazione intensa, con struttura metamorfica ben visibile, granulometricamente associabile a ghiaie sabbioso-limose con rari corestones decimetrici feldspatico-quarzosi, talora friabili. Talora il livello è completamente destrutturato per cui si presenta come terreno residuale.

Quanto sopra esposto è illustrato nel modello geotecnico seguente in cui sono anche riportati i parametri geotecnici medi di ogni strato. Non vengono riportati i parametri dello strato superficiale in quanto molto scadenti e pertanto si prevede, come in precedenza citato, la rimozione di tale terreno e la eventuale sostituzione con idoneo materiale. Per tale motivo nella verifica geotecnica preliminare allo strato superficiale vengono assegnati i parametri dello strato sottoposto.

Profondità (m)	Descrizione	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (°)	C (KPa)	Dr (%)	Vs (m/s)
0.00 ÷ 3.40	Coltre superficiale (Terreno di riporto e/o suolo)	//	//	//	//	110
3.40 ÷ 7.00	Limo con argilla sabbiosa e/o con sabbia	18	30	5.0	53	218
7.00 ÷ 16.80	Sabbie medio-fini addensate	18	31	2.8	75	265
> 16.80	Gneiss molto alterati	20	38	0	85	475

### Parametrizzazione Geotecnica Media

Dove:

- $\gamma$       Peso Unità di Volume (KN/m<sup>3</sup>)
- $\Phi$       Angolo di resistenza al taglio (°)
- C        Coesione (KPa)
- Dr        Densità relativa (%)
- Vs        Velocità onde di taglio (m/s).

### *b) Verifiche agli stati limite ultimi SLU*

#### **Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)**

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  Coesione non drenata.

$q$  pressione litostatica totale sul piano di posa.

$s_c$  Fattore di forma

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$  per fondazioni rettangolari

$s_c = 1,2$  Per fondazioni quadrate o circolari.

$i_c$  Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 0,5 \left( 1 + \sqrt{1 - H/A' c_u} \right)$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$s_q = 1 + (B'/L') \text{sen} \phi'$  per forma rettangolare

$s_q = 1 + \text{sen} \phi'$  per forma quadrata o circolare

$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L')$  per forma rettangolare

$s_\gamma = 0,7$  per forma quadrata o circolare

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$  per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a  $L'$

$$i_q = i_\gamma = 1 - H / (V + A' c' \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a  $B'$

$$i_q = [1 - 0,7H/(V + A \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H/(V + A \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

### **Metodo di Richards et. Al.**

Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio alla Newmark (cfr. Appendice H di “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” – Associazione Geotecnica Italiana ). Gli autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite:

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

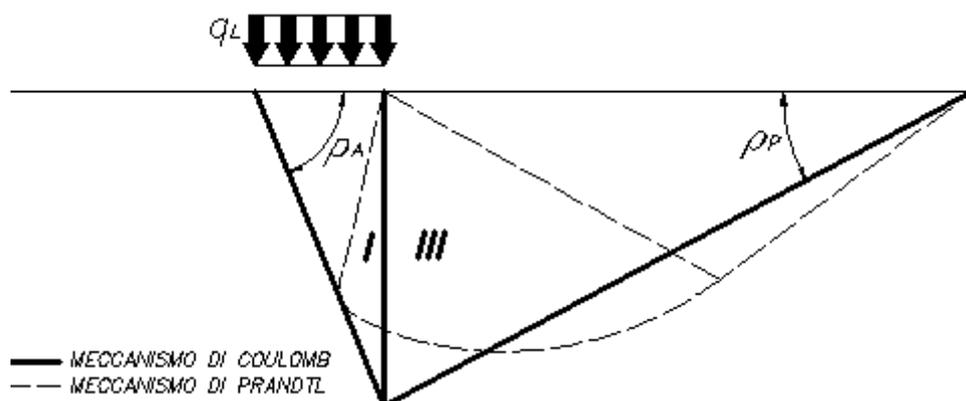
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left( \frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Esaminando con un approccio da equilibrio limite, un meccanismo alla Coulomb e portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene riguardata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



Schema di calcolo del carico limite ( $qL$ )

Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli  $\rho_A$  e  $\rho_P$  che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva  $K_A$  e  $K_P$  in funzione dell'angolo di attrito interno  $\phi$  del terreno e dell'angolo di attrito  $\delta$  terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \phi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\phi) \cdot (\tan(\phi) \cdot \cot(\phi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\phi))} - \tan(\phi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\phi) + \cot(\phi))} \right\}$$

$$\rho_P = \phi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\phi) \cdot (\tan(\phi) \cdot \cot(\phi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\phi))} + \tan(\phi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\phi) + \cot(\phi))} \right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\phi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

E' comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo  $\phi=0.5\delta$ , conduce a valore dei coefficienti di carico limite molto prossimi a quelli basati su un'analisi alla Prandtl. Richards et. Al. hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni  $k_h g$  e  $k_v g$ , agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a  $k_h \gamma$  e  $k_v \gamma$ . Sono state così ottenute le estensioni delle espressioni di  $\rho_A$  e  $\rho_P$ , nonché di  $K_A$  e

KP, rispettivamente indicate come  $\rho_{AE}$  e  $\rho_{PE}$  e come  $K_{AE}$  e  $K_{PE}$  per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = (\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

I valori di  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli  $\rho_{AE}$  e  $\rho_{PE}$  e dei coefficienti  $K_{AE}$  e  $K_{PE}$  relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo  $\theta$  definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

Nella tabella che segue sono mostrati i fattori di capacità portante calcolati per i seguenti valori dei parametri:

$$\phi = 30^\circ \quad \delta = 15^\circ$$

Per diversi valori dei coefficienti di spinta sismica:

kh/(1-kv)	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c$
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476

0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159
-------	----------	-----------	-----------

Tabella dei fattori di capacità portante per  $\phi=30^\circ$

### Cedimenti di Burland e Burbidge

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità  $I_c$  al risultato  $N$  della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[ \sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_c / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right]$$

nella quale:

$q'$  = pressione efficace lorda;

$\sigma'_{v0}$  = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

$B$  = larghezza della fondazione;

$I_c$  = indice di compressibilità;

$f_s, f_H, f_t$  = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità  $I_c$  è legato al valore medio  $N_{AV}$  di  $N_{spt}$  all'interno di una profondità significativa  $z$ :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di  $N_{spt}$  da utilizzare nel calcolo del valore medio  $N_{AV}$  va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e  $N_{spt} > 15$ , secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$$

dove  $N_c$  è il valore corretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$$N_c = 1.25 N_{spt}$$

Le espressioni dei fattori correttivi  $f_s, f_H$  ed  $f_t$  sono rispettivamente:

$$f_S = \left( \frac{1.25 \cdot L/B}{L/B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left( 2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left( 1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

t = tempo in anni > 3;

R3 = costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;

R = 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici.

### c) *Tabulati di Calcolo*

#### **DATI GENERALI**

Azione sismica	NTC 2008
Lat./ Long. [WGS84]	38,602005/16,217683
Larghezza fondazione	1,00 – 1,80 m
Lunghezza fondazione	6,0 m
Profondità piano di posa	1,00 – 4,00 m
Sottofondazione...Sporgenza, Altezza	0,3/0,3 m

#### **SISMA**

Accelerazione massima (ag/g)	0,13
Effetto sismico secondo Richards et al. (1995)	
Coefficiente sismico orizzontale	0,026

#### **Coefficienti sismici [N.T.C.]**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	75,0 [anni]

#### **Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45,0	0,85	2,28	0,29
S.L.D.	75,0	1,12	2,28	0,32
S.L.V.	712,0	3,14	2,45	0,38
S.L.C.	1462,0	4,17	2,48	0,41

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,68	0,24	0,0411	0,0206
S.L.V.	3,86	0,28	0,1102	0,0551
S.L.C.	4,4503	1,0	0,4538	0,2269

La stima del carico limite è stata eseguita ipotizzando varie geometrie fondali; la tabella successiva ne riassume i risultati in cui la larghezza e la profondità della fondazione sono espressi in **cm** e il carico limite in **Kg/cm<sup>2</sup>**.

Larghezza Profondità	100 cm	120 cm	140 cm	160 cm	180 cm
100 cm	2,83	2,86	2,92	2,94	3,00
150 cm	3,54	3,56	3,75	3,78	3,80
200 cm	4,79	4,80	4,82	4,85	4,87
250 cm	5,62	5,64	5,66	5,69	5,72
300 cm	6,86	6,89	6,93	6,96	7,00
350 cm	7,69	7,73	7,77	7,82	7,86
400 cm	8,93	8,98	9,04	9,10	9,15

### Carico Limite

### CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	1,0 Kg/cm <sup>2</sup>
Tempo	15,0
Profondità significativa Zi (m)	1,878
Media dei valori di N <sub>spt</sub> all'interno di Zi	30
Fattore di forma fs	1,487
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1,44
Indice di compressibilità	0,015
Cedimento	1,625 mm

## CONCLUSIONI

Il rilevamento di campagna e i sondaggi eseguiti nell'area d'interesse e in un suo intorno significativo hanno permesso il riconoscimento di due distinte formazioni geologiche, una sedimentaria e una igneo-metamorfica molto alterata, ampiamente descritte nel capitolo dedicato.

Le condizioni complessive della morfologia attuale consentono, quindi, di affermare che l'area non presenta problematiche particolari da un punto di vista geostatico

Il progetto del Teatro non prevede variazioni sostanziali dell'assetto geostatico dell'area in esame; non sono previste variazioni considerevoli del profilo topografico mantenendo, in pratica, il profilo medio originale.

Dal punto di vista dell'idrogeologia si può affermare che non sono presenti corsi d'acqua degni di nota; Dalle misure piezometriche, eseguite nel sondaggio S3 attrezzato con piezometro a tubo aperto, si evince che fino alla profondità di 23 metri dal piano campagna non vi è evidenza di falda freatica.

Per quanto riguarda le problematiche geo-idrologiche si ribadisce l'opportunità di utilizzare pavimentazioni drenanti per la viabilità e i parcheggi invece di quelle impermeabili; questo potrebbe apportare un duplice vantaggio sia nei confronti della ricarica delle falde idriche sia nella riduzione delle portate nelle reti di drenaggio.

Ulteriore vantaggio si avrebbe nel riutilizzo o smaltimento delle acque di precipitazione che interessano la copertura del Teatro.

Per quanto riguarda la problematica geotecnica di massima si consiglia che il piano di posa della fondazione venga posto a profondità tale che il terreno interessato non interagisca con i fattori climatici (gelo, dilavamento, essiccamento etc.) che possano causare cedimenti e rigonfiamenti. Date le condizioni climatiche italiane la fascia interessata dagli atmosferici ha spessore di circa 1.00 metri, per cui il piano di posa dovrà essere posto a profondità  $\geq 1.00$  m.

Si ribadisce la necessità di sostituire lo strato superficiale di terreno, con spessore variabile fino a 3.40 metri, con idoneo terreno incoerente. L'inerte da utilizzare per il rinterro, dovendo fungere da sottofondo, dovrà essere costituito da ghiaie e/o sabbie ben graduate con poco o nessun fine classificata secondo il Sistema Unificato proposto dal "Corp of Engineers -U.S. Army" col sottogruppo GW o SW. Possono venire impiegati quindi ghiaie e sabbie, di tipo siliceo, naturali o prodotte dalla frantumazione di rocce integre, non gelive e né facilmente solubili, prive di sostanze organiche o argillose e con buona resistenza alla compressione. Ovviamente il rinterro sarà effettuato con materiali sciolti per cui bisognerà procedere al loro costipamento per ottimizzarne le caratteristiche di densità e quindi di portanza. L'effetto del costipamento dovrà condurre a un addensamento tale che la terra abbia un valore della densità relativa  $D_r \geq 0.65$  a cui corrisponde un angolo di attrito interno  $\phi \geq 30^\circ$  e un peso di volume secco  $\gamma_d \geq 1.7 \text{ t/m}^3$ .

Ovviamente, durante la fase esecutiva della progettazione delle strutture, verranno eseguite ulteriori indagini, se necessarie, e trattate in dettaglio le problematiche geologico tecniche inerenti alle strutture in esame.

Dal punto di vista sismico si ribadisce che nell'area, omogenea dal punto di vista elasto-meccanico, è inesistente il rischio di liquefazione dei terreni.

Da quanto esposto sopra e nelle pagine precedenti si desume che nel sito, oggetto del presente studio, non esistono situazioni sfavorevoli in prospettiva geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica, quindi **la realizzazione del Nuovo Teatro Comunale in località Moderata Durant è possibile.**

Appare ovvio, infine, richiamare la particolare attenzione riguardo alla corretta applicazione della Legge Urbanistica Regionale 16 aprile 2002 n.19 "Norme per la tutela, governo ed uso del territorio" e relative linee guida, del D.M. 11.03.88 e del P.A.I. (Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico) approvato dal Consiglio Regionale con Delibera n. 115 del 28/12/2001.

Vibo Valentia, settembre 2011

Il Progettista Geologo  
Dott. Ezio Massimo CERAVOLO

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- LR 16.04.2002 n.19 e s.m.i. Legge Urbanistica della Calabria
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

## ALLEGATI

- A Sondaggio a Rotazione – Indagini in situ e in laboratorio
- B Prospezioni Geofisiche
- C Tavole Grafiche

# **Allegato A**

## ***Sondaggi a Rotazione***

## ***Indagini in situ e in Laboratorio***



**Rapporto tecnico:**

**Certificati: 223-234**

**Committente:**

***Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell'Amministrazione Comunale di Vibo Valentia.***

**Progetto:**

***"Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale".***

**La ditta esecutrice  
Geoconsol S.r.l.**

**GEOCONSOL S.R.L.**  
C. di Padula S.P. 234  
87047 SAN PIETRO IN GUARANO (CS)  
C.F./P.IVA: 04882070780  
Tel. 0984.837154 - Fax 0984.304168



Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>224</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>03/08/2011</b>	Fine	<b>04/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S1		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



Documentazione  
fotografica



Postazione di sondaggio



Cassetta 1 (0,00-5,00 m)

Redatto Responsabile di sito Dott. Geol. Scalercio 	Direttore Responsabile Dott. Geol. A. Vio 
--	--



Verbale accettazione	21/11	Data accettazione	01/08/2011
Certificato n°	224	Data certificato	17/08/2011
Data di esecuzione	Inizio 03/08/2011	Fine	04/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S1		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



Documentazione fotografica



Cassetta 2 (5,00-10,00 m)



Cassetta 3 (10,00-15,00 m)

Responsabile di sito: Dott. Geol. A. Scalercio  
 Redatto: *[Signature]*  
 Direttore Responsabile: Dott. Geol. A. F. Fiolo  
 Verificato/Approvato: *[Signature]*



Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>224</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio 03/08/2011	Fine	04/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S1		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



Documentazione  
fotografica



Cassetta 4 (15,00-20,00 m)



Redattore  
Responsabile di sito Dott. Geol. Scalercio

Verificatore Approvato  
Direttore Responsabile Dott. Geol. F. Vito

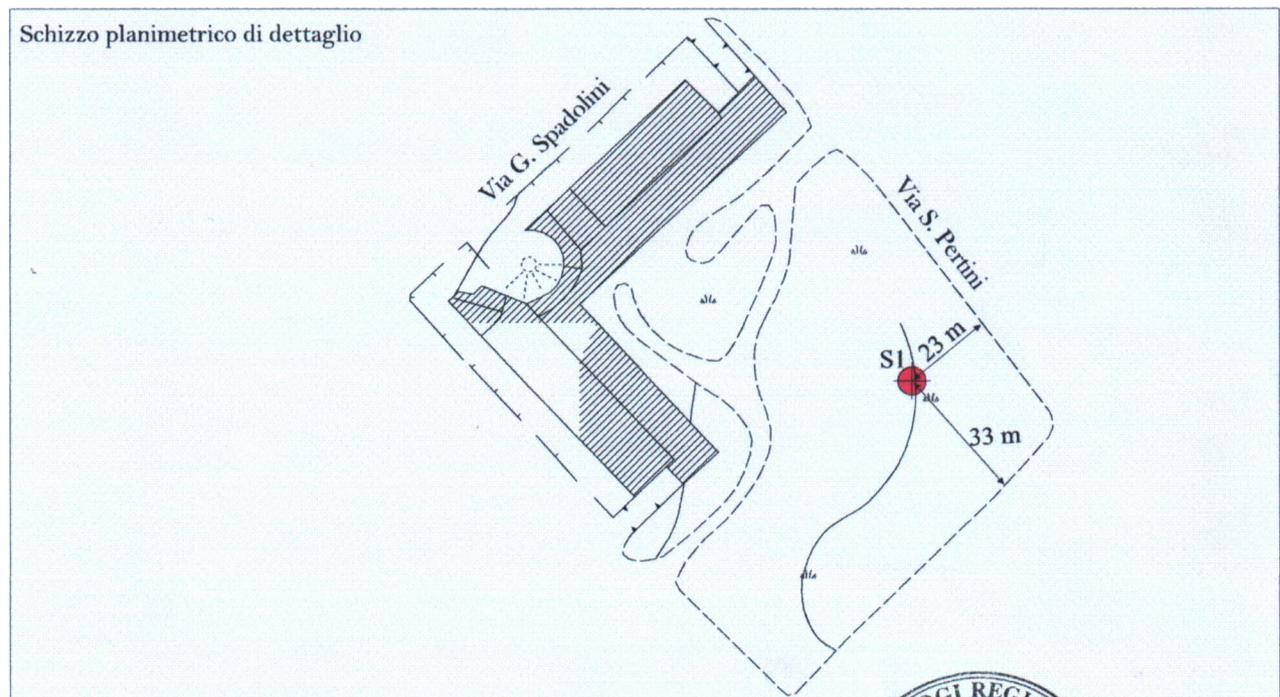
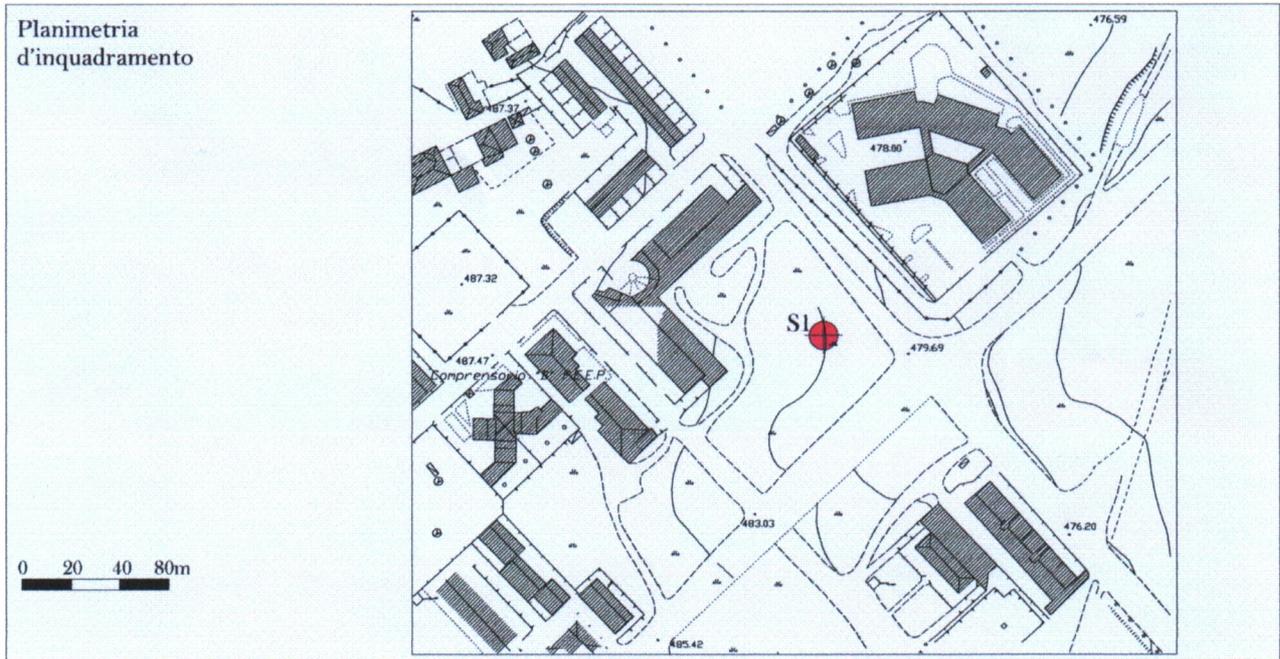


Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>225</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>03/08/2011</b>	Fine	<b>04/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S1		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



**Ubicazione indagine  
geognostica**

Coordinate	Piane	Geografiche	Datum geodetico	Accuratezza



Redatto Responsabile di sito Dott. Geol. N. Scalercio 	Direttore Responsabile Dott. G. A. F. Violo 
---	---





Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>227</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>03/08/2011</b>	Fine	<b>03/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S2		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



**Documentazione  
fotografica**



Postazione di sondaggio



Cassetta 1 (0,00-5,00 m)

<p>Redatto Responsabile di sito: Dott. Geol. A. Scalercio</p> <p><i>[Signature]</i></p>	<p>Direttore Responsabile: Dott. Geol. Ag. Vibo</p> <p><i>[Signature]</i></p>
---	---



Verbale accettazione	21/11	Data accettazione	01/08/2011
Certificato n°	227	Data certificato	17/08/2011
Data di esecuzione	Inizio 03/08/2011	Fine	03/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S2		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



Documentazione fotografica



Cassetta 2 (5,00-10,00 m)



Cassetta 3 (10,00-15,00 m)

<p>Redatto</p> <p>Responsabile di sito Dott. Geol. A. Stalercio</p> 	<p>Verificato e approvato</p> <p>Direttore Responsabile Dott. Geol. E. M. Ceravolo</p> 
---	---

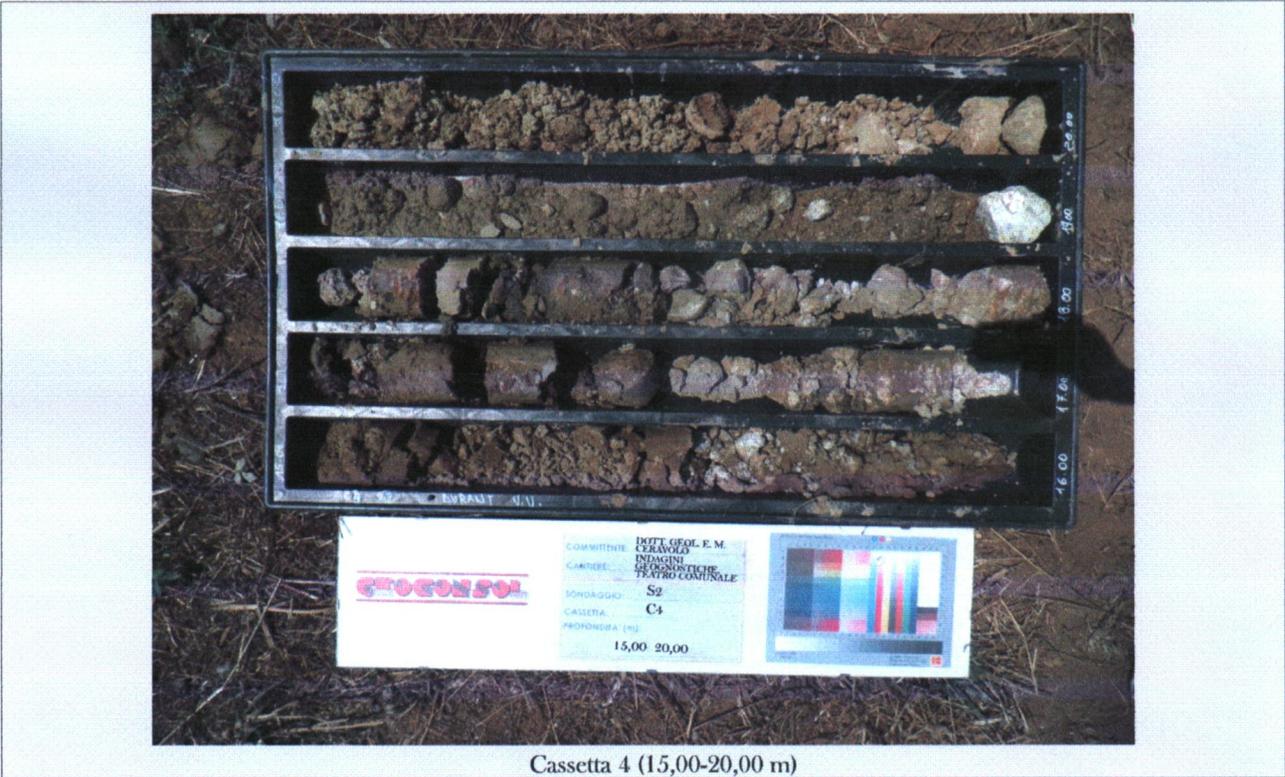


Verbale accettazione	21/11	Data accettazione	01/08/2011
Certificato n°	227	Data certificato	17/08/2011
Data di esecuzione	Inizio 03/08/2011	Fine	03/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S2		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



Documentazione  
fotografica

Pagina 3 di 3



Cassetta 4 (15,00-20,00 m)

<p style="text-align: center;">   <b>Redatto</b>          Responsabile di sito Dott. Geol. Scalercio       </p>	<p style="text-align: center;">           Verificato (aperta)          Direttore Responsabile Dott. Geol. A. F. Nio       </p>
---	--



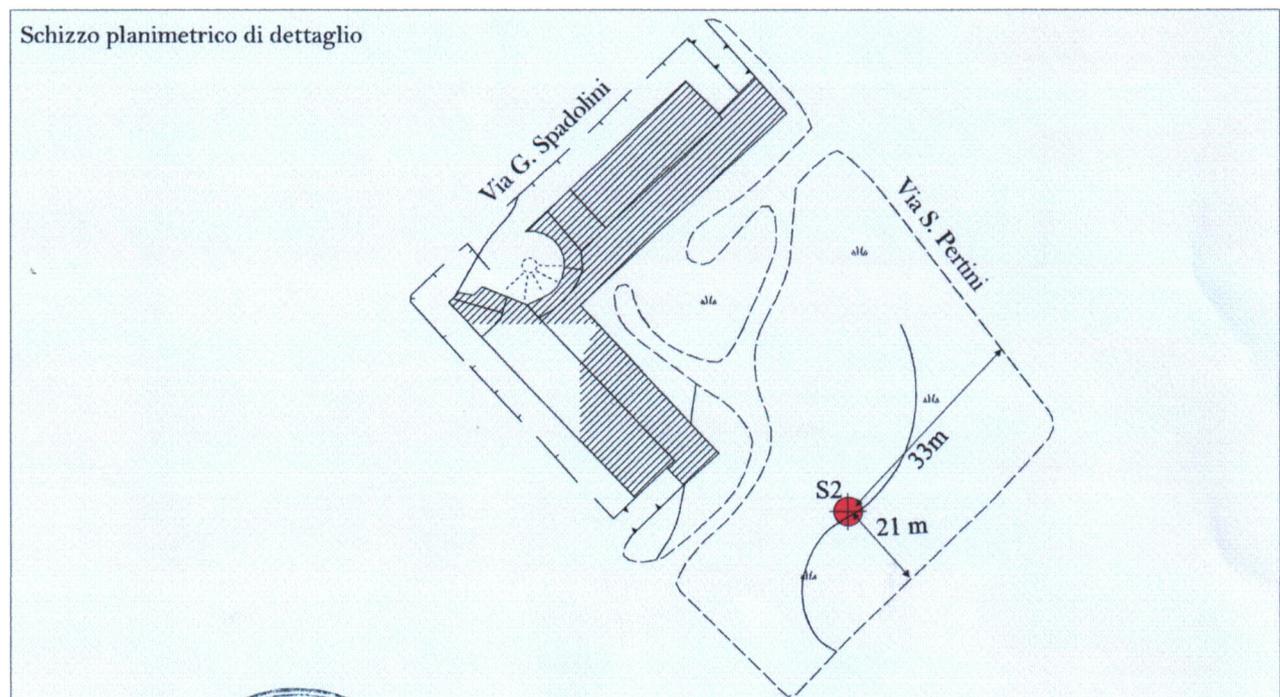
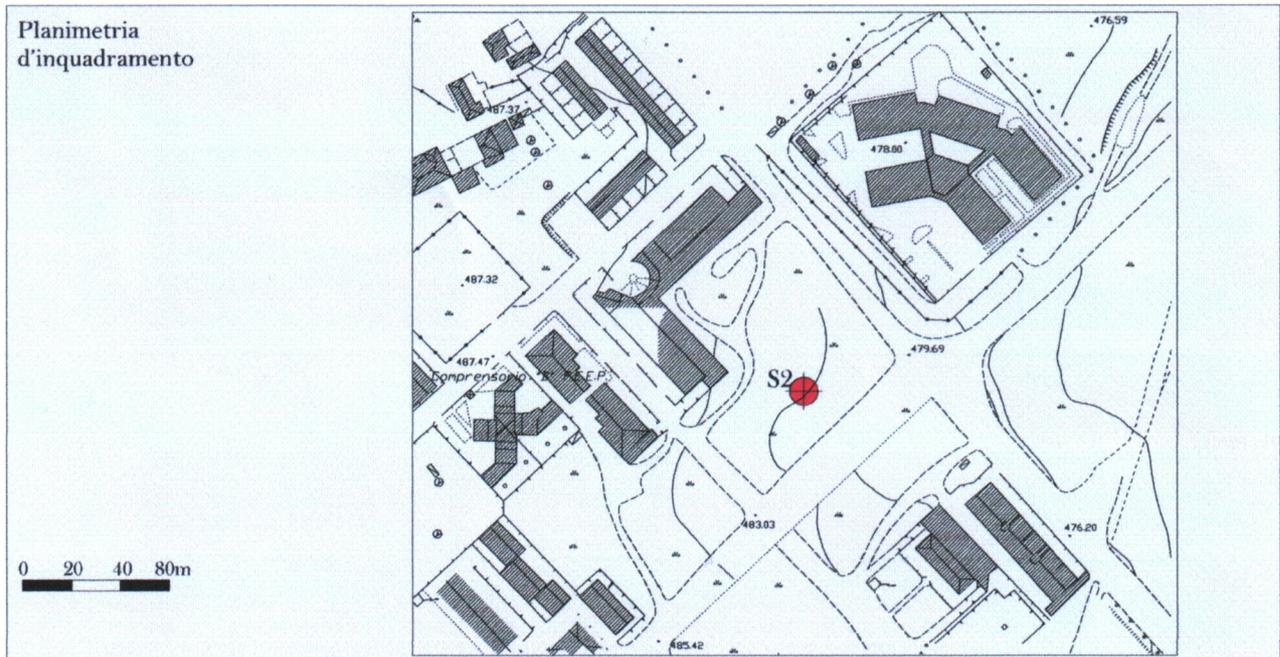


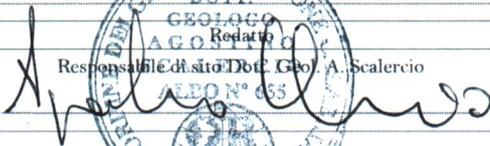
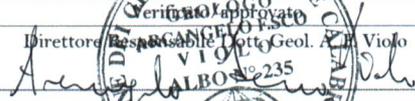
Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>228</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>03/08/2011</b>	Fine	<b>03/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	<b>S2</b>		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



**Ubicazione indagine  
geognostica**

Coordinate	Piane	Geografiche	Datum geodetico	Accuratezza



 Responsabile di sito Dott. Geol. A. Scalercio 	 Direttore Responsabile Dott. Geol. E. Ceravolo 
---	---

Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>230</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>01/08/2011</b>	Fine	<b>02/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S3		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



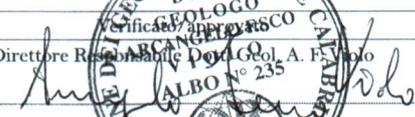
**Documentazione  
fotografica**



Postazione di sondaggio



Cassetta 1 (0,00-5,00 m)

Responsabile di Sito Dott. Geol. A. Scalericio 	Direttore Responsabile Dott. Geol. A. F. Volo 
---	---



Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>230</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>01/08/2011</b>	Fine	<b>02/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S3		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



Documentazione  
fotografica



Cassetta 2 (5,00-10,00 m)



Cassetta 3 (10,00-15,00 m)

 Responsabile di sito Dott. Geol. A. Sciercio	 Direttore Responsabile Dott. Geol. A. F. Viola
--	--



Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>230</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>01/08/2011</b>	Fine	<b>02/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S3		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



Documentazione fotografica



Cassetta 4 (15,00-20,00 m)



Cassetta 5 (20,00-24,00 m)

