



**COMUNE DI PALERMO**  
**Area Tecnica della Riqualficazione Urbana**  
**e delle Infrastrutture**  
**Ufficio Edilizia Pubblica, Cantiere Comunale e Autoparco**  
**Progetto Definitivo**

**Piscina Comunale Scoperta**  
**Progetto per la realizzazione della tribuna e servizi annessi**

**PROGETTO GENERALE**

**ADEGUATO AL PARERE CONI**  
**POS. :CIS-2014-0015 DEL 18/04/2014**

**Coordinatore della Progettazione:** Arch. Rosalia Collura

Gruppo di Progettazione:

Arch. Francesco La Cerva, Arch. Bruno Cirrito, Ing. Giuseppe Letizia,  
Ing. Leonardo Triolo, Arch. Roberto Pitarresi, Arch. Liliana Pollara,  
Arch. Giuseppina Liuzzo, Esp. Prog. Arch. Vincenza Garraffa,  
Esp. Geom. Giuseppe Soldano, Dott. Antonio La Barbera

Studio Geologico: Dott. Giuseppe Vinti

Coordinatore della sicurezza: Arch. Fabio Cittati

RUP: Arch. Paola Maida

**Relazione Geologica**

elaborato

**A.3**



**COMUNE DI PALERMO**  
AREA TECNICA DELLA RIQUALIFICAZIONE URBANA  
E DELLE INFRASTRUTTURE  
UFFICIO INFRASTRUTTURE

**PISCINA COMUNALE SCOPERTA**  
**PROGETTO PER LA NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI**

**RELAZIONE GEOLOGICA DEFINITIVA**  
REDATTA SECONDO LA CIRCOLARE N° 3 /DRA DEL 20/06/2014  
AI SENSI DELL'Art. 13 L. 64/74

  
Il Geologo  
Dott. Giuseppe Vinti

## INDICE

1. PREMESSE E OGGETTO	pag. 2
2. PROGETTO IN VARIANTE AL PRG	pag. 4
3. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA	pag. 6
4. LE INDAGINI ESEGUITE	pag. 8
5. LA FORMAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	pag. 10
6. CARATTERISTICHE FISICO TECNICHE E SISMICHE DEI TERRENI	pag. 12
7. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI	pag. 15

## ELABORATI GRAFICI

Fig. 1 - COROGRAFIA	Scala 1:10.000
Fig. 2 - CARTA GEOLOGICA	Scala 1: 5.000
All. 3 - PLANIMETRIA DEGLI INTERVENTI	Scala 1: 500
Fig. 4 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI	Scala 1: 1.000
All. 5 - SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA 1 – 2	Scala 1: 500

## ALLEGATI PER VARIANTE ART. 13 L. 64/74 SECONDO LA CIRCOLARE 3/DRA DEL 20/06/2014:

Stralcio Carta Geologica di PRG vigente	S. 1: 10.000
Stralcio Carta Geomorfologica di PRG vigente	S. 1: 10.000
Stralcio Carta Idrogeologica di PRG vigente	S. 1: 10.000
Stralcio Cartografico del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	S. 1: 10.000
Carta Geologica – Geomorfologica – Idrogeologica	S. 1: 2.000
Carta delle Pericolosità Geologiche – Sismiche e Suscettività all'edificazione	S. 1: 2.000

## ALLEGATI AL PROGETTO

Rapporto Tecnico sui Sondaggi geognostici, prove SPT, di laboratorio geotecnico e indagini Sismiche, eseguite dalla Ditta: dott. Fiumara Gabriele.

## 1 - PREMESSE E OGGETTO

L'Amministrazione comunale di Palermo, nell'ambito della programmazione progettuale, ha partecipato all'avviso pubblico di cui al PO FEFR 2007-2013, presentando la progettazione della **"Piscina comunale scoperta - Progetto per la nuova tribuna e servizi annessi"** (Fig. 1 Corografia).

Il Servizio Edilizia Pubblica del Settore OO. PP. è stato individuato per l'elaborazione della relativa Progettazione.

Con le Determinazioni Dirigenziali nn° 130/06, 428/07, 350/08, 147/10, 10/12, 405/12 