Responsabile Sito: Dott. Geol. A. Scalercio

Direttore Responsabile: Dott. Geol. A. Violo



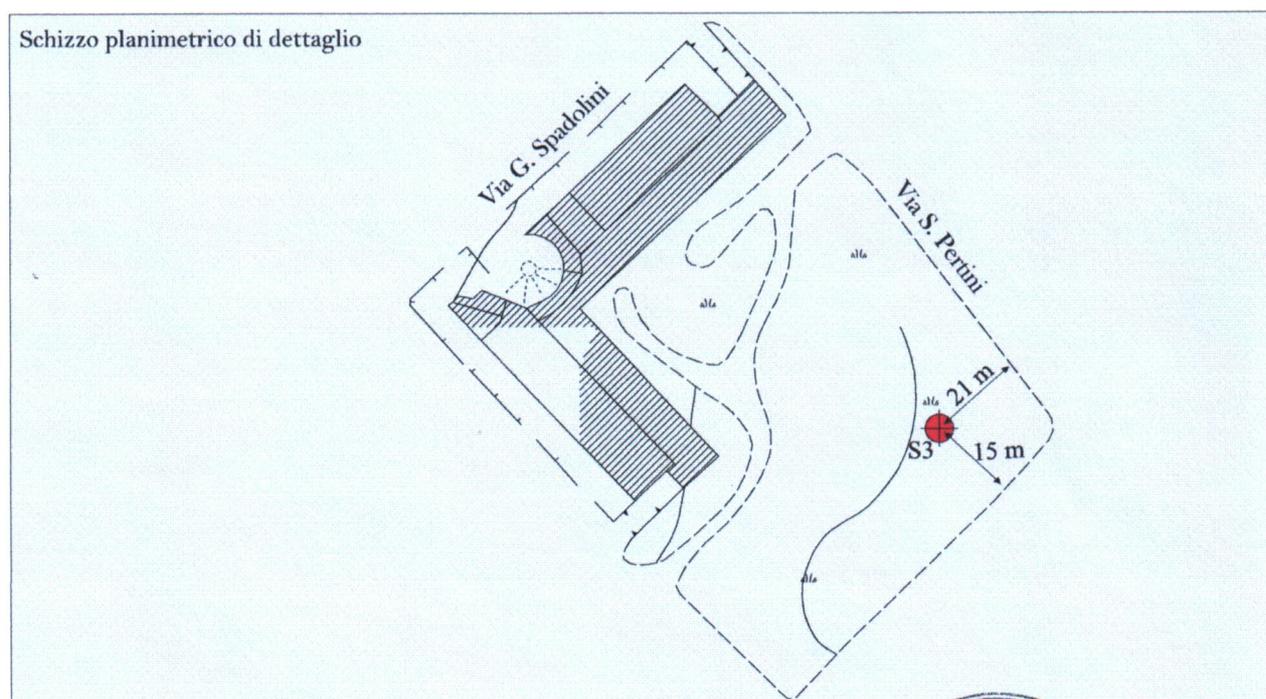
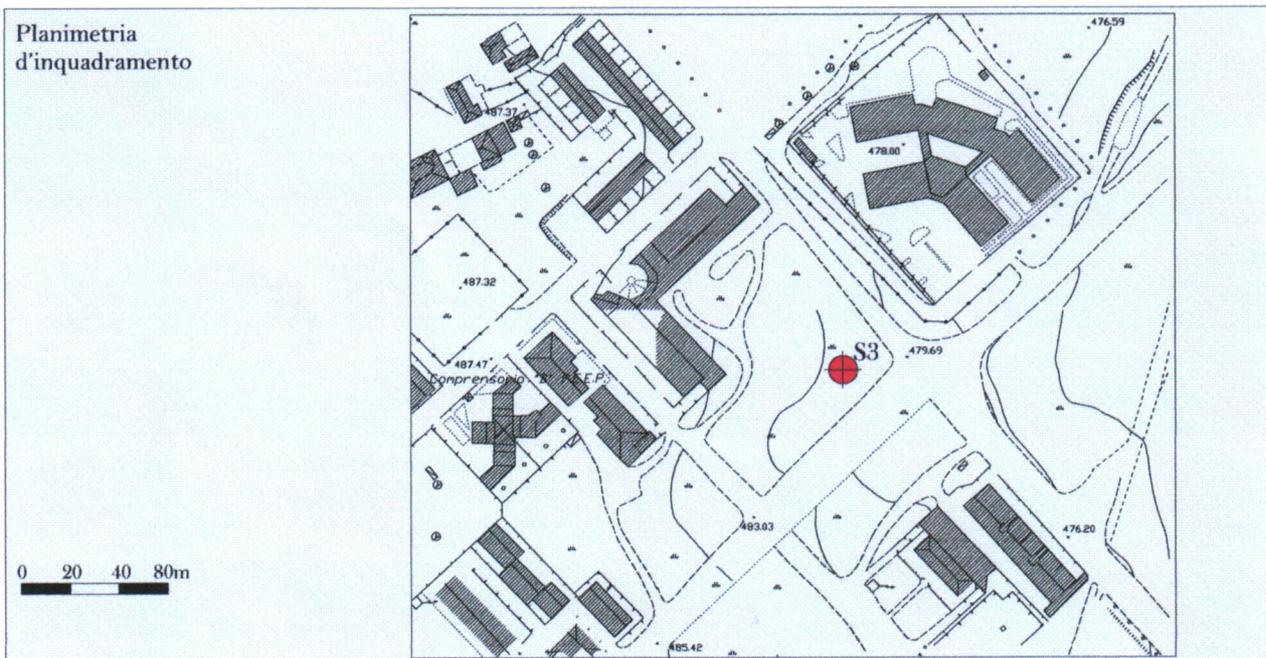
Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>231</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio <b>01/08/2011</b>	Fine	<b>02/08/2011</b>
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S3		
Norma di riferimento AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7			



**Ubicazione indagine  
geognostica**

Pagina 1 di 1

Coordinate	Piane	Geografiche	Datum geodetico	Accuratezza



 Responsabile di sito Dott. Geol. A. Scalercio	 Direttore Responsabile Dott. Geol. A. F. Vito ALBO N° 235
--	--



Verbale accettazione	21/11	Data accettazione	01/08/2011
Certificato n°	232	Data certificato	17/08/2011
Data di esecuzione	Inizio 01/08/2011	Fine	02/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S3		
Norma di riferimento			



Posa strumentazione  
piezometrica

Pagina 1 di 1

Caratteristiche attrezzatura

Foro	S3
Tipo di piezometro	Tubo aperto in pvc
Profondità di posa	23 m
Diametro tubazione	Φ 40mm
Tratto finestrato	6,00-23,00 m dal p.c.
Intercapedine	Ghiaietto
Protezione attrezzatura	Pozzetto metallico con lucchetto

Misurazioni livello piezometrico

Attrezzatura di misura Freatimetro PASI a doppio segnale, acustico e visivo

Lunghezza massima 250 m      Diametro sonda di misura 10 mm

Data misurazione

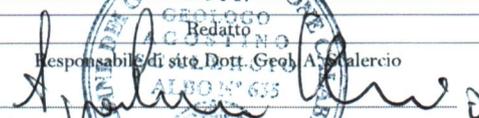
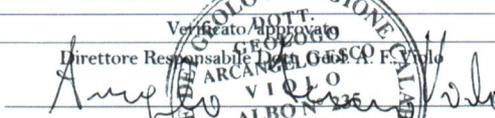
Livello piezometrico


Foto strumentazione



Freatimetro

Anomalie/note

Redatto Responsabile di sito Dott. Geol. A. Galercio 	Verificato/Approvato Direttore Responsabile Dott. Geol. E. Ceravolo 
--	--



Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>233</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio 01/08/2011	Fine	04/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S1-S2-S3		
Norma di riferimento	AGI (1977) UNI-ENV 1977-3 (2002)-Eurocodice 7		



## Campionamento

Pagina 1 di 1

### Caratteristiche attrezzatura

Campionatore	Lunghezza	Diametro	Materiale fustella	Metodo infissione
Fustella Shelby	600 mm	85 mm	Acciaio zincato anti-corrosione	Pressione
Mazier modificato				
Denison				

Foto attrezzatura di campionamento



Foro	Sigla campione	Profondità di prelievo (m)	Tipo campione	Qualità	Tipologia sigillatura	Data prelievo	Data consegna
S1	S1C1	7,00	Indisturbato	Q5	Tappo Nastro adesivo	04/08/2011	05/08/2011
		7,50					
S2	S2C1	6,00	Indisturbato	Q5	Tappo Nastro adesivo	03/08/2011	05/08/2011
		6,50					
S3	S3C1	5,60	Indisturbato	Q5	Tappo Nastro adesivo	01/08/2011	05/08/2011
		6,20					

Anomalie/note

<p style="text-align: center;">Redatto</p> <p style="text-align: center;">Responsabile del sito Dott. Geol. A. Scalercio</p>	<p style="text-align: center;">Verificato/approvato</p> <p style="text-align: center;">Direttore Responsabile Dott. Geol. E. Ceravolo</p>
--	---

Verbale accettazione	<b>21/11</b>	Data accettazione	<b>01/08/2011</b>
Certificato n°	<b>234</b>	Data certificato	<b>17/08/2011</b>
Data di esecuzione	Inizio 01/08/2011	Fine	04/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S1-S2-S3		
Norma di riferimento	A.G.I. (1977); EUROCODICE 7 ISSMFE (1988)		



## Standard Penetration Test

Pagina 1 di 2

### Caratteristiche attrezzatura

Altezza di caduta	762±2 mm	Peso delle aste	
Peso maglio	63,5±0,5 kg	Diametro delle aste	
Meccanismo di sganciamento	Pilcon		

### Foto attrezzatura



Sistema di battuta



Punta utilizzata

N°	Foro di sondaggio	Profondità (m)	Colpi	Nspt	Tipo di punta	Data esecuzione
1	S1	4,00 4,45	9 - 11 - 13	24	Chiusa	04/08/2011
2	S1	7,50 7,95	16 - 22 - 26	48	Chiusa	04/08/2011
3	S1	9,50 9,95	15 - 20 - 21	41	Chiusa	04/08/2011
4	S1	12,50 12,95	13 - 28 - 33	61	Chiusa	04/08/2011
5	S1	17,00 17,12	12R	Rif.	Chiusa	04/08/2011
6	S2	6,50 6,95	15 - 20 - 25	45	Chiusa	03/08/2011
7	S2	24,00 24,14	14R	Rif.	Chiusa	03/08/2011
8	S3	4,10 4,55	4 - 9 - 11	20	Chiusa	01/08/2011
9	S3	8,50 8,95	18 - 30 - 34	64	Chiusa	01/08/2011

Anomalie/note

<p style="text-align: center;">DOTT. GEOL. EZIO MASSIMO CERAVOLO Redatto Responsabile di sito Dott. Geol. A. Spalercio ALBONISIO</p>	<p style="text-align: center;">DOTT. GEOL. EZIO MASSIMO CERAVOLO Verificato e approvato Direttore Responsabile Dott. Geol. A. F. Vito ALBONISIO</p>
--	---

Verbale accettazione	21/11	Data accettazione	01/08/2011
Certificato n°	234	Data certificato	17/08/2011
Data di esecuzione	Inizio 01/08/2011	Fine	04/08/2011
Committente	Dott. Geol. Ezio Massimo Ceravolo per conto dell' Amministrazione comunale di Vibo Valentia		
Progetto	Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale		
Località	Moderata Durant	Comune	Vibo Valentia
Denominazione sondaggio	S1-S2-S3		
Norma di riferimento	A.G.I. (1977); EUROCODICE 7 ISSMFE (1988)		



**Standard Penetration  
Test**

Pagina 2 di 2

**Caratteristiche attrezzatura**

Altezza di caduta	762±2 mm	Peso delle aste	
Peso maglio	63,5±0,5 kg	Diametro delle aste	
Meccanismo di sganciamento	Pilcon		

**Foto attrezzatura**



Sistema di battuta



Punta utilizzata

N°	Foro di sondaggio	Profondità (m)	Colpi	Nspt	Tipo di punta	Data esecuzione
10	S3	12,00 12,45	12 - 30 - 36	66	Chiusa	01/08/2011
11	S3	24,00 24,13	13R	Rif.	Chiusa	02/08/2011

Anomalie/note

Redatto Responsabile di sito Dott. Geol. A. Scalerico 	Verificato/approvato Direttore Responsabile Dott. Geol. A. Ceravolo 
--	--



# **I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche**

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**Indagine:** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**Committente:** Geoconsol S.r.l.

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**

**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**

**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**APERTURA CAMPIONE**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data Apertura: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6610      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

SONDAGGIO 1      Campione : 1      PROFONDITA' : m 7.00 - 7.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004**

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione	
Diametro (mm):	84	■	Fustella	□	Disturbato o Rimaneggiato
Lunghezza dichiarata (mm):	500	□	PVC	□	Disturbo limitato
Lunghezza effettiva (mm):	500	□	Busta	■	Indisturbato

### Caratteristiche determinabili

Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)	Q5	Qualità del campione effettiva :				
		Disturbato o Rimaneggiato			Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Profilo stratigrafico						
Composizione granulometrica					■	
Contenuto d'acqua naturale					■	
Peso dell'unità di volume					■	
Caratteristiche meccaniche					■	

### Prove non eseguibili

**Parte Bassa**      *Prelievo dei Pr ovini – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket*      **Parte Alta**

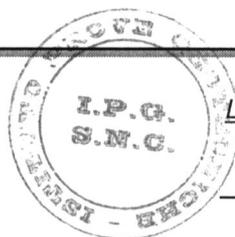
		<i>Pr</i>								
4.5	9.0	13.5	18.0	22.5	27.0	31.5	36.0	40.5	45.0	49.5
cm										cm

### Descrizione visiva del campione

Sabbia Limosa debolmente Argillosa poco addensata di colore marrone scuro.

### Note

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6611      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 1      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 7.00 - 7.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005**

## DATI SPERIMENTALI

Tara numero	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	5		8	
Massa Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	6.35	g	14.35	g
Massa Terreno Umido + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	247.90	g	535.70	g
Massa Terreno Secco + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	205.20	g	445.10	g
Contenuto d'acqua <b>w</b>	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	21.47	%	21.03	%
Media delle misurazioni <b>w</b>	21.25		%	

*Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia*



*Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza*

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6612      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 1      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 7.00 - 7.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005**

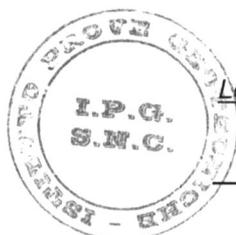
**METODO UTILIZZATO**

Metodo con misurazioni lineari

**DATI SPERIMENTALI**

Massa del campione utilizzato	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	134.2	g	134.5	g
Volume del campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	72	cm <sup>3</sup>	72	cm <sup>3</sup>
Peso dell'Unità di Volume	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	18.279	(kN/m <sup>3</sup> )	18.319	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma$	18.299		(kN/m <sup>3</sup> )	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI  
GRANI**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato: 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero: 6612      Data Certificato: 12/08/2011

**INDAGINE:** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE:** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 1      **Campione:** 1      **PROFONDITA':** m 7.00 - 7.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005**

## DATI SPERIMENTALI

Temperatura 17 °C      Densità acqua  $\gamma_w$  9.79488 kN/m<sup>3</sup>

Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	30.740	g	30.946	g
Massa Campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	40.740	g	40.946	g
Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	82.980	g	83.327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	89.256	g	89.604	g
Peso specifico $\gamma_s$	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	26.302	(kN/m <sup>3</sup> )	26.309	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma_s$	<b>26.306</b>		<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**ANALISI GRANULOMETRICA mediante setacci e/o crivelli e per sedimentazione**

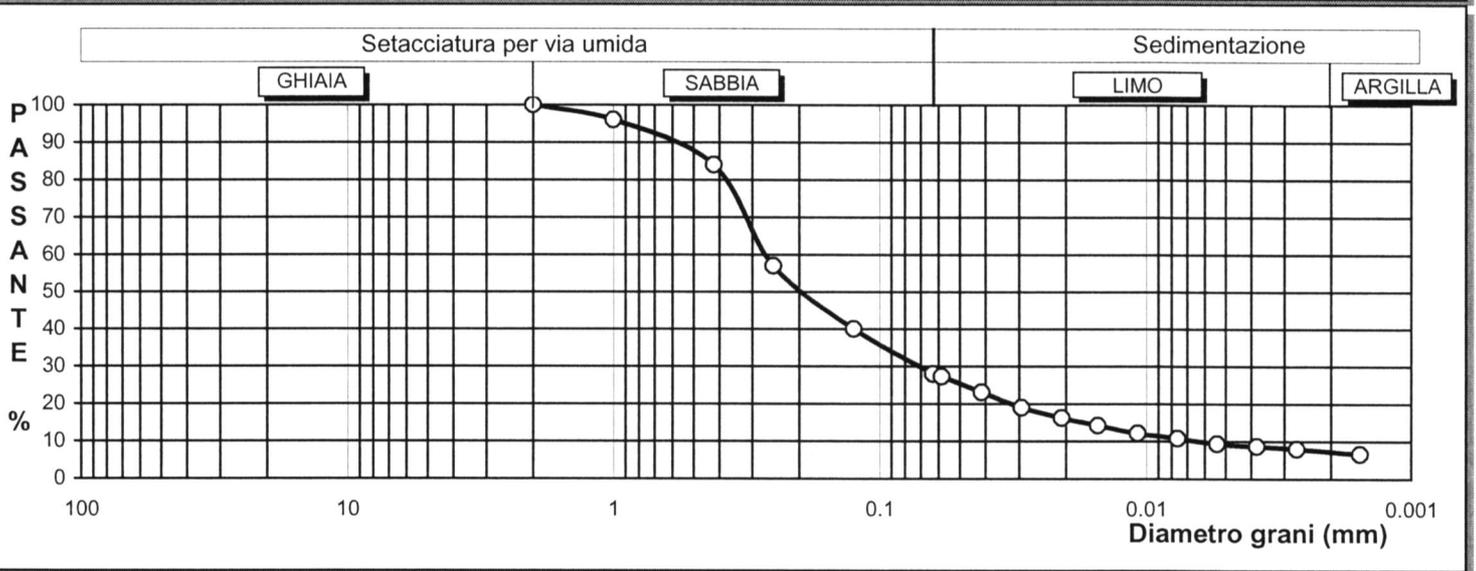
Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6613      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

**SONDAGGIO** 1      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 7.00 - 7.50



### DATI SEDIMENTAZIONE

Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata: 34.3 g
0.5	1.019	0.082521	29	60	1.006	0.007607	11	
1	1.018	0.058396	27	120	1.005	0.005383	9	
2	1.015	0.041386	23	240	1.0045	0.003808	9	Q1
4	1.012	0.029331	19	480	1.004	0.002694	8	Q2
8	1.01	0.020771	16	1440	1.003	0.001556	7	Q3
15	1.0085	0.015186	14					Q4
30	1.007	0.01075	12					Q5

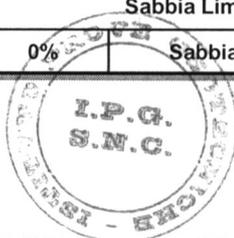
### DATI SETACCIATURA

Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata: 200 g
0	0	0	100.00	1	8	4	96.00	
0	0	0	100.00	0.420	32	16	84.00	
0	0	0	100.00	0.250	87	43	57.00	Q1
0	0	0	100.00	0.125	121	60	40.00	Q2
0	0	0	100.00	0.063	144	72	28.00	Q3
0	0	0	100.00					Q4
2	0	0	100.00					Q5

### NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :				Sabbia Limosa debolmente Argillosa				clsSa	
Percentuali classi granulometriche:		Ghiaia	0%	Sabbia	72%	Limo	21%	Argilla	7%

Il Vicedirettore Dott. Geol. Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 1 di 3)**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1 di 3  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6614      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

**SONDAGGIO** 1      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 7.00 - 7.50

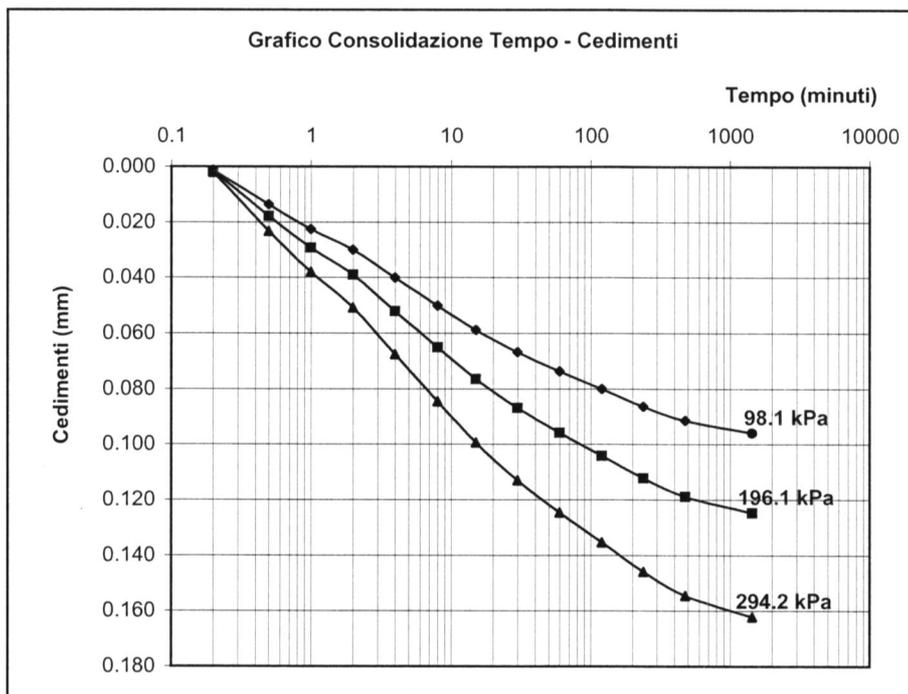
**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

**METODO UTILIZZATO**      PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI				CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3	Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato	Massa provini Finale (g)	134.8	130.2	132.9
Massa provini Iniziale (g)	133.60	129.50	130.90	Massa secca provini (g)	109.7	106.6	108.5
Peso di Volume (kN/m <sup>3</sup> )	18.20	17.64	17.83	Cont. d'acqua Fin.(%)	22.88	22.14	22.49
Cont. d'acqua Iniz.(%)	21.79	21.48	20.65				
Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20				
t <sub>100</sub> (min)	480	480	480	Vel. di scorr. mm/min	0.003		

**DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0.2	0.001	0.002	0.002
0.5	0.014	0.018	0.023
1	0.023	0.029	0.038
2	0.030	0.039	0.051
4	0.040	0.052	0.068
8	0.050	0.065	0.085
15	0.059	0.076	0.099
30	0.067	0.087	0.113
60	0.074	0.096	0.125
120	0.080	0.104	0.135
240	0.086	0.112	0.146
480	0.091	0.119	0.155
1440	0.096	0.125	0.162
-			
-			
-			



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

*(Handwritten signature)*



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

*(Handwritten signature)*



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 3 di 3)**

Data arrivo campione:	04/08/2011	Data esecuzione prova:	08/08/2011	Pagine Certificato:	3 di 3
Verbale Accettazione:	334	Certificato numero:	6614	Data Certificato:	12/08/2011

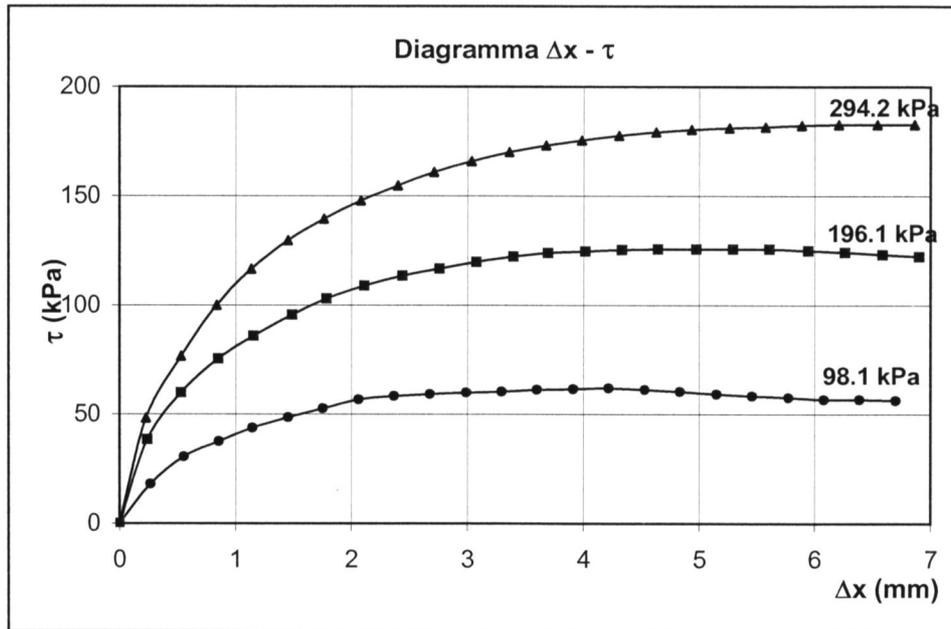
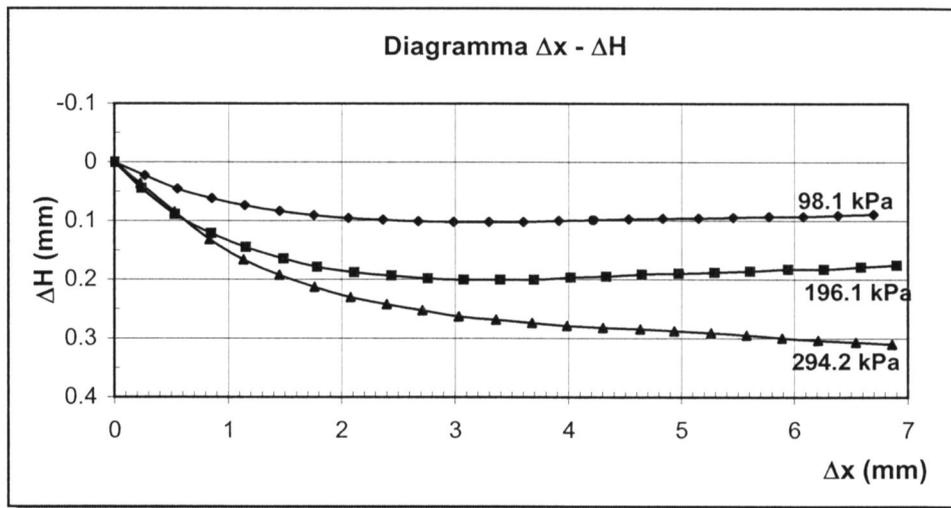
**INDAGINE:** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE:** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 1 **Campione:** 1 **PROFONDITA':** m 7.00 - 7.50

## DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**APERTURA CAMPIONE**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data Apertura: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6615      Data Certificato : 12/08/2011

INDAGINE : Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

COMMITTENTE : GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

SONDAGGIO 2      Campione : 1      PROFONDITA' : m 6.00 - 6.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004**

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione	
Diametro (mm):	84	■	Fustella	□	Disturbato o Rimaneggiato
Lunghezza dichiarata (mm):	500	□	PVC	□	Disturbo limitato
Lunghezza effettiva (mm):	500	□	Busta	■	Indisturbato

### Caratteristiche determinabili

Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)	Q5	Qualità del campione effettiva :				
		Disturbato o Rimaneggiato			Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Profilo stratigrafico						
Composizione granulometrica					■	
Contenuto d'acqua naturale					■	
Peso dell'unità di volume					■	
Caratteristiche meccaniche					■	

### Prove non eseguibili

**Parte Bassa**      *Prelievo dei Pr ovini – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket*      **Parte Alta**

4.5	9.0	Pr	45.0	49.5						
cm										cm

### Descrizione visiva del campione

Sabbia con Limo debolmente Argillosa moderatamente addensata di colore bruno-rossastro.

### Note

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**

**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**

**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6616      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

**SONDAGGIO** 2      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 6.00 - 6.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005**

## DATI SPERIMENTALI

Tara numero	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	136		4	
Massa Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	6.37	g	13.90	g
Massa Terreno Umido + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	275.90	g	475.50	g
Massa Terreno Secco + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	222.90	g	382.40	g
Contenuto d'acqua <b>w</b>	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	24.48	%	25.26	%
Media delle misurazioni <b>w</b>	24.87		%	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI  
GRANI**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato: 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero: 6618      Data Certificato: 12/08/2011

**INDAGINE:** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE:** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO**      2      **Campione:**      1      **PROFONDITA':** m 6.00 - 6.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005**

## DATI SPERIMENTALI

Temperatura      17      °C      Densità acqua  $\gamma_w$       9.79488      kN/m<sup>3</sup>

	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
Massa Picnometro	30.740	g	30.946	g
Massa Campione	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	40.740	g	40.946	g
Massa Picnometro + acqua	82.980	g	83.327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	89.267	g	89.616	g
Peso specifico $\gamma_s$	26.380	(kN/m <sup>3</sup> )	26.394	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma_s$	<b>26.387</b>		<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**ANALISI GRANULOMETRICA mediante setacci e/o crivelli e per sedimentazione**

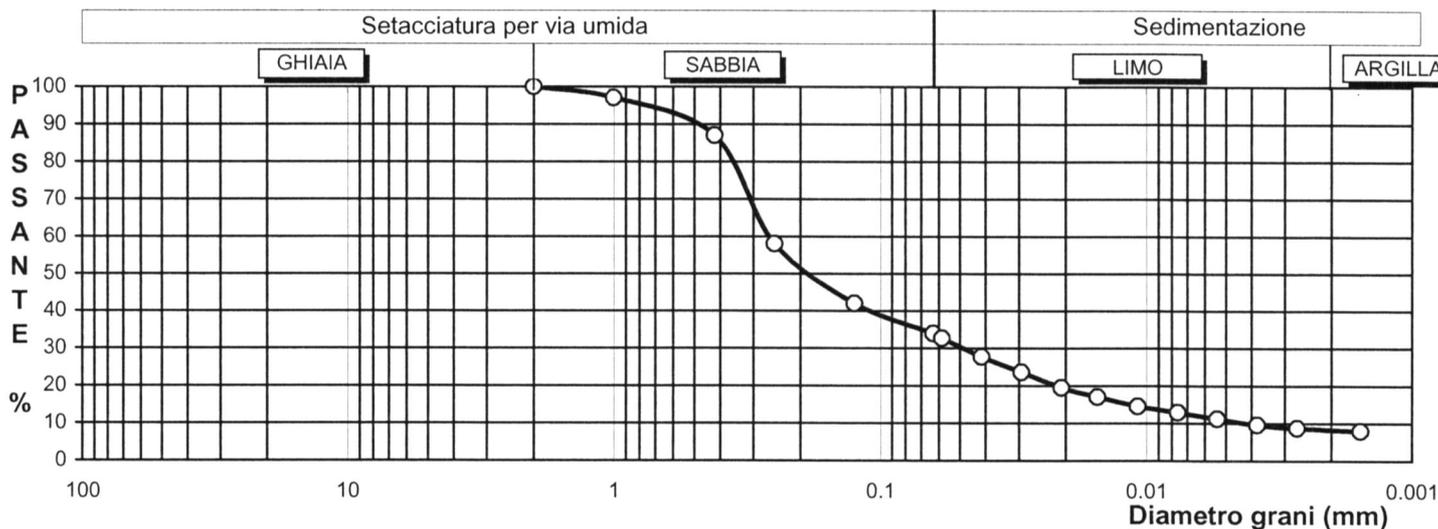
Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6619      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 2      **Campione :** 1      **PROFONDITA' : m** 6.00 - 6.50



### DATI SEDIMENTAZIONE

Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata: 35 g
0.5	1.019	0.082521	34	60	1.006	0.007607	13	
1	1.018	0.058396	33	120	1.005	0.005383	11	Qualità del campione Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 ●
2	1.015	0.041386	28	240	1.004	0.003809	10	
4	1.0125	0.02932	24	480	1.0035	0.002695	9	
8	1.01	0.020771	19	1440	1.003	0.001556	8	
15	1.0085	0.015186	17					
30	1.007	0.01075	15					

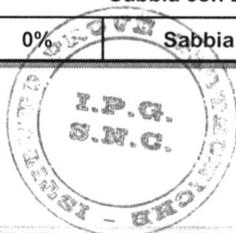
### DATI SETACCIATURA

Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata: 216 g
0	0	0	100.00	1	7	3	97.00	
0	0	0	100.00	0.420	29	13	87.00	Qualità del campione Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 ●
0	0	0	100.00	0.250	91	42	58.00	
0	0	0	100.00	0.125	125	58	42.00	
0	0	0	100.00	0.063	142	66	34.00	
0	0	0	100.00					
2	0	0	100.00					

### NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :				Sabbia con Limo debolmente Argillosa				cISiSa	
Percentuali classi granulometriche:		Ghiaia	0%	Sabbia	66%	Limo	26%	Argilla	8%

Il Vicedirettore Dott. Geol. Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**LIMITI DI ATTERBERG**  
**(LIQUIDO E PLASTICO congiuntamente)**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6620      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

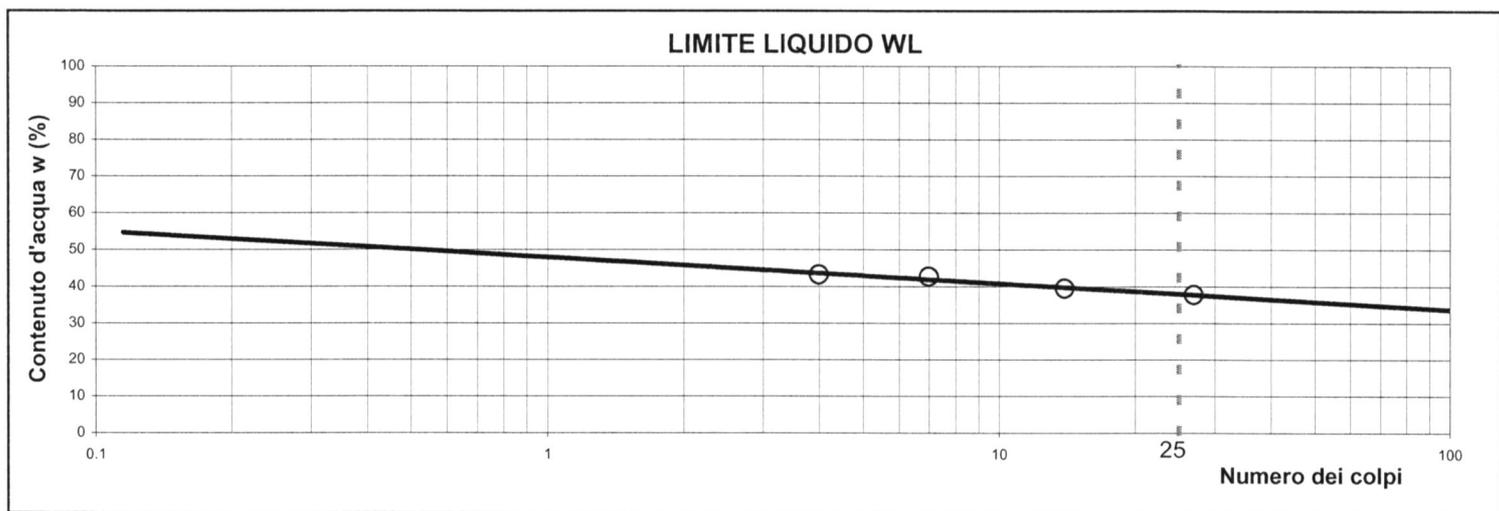
**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO :** 2      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 6.00 - 6.50

**Norma di riferimento : CNR - UNI 10014: 1964**

## DATI SPERIMENTALI



LIMITE DI LIQUIDITA' W <sub>L</sub>				
Numero contenitore	2	4	1	235
Massa contenitore (g)	8.84	11.65	9.20	10.98
Massa Terreno Umido (g)	14.84	20.11	17.68	19.86
Massa Terreno Secco (g)	13.03	17.58	15.28	17.43
Numero colpi	4	7	14	27

LIMITE DI PLASTICITA' W <sub>p</sub>		
Numero contenitore	5	227
Massa contenitore (g)	11.29	13.14
Massa T. Umido (g)	14.75	15.89
Massa T. Secco (g)	13.87	15.19

LIMITE DI RITIRO W <sub>R</sub>		
Limite di ritiro	-	-
Rapporto di ritiro	-	-
Ritiro volumetrico	-	-
Ritiro lineare	-	-

**W<sub>L</sub> (%) = 37.95**

**W<sub>p</sub> (%) = 34.13**

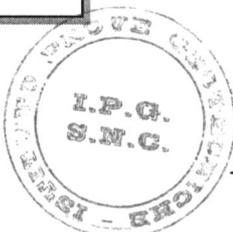
**I<sub>p</sub> (%) = 3.83**

**A = 0.48**

**I<sub>c</sub> (%) = 3.42**

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 1 di 3)**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1 di 3  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6621      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 2      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 6.00 - 6.50

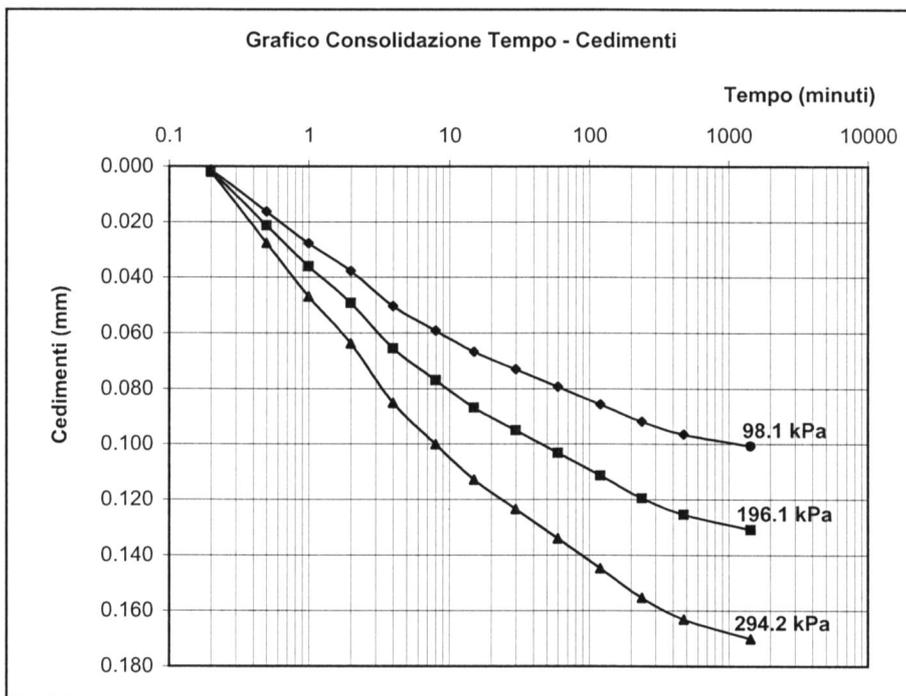
**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

**METODO UTILIZZATO**      PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI				CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3	Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato	Massa provini Finale (g)	134.8	133.6	135.5
Massa provini Iniziale (g)	132.50	133.50	135.30	Massa secca provini (g)	106.2	106.2	107.6
Peso di Volume (kN/m <sup>3</sup> )	18.05	18.18	18.43	Cont. d'acqua Fin.(%)	26.93	25.80	25.93
Cont. d'acqua Iniz.(%)	24.76	25.71	25.74				
Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20				
t <sub>100</sub> (min)	480	480	480	Vel. di scorr. mm/min	0.003		

**DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0.2	0.001	0.002	0.002
0.5	0.016	0.021	0.028
1	0.028	0.036	0.047
2	0.038	0.049	0.064
4	0.050	0.065	0.085
8	0.059	0.077	0.100
15	0.067	0.087	0.113
30	0.073	0.095	0.123
60	0.079	0.103	0.134
120	0.086	0.111	0.145
240	0.092	0.120	0.155
480	0.096	0.125	0.163
1440	0.101	0.131	0.170
-			
-			
-			



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 3 di 3)**

Data arrivo campione:	04/08/2011	Data esecuzione prova:	08/08/2011	Pagine Certificato :	3 di 3
Verbale Accettazione:	334	Certificato numero :	6621	Data Certificato :	12/08/2011

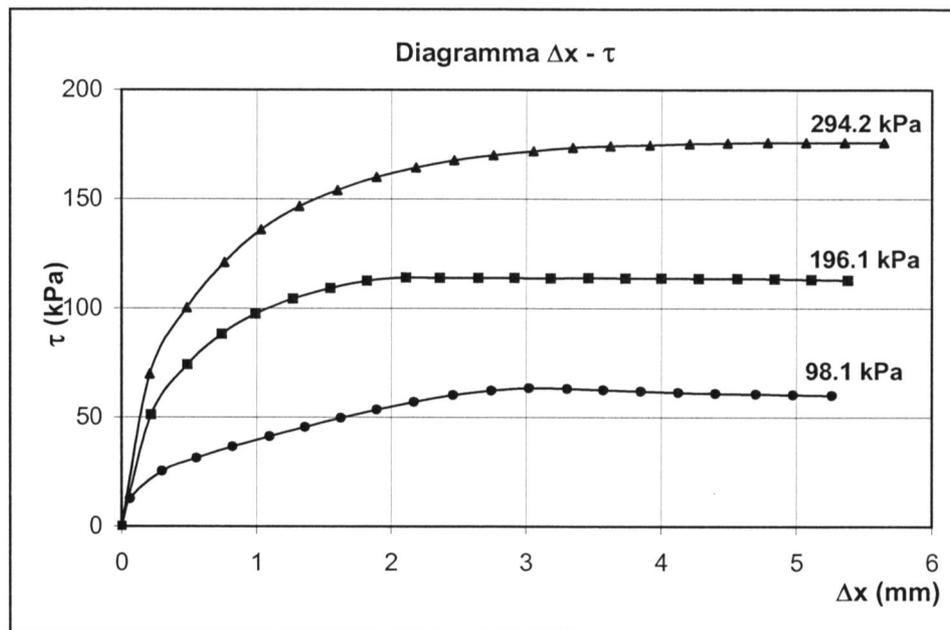
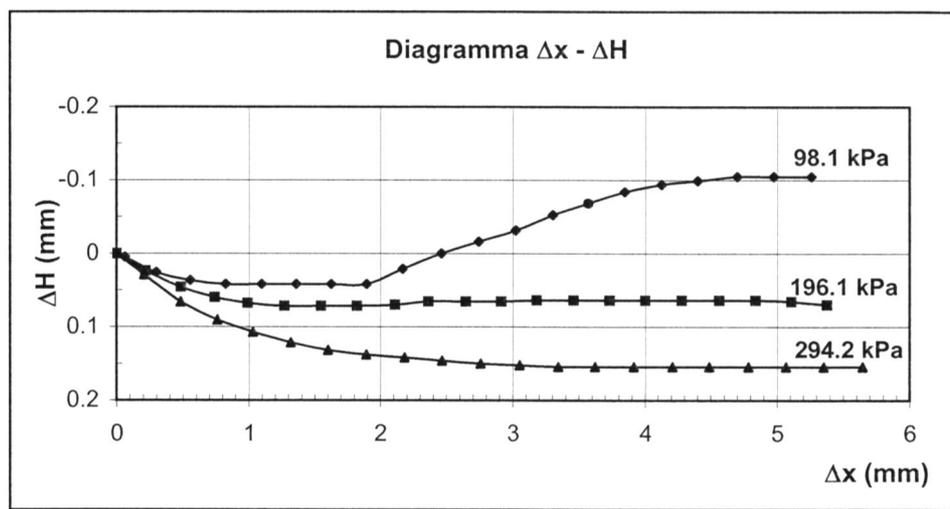
**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 2 **Campione :** 1 **PROFONDITA' :** m 6.00 - 6.50

## DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**APERTURA CAMPIONE**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data Apertura: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6622      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

SONDAGGIO 3      Campione : 1      PROFONDITA' : m 5.60 - 6.20

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004**

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione	
Diametro (mm):	84	■	Fustella	□	Disturbato o Rimaneggiato
Lunghezza dichiarata (mm):	600	□	PVC	□	Disturbo limitato
Lunghezza effettiva (mm):	500	□	Busta	■	Indisturbato

### Caratteristiche determinabili

Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)	Q5	Qualità del campione effettiva :				
		Disturbato o Rimaneggiato			Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Profilo stratigrafico						
Composizione granulometrica					■	
Contenuto d'acqua naturale					■	
Peso dell'unità di volume					■	
Caratteristiche meccaniche					■	

### Prove non eseguibili

**Parte Bassa**      *Prelievo dei Pr ovini – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket*      **Parte Alta**

		Pr								
4.5	9.0	13.5	18.0	22.5	27.0	31.5	36.0	40.5	45.0	49.5
cm										cm

### Descrizione visiva del campione

Sabbia con Limo debolmente Argillosa moderatamente addensata di colore bruno-rossastro.

### Note

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6623      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 3      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 5.60 - 6.20

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005**

## DATI SPERIMENTALI

Tara numero	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	6		10	
Massa Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	6.20	g	14.10	g
Massa Terreno Umido + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	329.20	g	554.40	g
Massa Terreno Secco + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	270.40	g	453.70	g
Contenuto d'acqua <b>w</b>	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	22.26	%	22.91	%
Media delle misurazioni <b>w</b>	22.58		%	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6624      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 3      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 5.60 - 6.20

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005**

**METODO UTILIZZATO**

Metodo con misurazioni lineari

## DATI SPERIMENTALI

Massa del campione utilizzato	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	133.3	g	133.6	g
Volume del campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	72	cm <sup>3</sup>	72	cm <sup>3</sup>
Peso dell'Unità di Volume	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	18.156	(kN/m <sup>3</sup> )	18.197	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma$	18.176		(kN/m <sup>3</sup> )	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI  
GRANI**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato: 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero: 6625      Data Certificato: 12/08/2011

**INDAGINE:** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE:** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 3      **Campione:** 1      **PROFONDITA':** m 5.60 - 6.20

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005**

## DATI SPERIMENTALI

Temperatura 17 °C      Densità acqua  $\gamma_w$  9.79488 kN/m<sup>3</sup>

Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	30.740	g	30.946	g
Massa Campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	40.740	g	40.946	g
Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	82.980	g	83.327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	89.264	g	89.612	g
Peso specifico $\gamma_s$	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	26.359	(kN/m <sup>3</sup> )	26.366	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma_s$	26.362			(kN/m <sup>3</sup> )

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**ANALISI GRANULOMETRICA mediante setacci e/o crivelli e per sedimentazione**

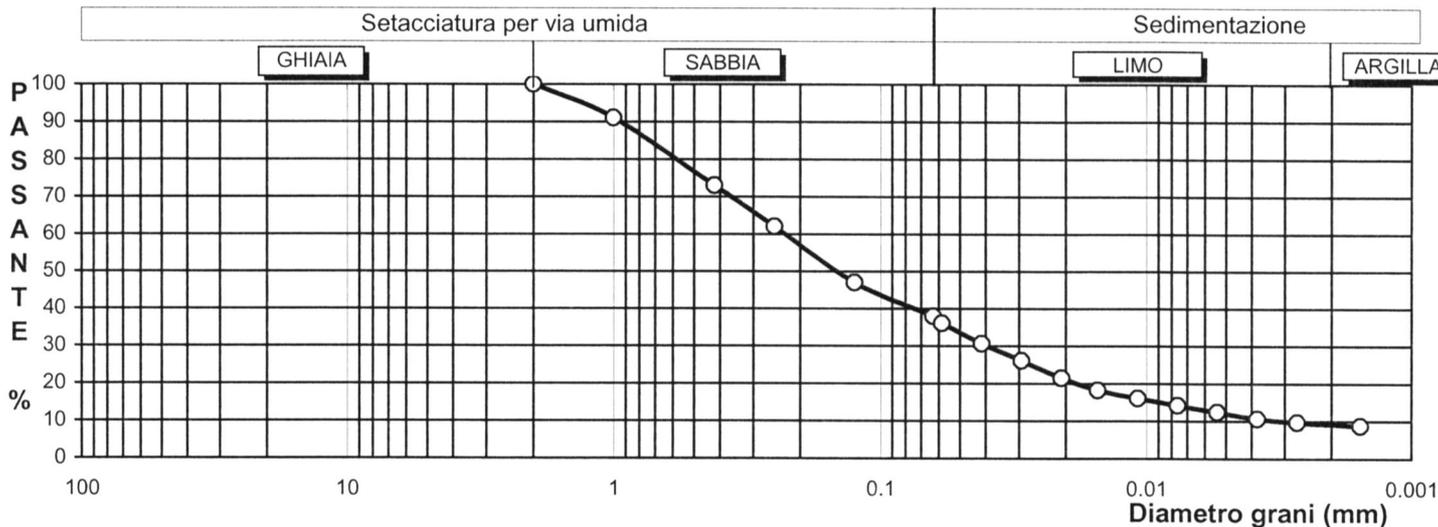
Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato : 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6626      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

**SONDAGGIO** 3      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 5.60 - 6.20



### DATI SEDIMENTAZIONE

Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata: 34.7 g
0.5	1.019	0.082521	38	60	1.006	0.007607	14	
1	1.018	0.058396	36	120	1.005	0.005383	12	Qualità del campione Q1 Q2 Q3 Q4 Q5
2	1.015	0.041386	31	240	1.004	0.003809	11	
4	1.0125	0.02932	26	480	1.0035	0.002695	10	
8	1.01	0.020771	22	1440	1.003	0.001556	9	
15	1.0082	0.01519	18					
30	1.007	0.01075	16					

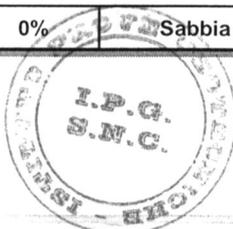
### DATI SETACCIATURA

Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata: 264 g
0	0	0	100.00	1	23	9	91.00	
0	0	0	100.00	0.420	70	27	73.00	Qualità del campione Q1 Q2 Q3 Q4 Q5
0	0	0	100.00	0.250	100	38	62.00	
0	0	0	100.00	0.125	139	53	47.00	
0	0	0	100.00	0.063	165	62	38.00	
0	0	0	100.00					
2	0	0	100.00					

### NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :	Sabbia con Limo debolmente Argillosa				cISiSa			
Percentuali classi granulometriche:	Ghiaia	0%	Sabbia	62%	Limo	29%	Argilla	9%

Il Vicedirettore Dott. Geol. Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**LIMITI DI ATTERBERG**  
**(LIQUIDO E PLASTICO congiuntamente)**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 09/08/2011      Pagine Certificato: 1  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero: 6627      Data Certificato: 12/08/2011

**INDAGINE:** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

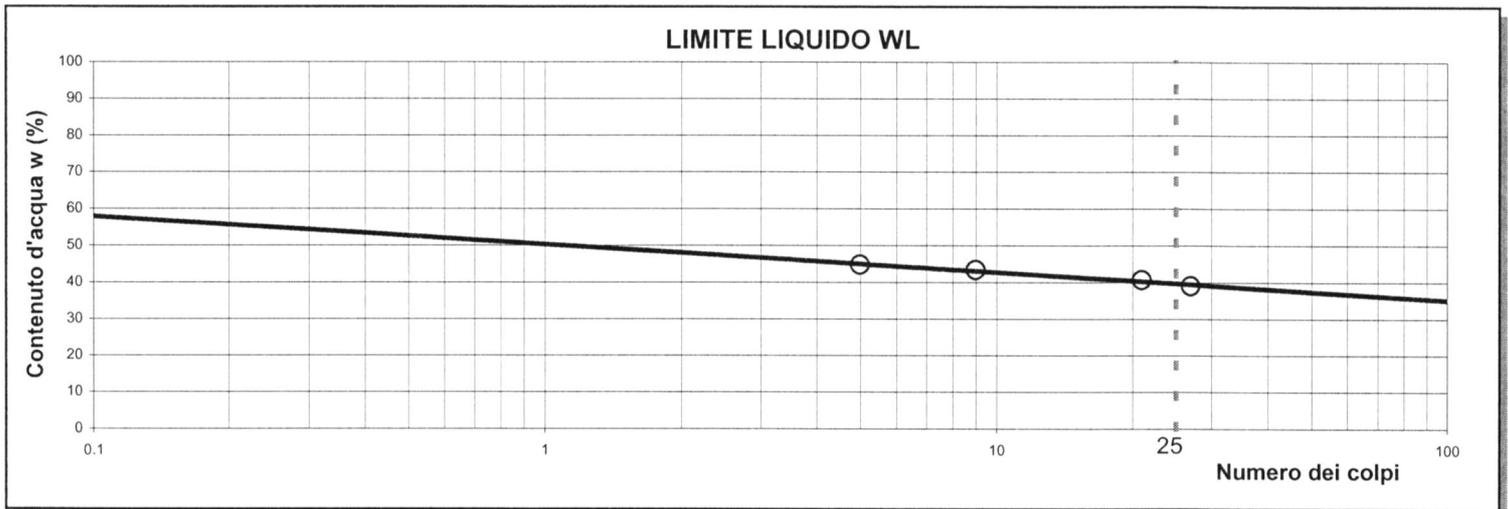
**COMMITTENTE:** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO:** 3      **Campione:** 1      **PROFONDITA':** m 5.60 - 6.20

**Norma di riferimento : CNR - UNI 10014: 1964**

## DATI SPERIMENTALI



LIMITE DI LIQUIDITA' W <sub>L</sub>				
Numero contenitore	201	224	212	28
Massa contenitore (g)	13.79	11.07	13.35	10.44
Massa Terreno Umido (g)	22.78	18.94	20.75	19.28
Massa Terreno Secco (g)	20.00	16.56	18.61	16.80
Numero colpi	5	9	21	27

LIMITE DI PLASTICITA' W <sub>p</sub>		
Numero contenitore	15	203
Massa contenitore (g)	13.13	13.42
Massa T. Umido (g)	16.01	15.92
Massa T. Secco (g)	15.25	15.26

LIMITE DI RITIRO W <sub>R</sub>		
Limite di ritiro	-	-
Rapporto di ritiro	-	-
Ritiro volumetrico	-	-
Ritiro lineare	-	-

**W<sub>L</sub> (%) = 39.70**

**W<sub>p</sub> (%) = 35.86**

**I<sub>p</sub> (%) = 3.84**

**A = 0.43**

**I<sub>c</sub> (%) = 4.46**

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 1 di 3)**

Data arrivo campione: 04/08/2011      Data esecuzione prova: 08/08/2011      Pagine Certificato : 1 di 3  
Verbale Accettazione: 334      Certificato numero : 6628      Data Certificato : 12/08/2011

**INDAGINE :** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE :** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 3      **Campione :** 1      **PROFONDITA' :** m 5.60 - 6.20

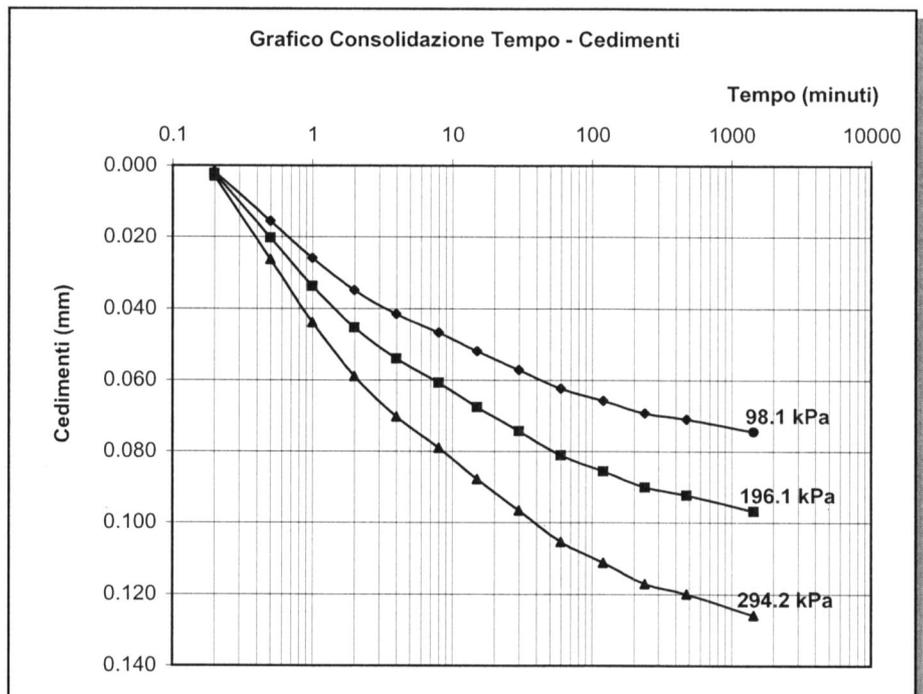
**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

**METODO UTILIZZATO**      PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI				CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3	Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato	Massa provini Finale (g)	134.2	134	133.5
Massa provini Iniziale (g)	133.10	133.50	133.70	Massa secca provini (g)	109.2	109.6	109.8
Peso di Volume (kN/m <sup>3</sup> )	18.13	18.18	18.21	Cont. d'acqua Fin.(%)	22.89	22.26	21.58
Cont. d'acqua Iniz.(%)	21.89	21.81	21.77				
Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20				
t <sub>100</sub> (min)	480	480	480	Vel. di scorr. mm/min	0.003		

## DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0.2	0.002	0.002	0.003
0.5	0.016	0.020	0.026
1	0.026	0.034	0.044
2	0.035	0.045	0.059
4	0.042	0.054	0.070
8	0.047	0.061	0.079
15	0.052	0.068	0.088
30	0.057	0.074	0.097
60	0.062	0.081	0.105
120	0.066	0.086	0.111
240	0.069	0.090	0.117
480	0.071	0.092	0.120
1440	0.074	0.097	0.126
-			
-			
-			



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia



Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 3 di 3)**

Data arrivo campione:	04/08/2011	Data esecuzione prova:	08/08/2011	Pagine Certificato:	3 di 3
Verbale Accettazione:	334	Certificato numero:	6628	Data Certificato:	12/08/2011

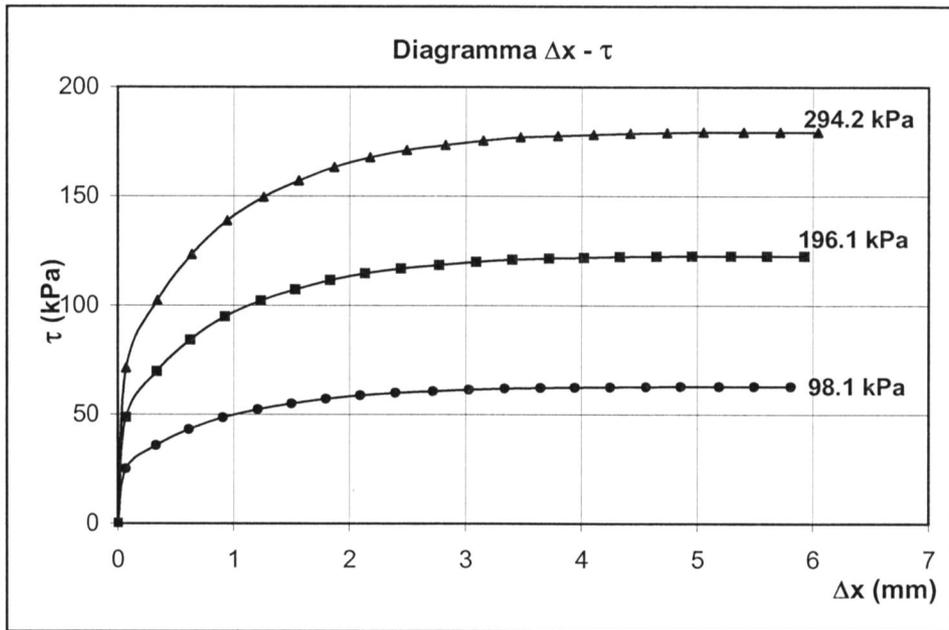
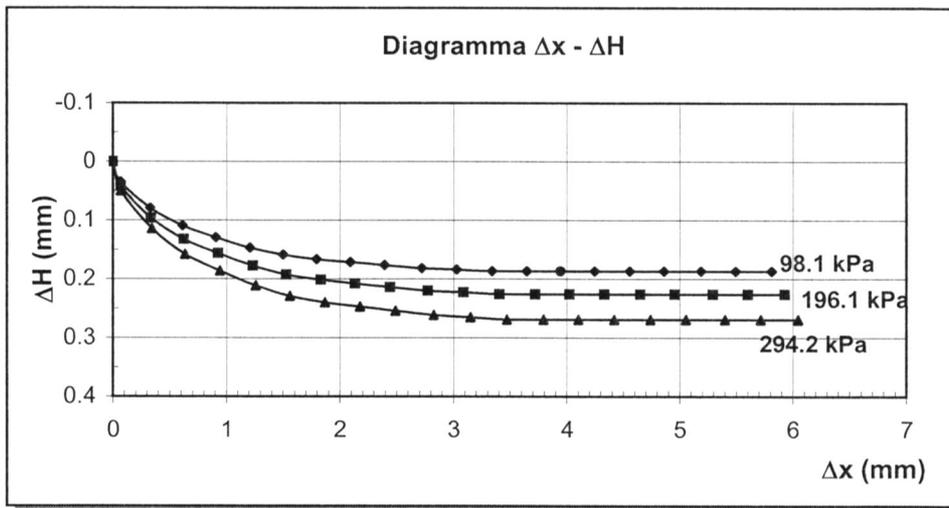
**INDAGINE:** Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale.

**COMMITTENTE:** GEOCONSOL S.r.l.

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

**SONDAGGIO** 3 **Campione:** 1 **PROFONDITA':** m 5.60 - 6.20

## DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

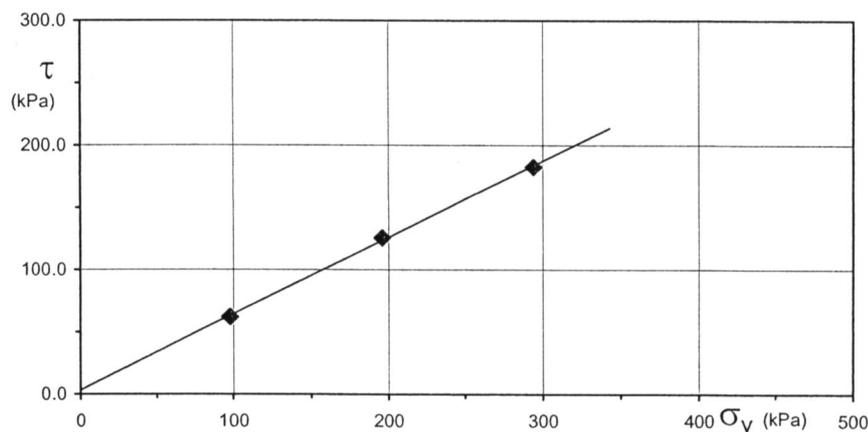


Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

**S1 C1 da m. 7.00 - 7.50**  
**Prova di taglio diretto – Valori di Picco**

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	62.06	125.57	182.66
Spost. Oriz. a rottura (mm)	4.22	4.65	6.21

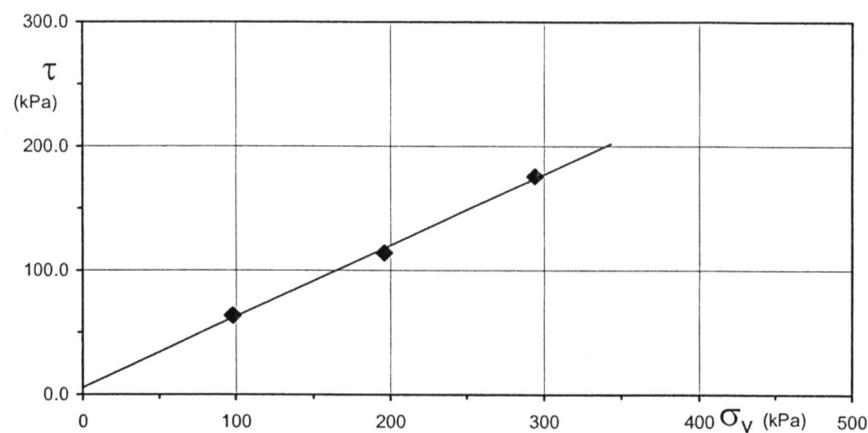
Norma UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005
<b>DIAGRAMMA</b> <u>Tensione - Pressione verticale</u>
Coesione (kPa) : <b>2.833</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>31.59</b>



**S2 C1 da m. 6.00 - 6.50**  
**Prova di taglio diretto – Valori di Picco**

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	63.46	113.94	175.79
Spost. Oriz. a rottura (mm)	3.02	2.11	4.79

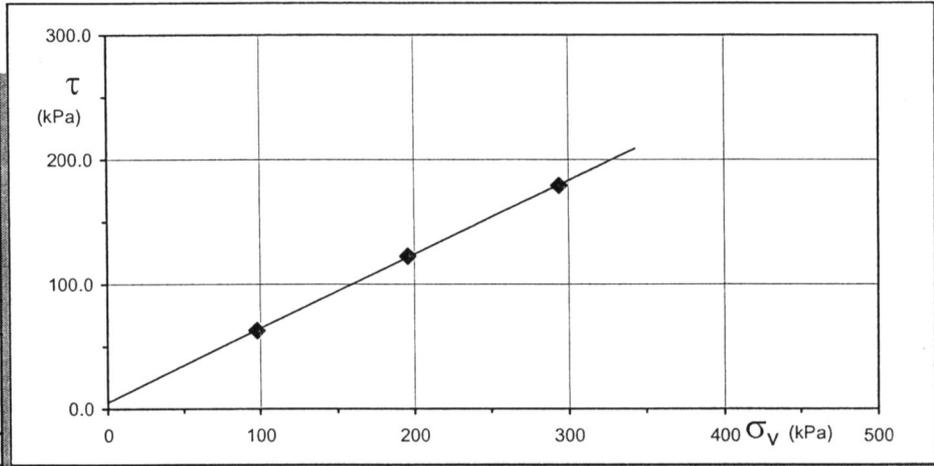
Norma UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005
<b>DIAGRAMMA</b> <u>Tensione - Pressione verticale</u>
Coesione (kPa) : <b>5.401</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>29.80</b>



**S3 C1 da m. 5.60 - 6.20**  
**Prova di taglio diretto – Valori di Picco**

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	62.84	122.47	179.30
Spost. Oriz. a rottura (mm)	4.86	4.96	5.06

Norma <b>UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 :</b> Febbraio 2005
<b>DIAGRAMMA</b> <u>Tensione - Pressione verticale</u>
Coesione (kPa) : <b>5.080</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>30.70</b>



## **Allegato B**

### ***Prospezioni Geofisiche***



**COMUNE DI VIBO VALENTIA**

**Provincia di Vibo Valentia**

## **RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

### **PROSPEZIONE SISMICA MASW**

**(Multichannel Analysis of Surface Waves)**

**Committente:** dott. geol. Ceravolo Ezio

**Località:** Moderata Durant, Vibo Valentia (VV)

**Data:** Luglio 2011

Il Titolare - dott. Stefano Sgrò

**GeoSGRO'**

dott. Stefano Sgrò - Tel/Fax: 0965 763587  
Via Ariella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)  
P.IVA: 02214640803 - C.C.I.A.A. N. 176219

**GeoSGRO'**  
**SERVIZI PER LA GEOLOGIA**

**dott. Stefano Sgrò**  
Via Ariella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)  
Tel/Fax: 0965 763587 - cell. 347 9623327  
C. F: SGRSFN73C21H224Q - P.IVA: 02214640803  
C.C.I.A.A. N. 176219 - RC  
[www.geosgro.it](http://www.geosgro.it)  
[info@geosgro.it](mailto:info@geosgro.it)

## 1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dal dott. geol. Ceravolo Ezio, la GeoSGRO' di Stefano Sgrò ha condotto una campagna d'indagine geofisica attraverso l'esecuzione di N. 2 prospezioni sismiche Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale campagna d'indagine è stata eseguita il giorno 20 luglio 2011 in Località Moderata Durant del Comune di Vibo Valentia (VV) nell'ambito delle: *“Indagini geognostiche, geotecniche e consulenza geologica per l'acquisizione del parere geomorfologico, ex art. 13 L. 64/74, relativamente alla nuova area destinata alla realizzazione del Teatro Comunale”*.

L'ubicazione della base sismica è stata disposta dal tecnico cui è stata affidata la progettazione e la Direzione Lavori delle indagini geognostiche.

La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* e s.m.i., al D.M. 14 gennaio 2008 *“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”* e alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, contenente le Istruzioni per l'applicazione delle *“Nuove norme tecniche per le costruzioni”* di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## 2. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Ubicazione BASE SISMICA 1  
TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA



Ubicazione BASE SISMICA 2  
TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA

### 3. PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le Costruzioni").

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative poco onerose ed hanno un grado di incertezza nella determinazione delle  $V_s$  <15%.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

#### 4. PROSPEZIONI SISMICHE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW (Park et al., 1999), sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi, è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde S. 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.

L'analisi delle onde S, mediante tecnica MASW, viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde. La registrazione simultanea di 24 canali, separati da 0,5m a 10m, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, permette di distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro. La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati MASW consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze che derivano dal contesto geologico locale. La curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e indipendentemente dal software usato, può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale. Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore, infatti quasi mai questa coincide con la soluzione geologicamente migliore.

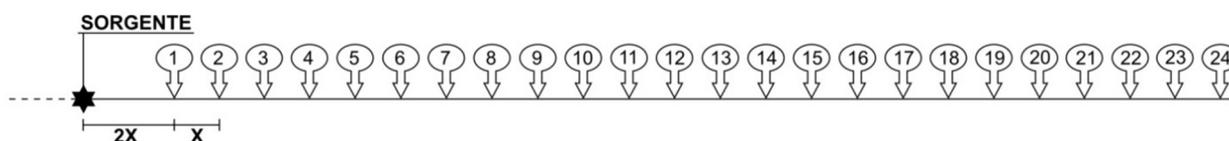
## 5. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l., ha le seguenti caratteristiche strumentali:

<b>Campionamento</b>	
Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
<b>Dinamica del sistema</b>	
Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB
<b>Convertitore A/D</b>	
Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB
<b>Preamplificatore</b>	
Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

## 6. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA E ACQUISIZIONE DATI

Le due prospezioni sismiche Masw sono state condotte con uno stendimento geofonico di 48m (Figura 1). Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 2.00m. Come sorgente sismica è stata utilizzata una mazza da 8kg che impatta verticalmente su una piastra circolare in alluminio. Al fine di avere più *dataset*, sono state eseguite più acquisizioni con diversi *offset minimi* (2X; 4X; ... ).



**Figura 1:** schema stendimento base sismica MASW

## 7. ELABORAZIONE DATI

L'intero processo di elaborazione dei dati e dell'inversione delle curve di dispersione è stato effettuato con il programma winMASW 4.1 PRO della Eliosoft (licenza d'uso: Geosgrò di Stefano Sgrò). Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono riportati di seguito (Figura 2; 3; 4; 5; 6; 7):

## 8. BASE SISMICA 1 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA

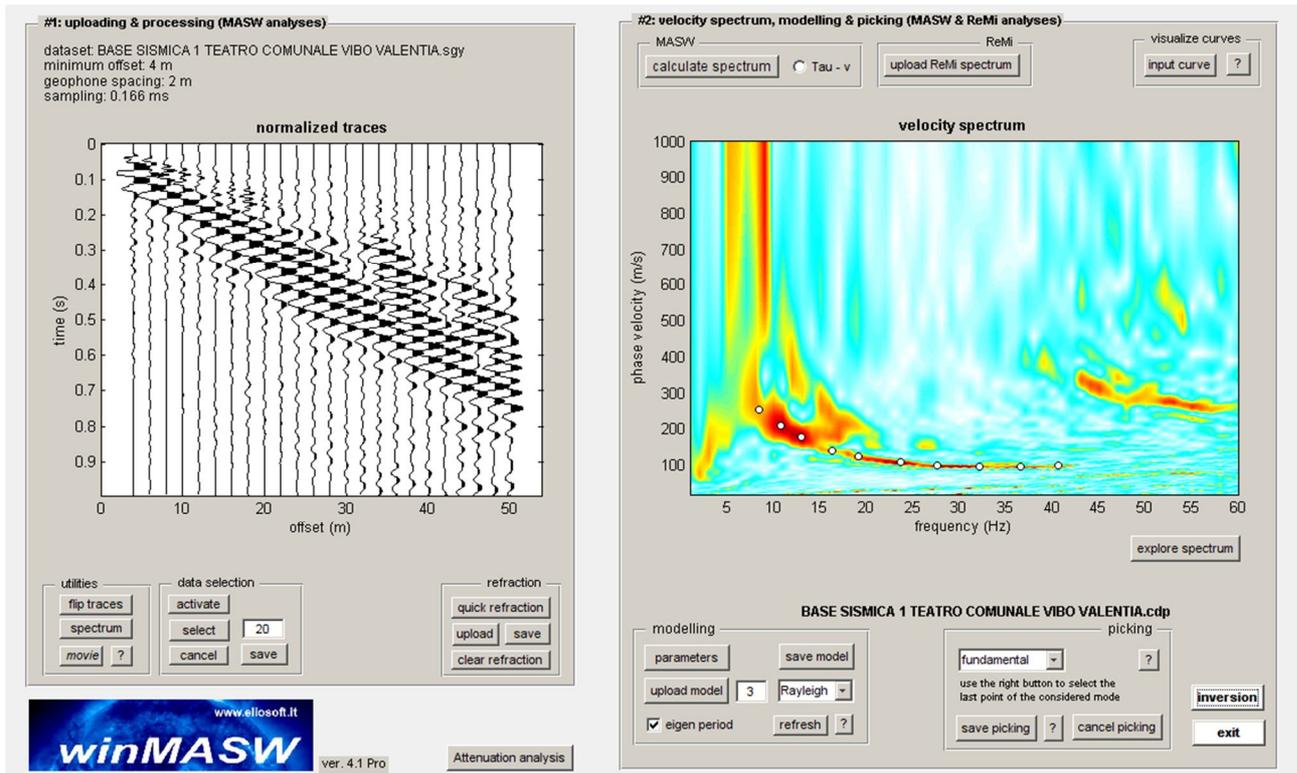


Figura 2: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

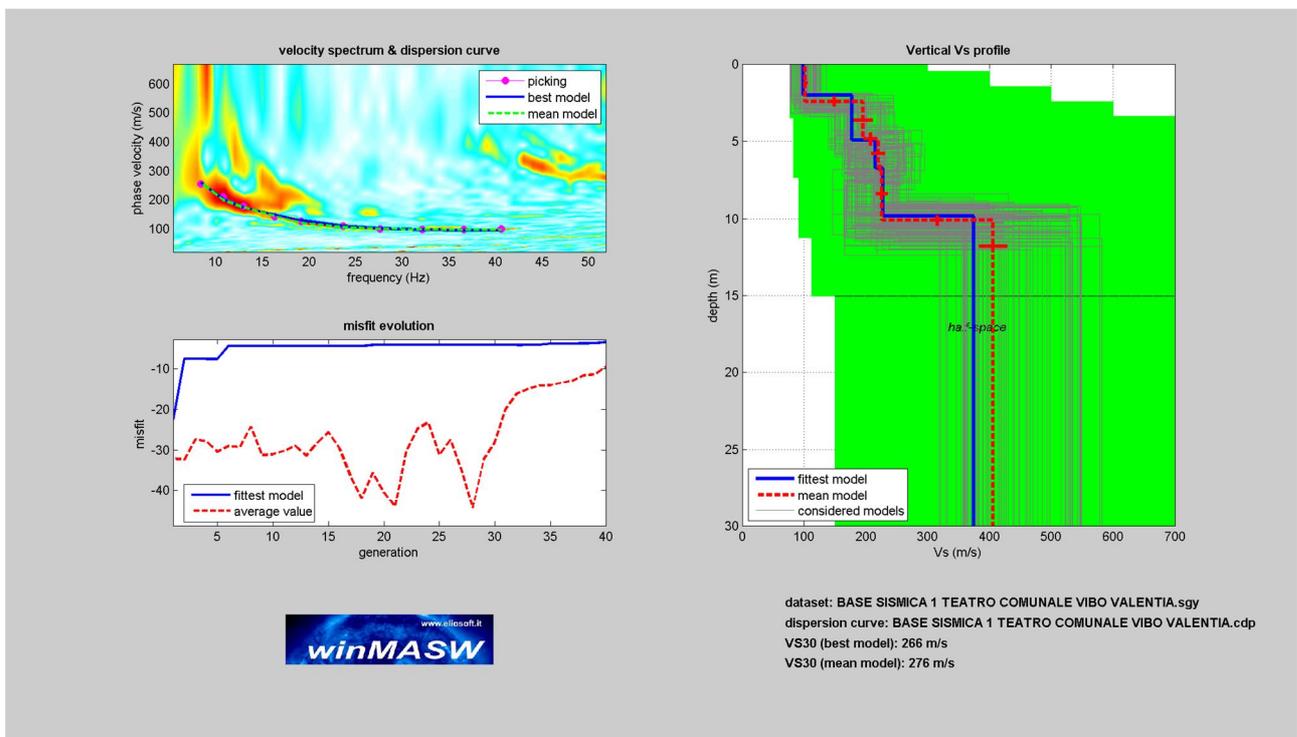
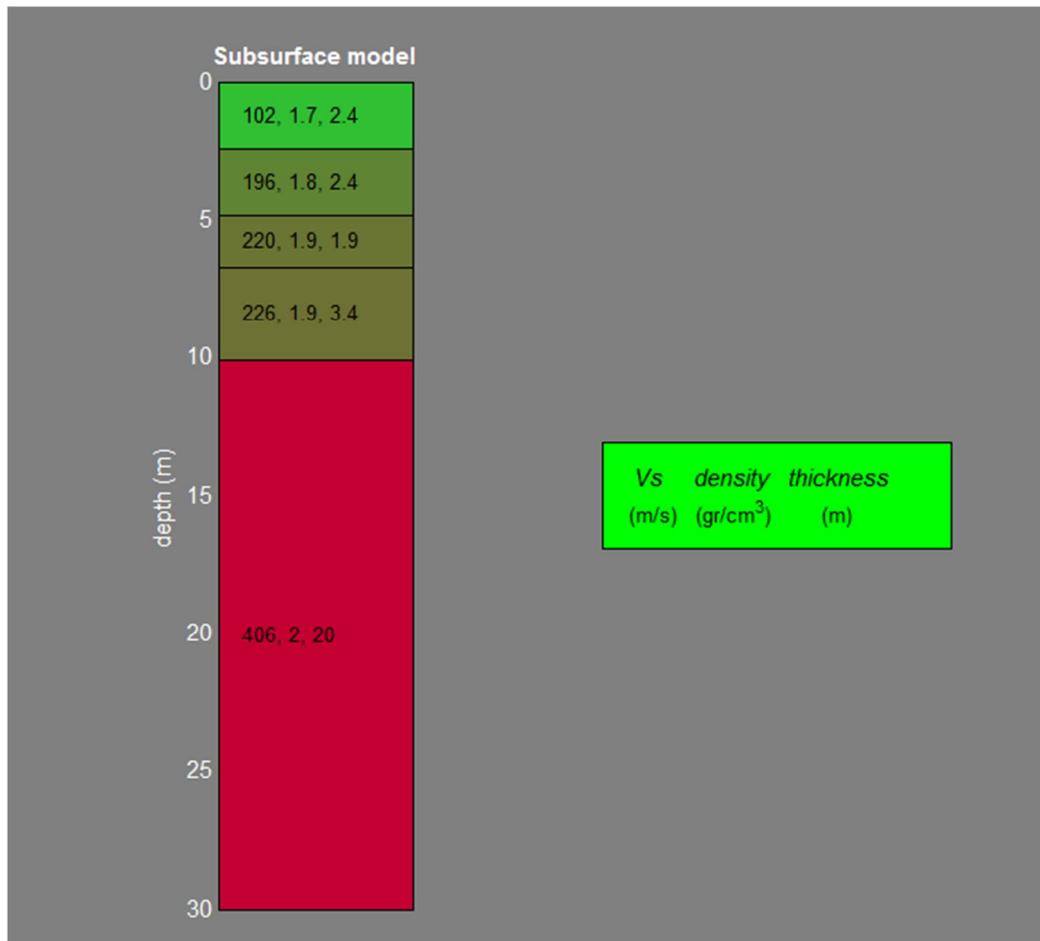


Figura 3: In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

## 9. BASE SISMICA 1 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA



**Figura 4:** Profilo verticale della Vs sino alla profondità di 30m a partire dal piano campagna.

## 10. BASE SISMICA 1 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA

Facendo riferimento al modello medio (Vs e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della Vp, della densità e di alcuni Moduli elastici.

N. STRATO	SPESSORE (Thickness) (m)	Vs (m/s)	DENSITA' (gr/cm <sup>3</sup> )	MODULO di TAGLIO (MPa)	Vp (m/s)	POISSON	MODULO di BULK (MPa)	MODULO di YOUNG (MPa)
1	2.4 ± 0.3	102 ± 3	1.67	17	202	0.33	45	46
2	2.4 ± 0.4	196 ± 15	1.82	70	381	0.32	171	185
3	1.9 ± 0.2	220 ± 11	1.87	90	458	0.35	271	244
4	3.4 ± 0.3	226 ± 9	1.88	96	486	0.36	316	262
5	Semi-Spazio	406 ± 23	1.97	325	712	0.26	566	818

## 11. BASE SISMICA 2 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA

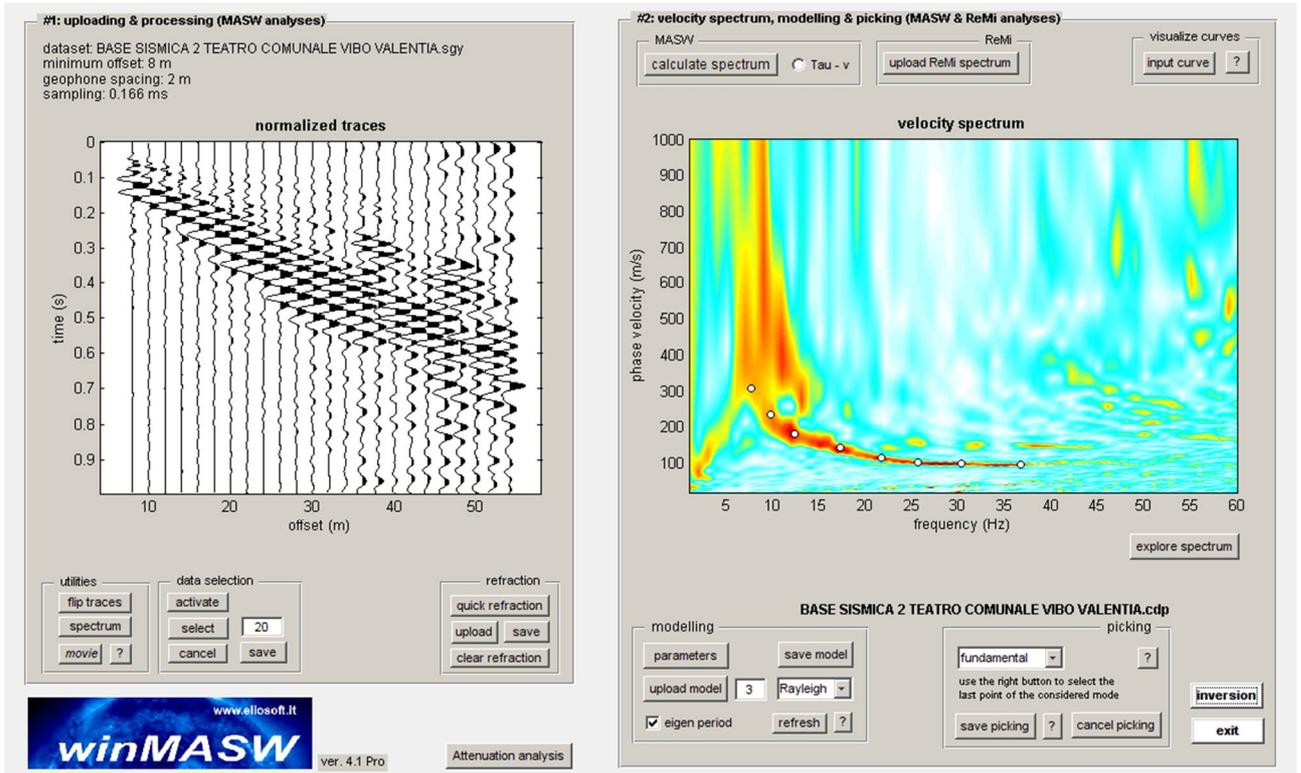


Figura 5: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

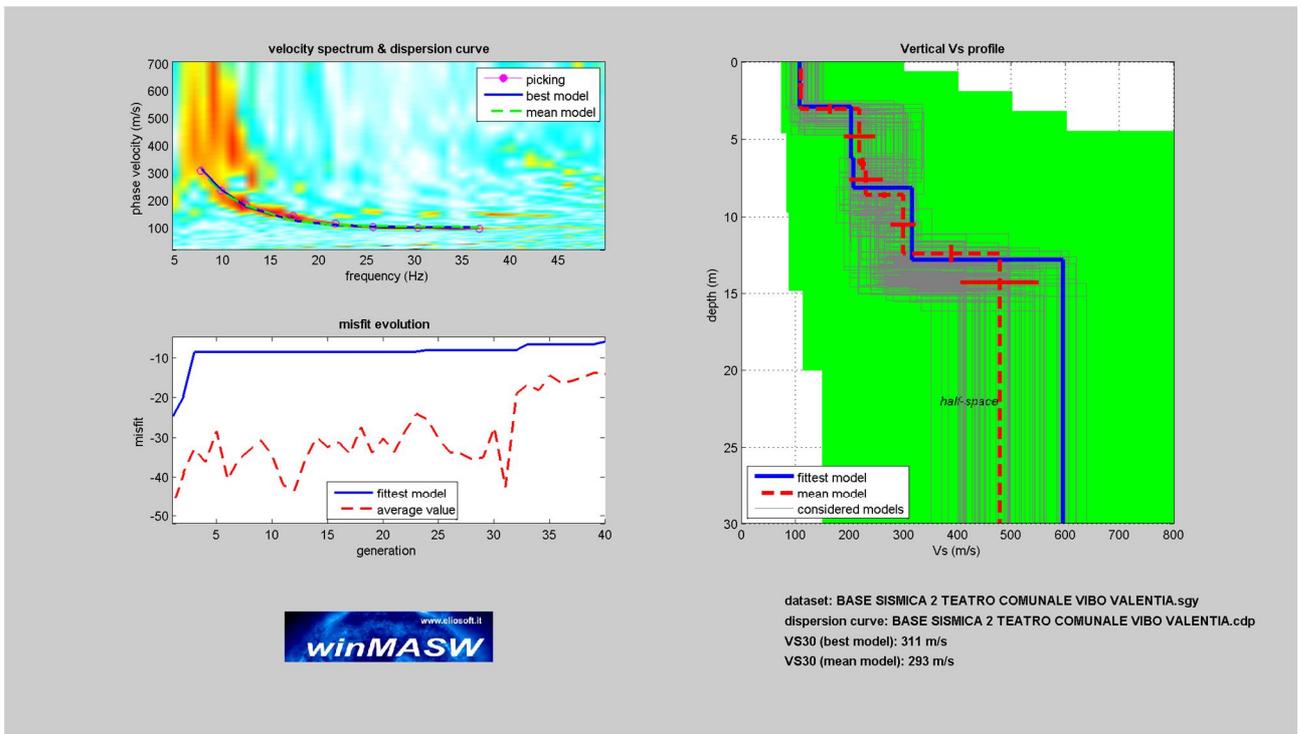


Figura 6: In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

## 12. BASE SISMICA 2 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA



**Figura 7:** Profilo verticale della Vs sino alla profondità di 30m a partire dal piano campagna.

## 13. MODELLO MEDIO BASE SISMICA 2 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA

Facendo riferimento al modello medio (Vs e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della Vp, della densità e di alcuni Moduli elastici.

N. STRATO	SPESSORE (Thickness) (m)	Vs (m/s)	DENSITA' (gr/cm <sup>3</sup> )	MODULO di TAGLIO (MPa)	Vp (m/s)	POISSON	MODULO di BULK (MPa)	MODULO di YOUNG (MPa)
1	3.1 ± 0.3	110 ± 4	1.70	21	230	0.35	62	56
2	3.5 ± 0.4	218 ± 29	1.84	87	412	0.31	196	228
3	2.0 ± 0.2	230 ± 31	1.85	98	431	0.30	213	255
4	3.8 ± 0.6	299 ± 23	1.95	174	654	0.37	602	477
5	Semi-Spazio	477 ± 72	2.08	474	1119	0.39	1975	1315

Le formule per il calcolo dei Moduli elastici in funzione di  $V_s$ ,  $V_p$  e densità, sono:

Modulo di Poisson (adimensionale)	$(V_p^2 - 2V_s^2)/2(V_p^2 - V_s^2)$
Modulo di Young (in Pa)	$\rho V_s^2(4 - 3k^2)/(1 - k^2)$
Modulo di Taglio (in Pa)	$\rho V_s^2$
Modulo di Compressione o di Bulk (in Pa)	$\rho V_s^2(k^2 - 4/3)$

Dove:

$k = V_p/V_s$ ;

$\rho =$  densità ( $\text{Kg/m}^3$ );

$V_p$  e  $V_s =$  velocità onde di taglio e compressionali in m/s

Per convertire in MegaPascal (MPa) i valori espressi in Pascal (Pa), è sufficiente dividere il numero per  $10^6$  (Mega = 1 milione).

Risulta necessario sottolineare che la dispersione delle onde di Rayleigh dipende essenzialmente dalla  $V_s$  e dalla potenza degli strati (geometria). Pertanto i valori della densità e della  $V_p$ , con i conseguenti Moduli elastici, devono essere considerati come delle stime preliminari.

Tuttavia, non dipendendo dalla  $V_p$  ma solamente dalla  $V_s$  e dalla densità, il valore del Modulo di Taglio rappresenta certamente una buona stima.

#### 14. CALCOLO $V_{s,30}$ (D.M. 14/01/2008 N.T.C.)

La velocità media equivalente di propagazione, entro 30 m di profondità, delle onde di taglio viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ m/s}$$

dove:  $h_i =$  spessore dell' $i$ -esimo strato nei primi 30 m;

$V_{s,i} =$  velocità delle onde S nell' $i$ -esimo strato;

$N =$  numero di strati nei primi 30 m di profondità;

Il valore della velocità media equivalente delle onde di taglio ( $V_{s,30}$ ), ottenuto dall'elaborazione dei dati acquisiti attraverso le prospezioni sismiche Masw, è risultato essere:

per BASE SISMICA 1 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA

- in riferimento al piano campagna:  **$V_{s,30} (0.00 - 30.00) = 276 \text{ m/s}$**
- al piano fondazionale posto a -1.00m dal p.c.:  **$V_{s,30} (1.00 - 31.00) = 297 \text{ m/s}$**
- al piano fondazionale posto a -2.00m dal p.c.:  **$V_{s,30} (2.00 - 32.00) = 320 \text{ m/s}$**
- al piano fondazionale posto a -3.00m dal p.c.:  **$V_{s,30} (3.00 - 33.00) = 336 \text{ m/s}$**

per BASE SISMICA 2 TEATRO COMUNALE VIBO VALENTIA

- in riferimento al piano campagna:  **$V_{s,30} (0.00 - 30.00) = 293 \text{ m/s}$**
- al piano fondazionale posto a -1.00m dal p.c.:  **$V_{s,30} (1.00 - 31.00) = 314 \text{ m/s}$**
- al piano fondazionale posto a -2.00m dal p.c.:  **$V_{s,30} (2.00 - 32.00) = 339 \text{ m/s}$**
- al piano fondazionale posto a -3.00m dal p.c.:  **$V_{s,30} (3.00 - 33.00) = 368 \text{ m/s}$**

Marina di Palizzi (RC), Luglio 2011

Il Titolare - dott. Stefano Sgrò

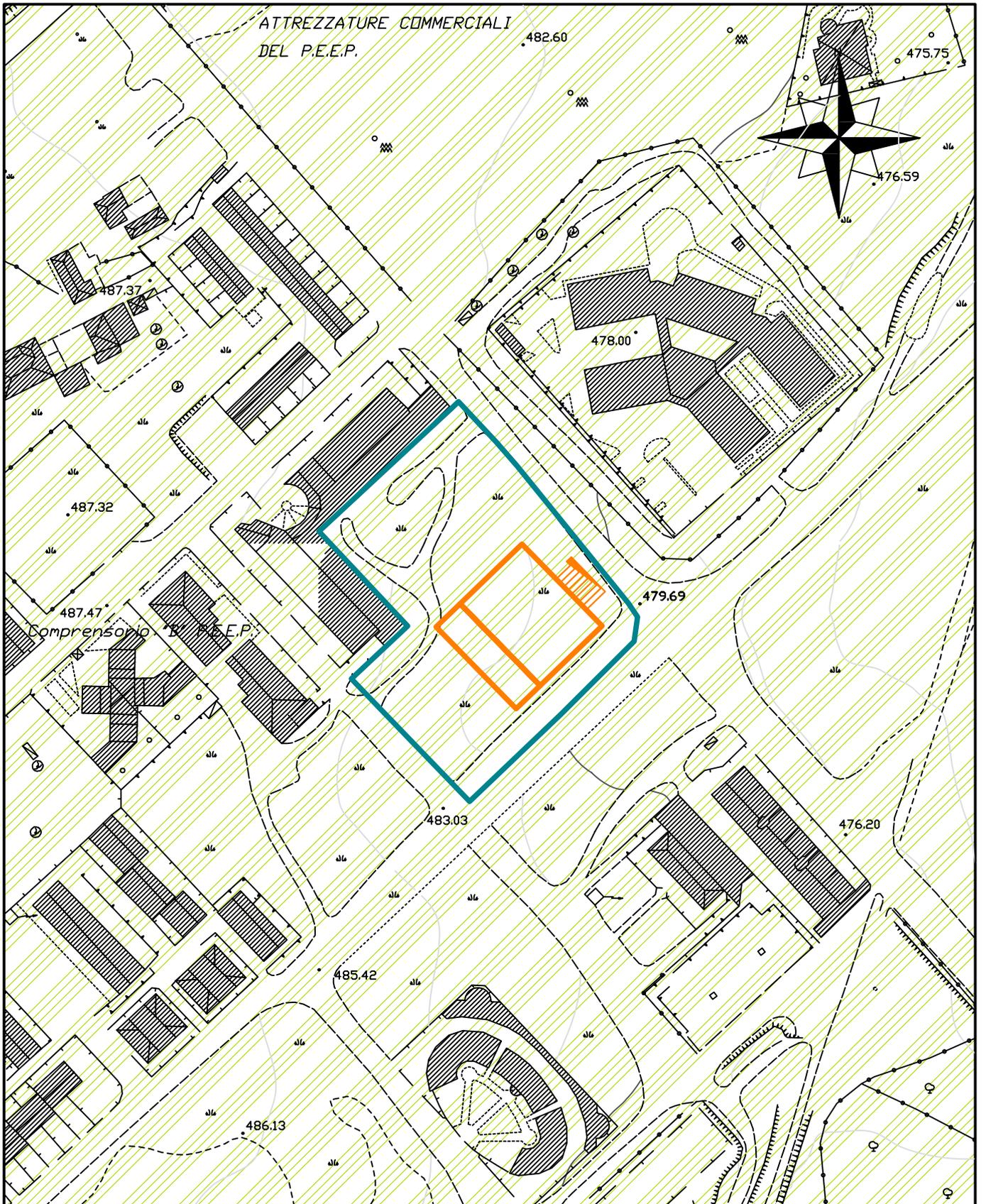
**GeoSGRO'**

dott. Stefano Sgrò - Tel/Fax: 0965 763587  
Via Ariella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)  
P.IVA: 02214640803 - C.C.I.A.A. N. 176219



# Allegato C

## *Tavole Grafiche*



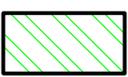
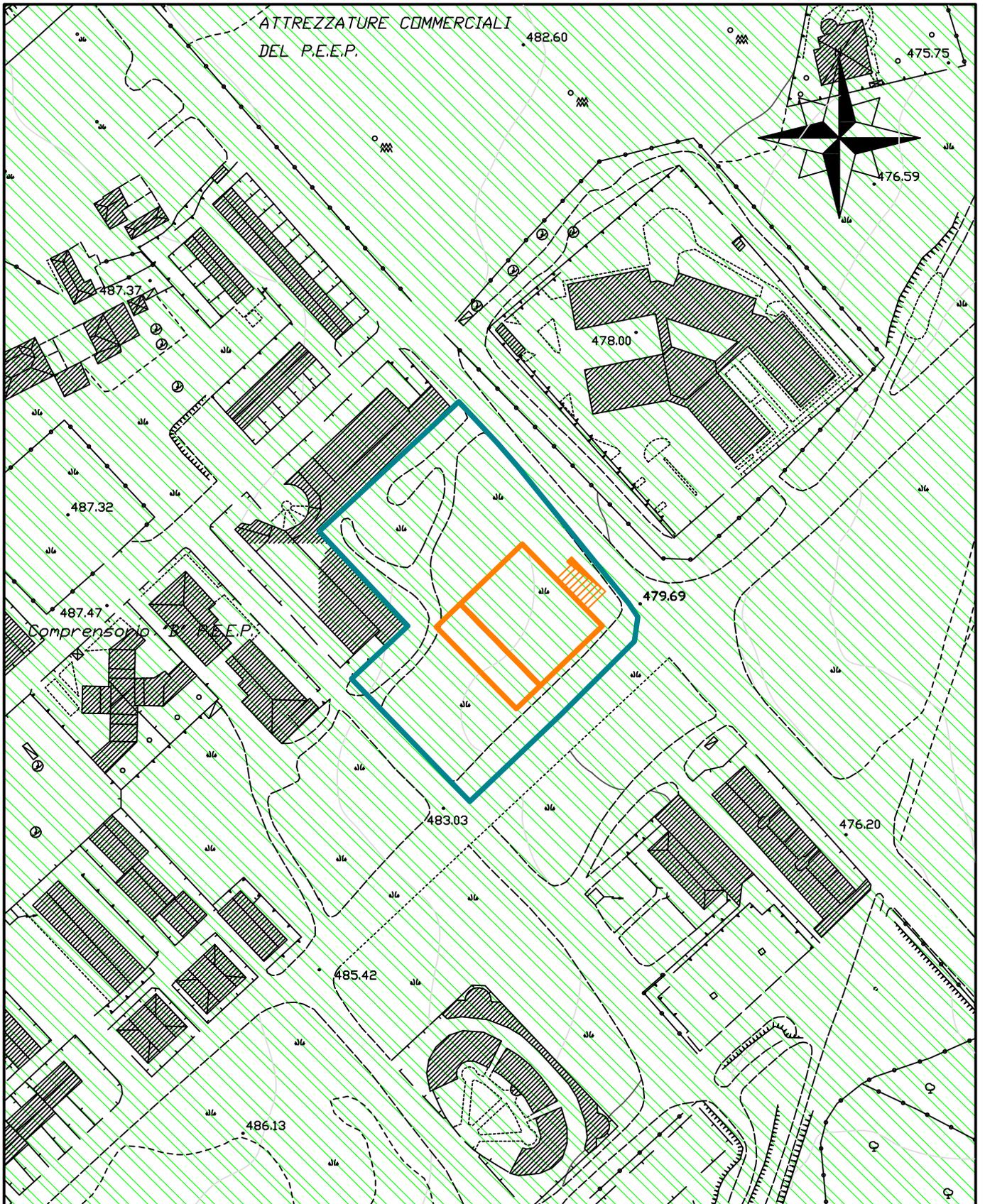
Rocce sedimentarie quaternarie costituite da sabbie e limi di colore bruno



Area d'Intervento

**Tav. 1 - Carta Geologica**

Scala 1 : 2.000



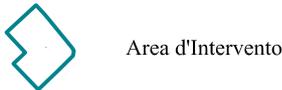
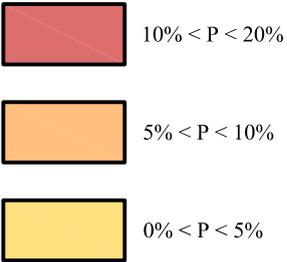
Permeabilità Elevata



Area d'Intervento

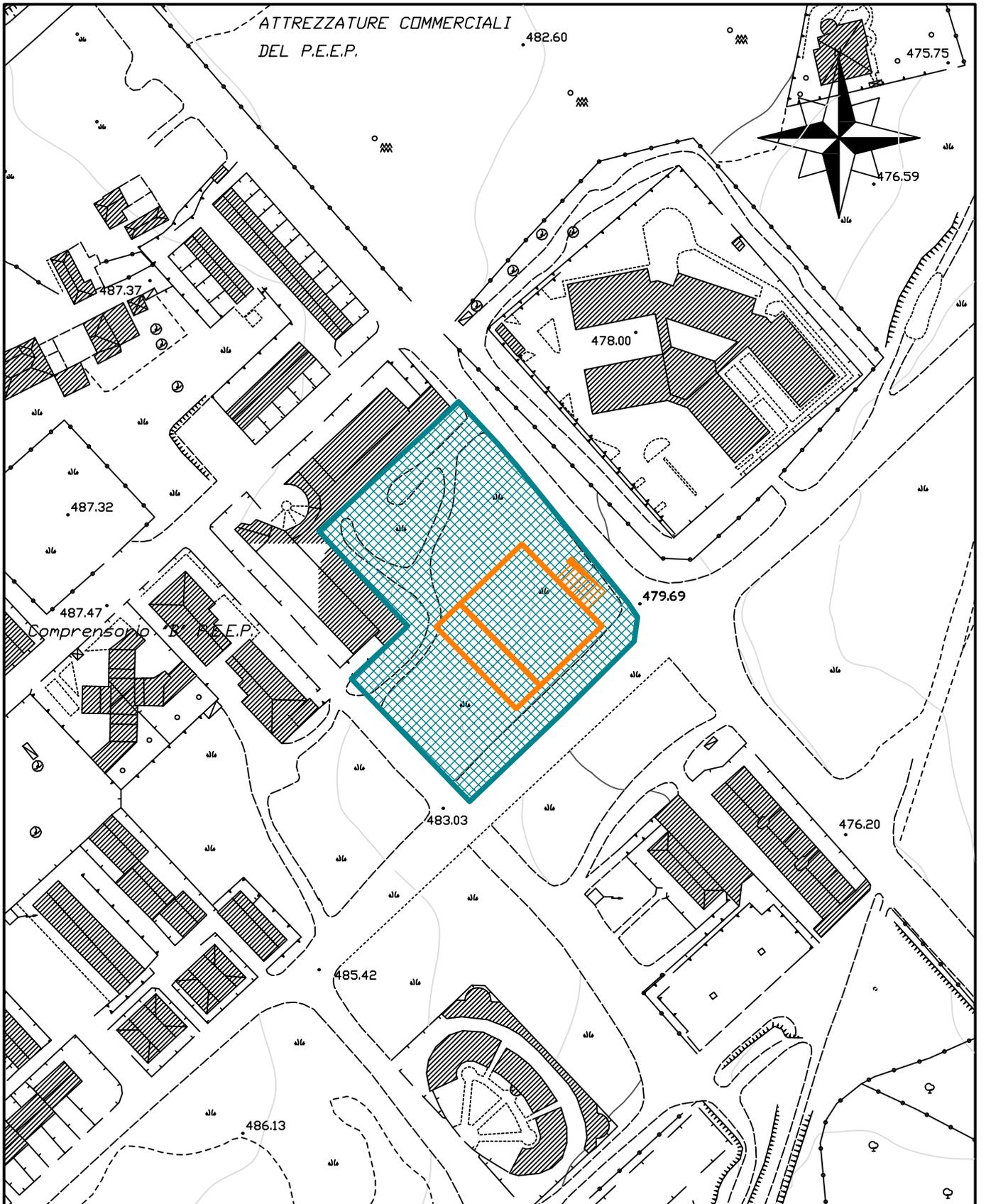
**Tav. 2 - Carta Idrogeologica**

Scala 1 : 2.000



**Tav. 3 - Carta delle Pendenze**

Scala 1 : 2.000



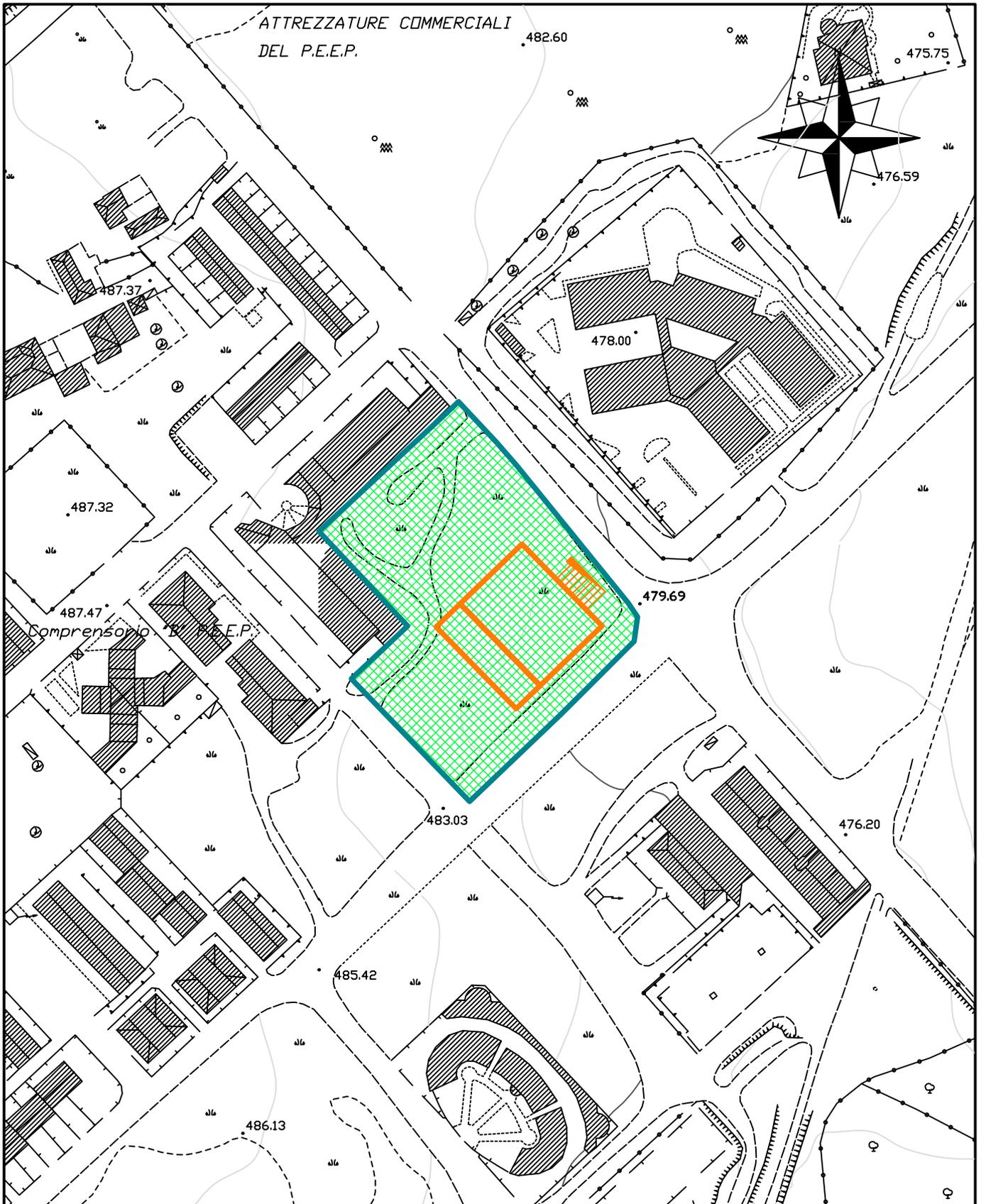
Terreno tipo C Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza



Area d'intervento

**Tav. 4 - Carta della Pericolosità Sismica Locale**

Scala 1 : 2.000



Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni



Area d'Intervento

**Tav. 4 - Carta della Pericolosità Sismica Locale**

Scala 1 : 2.000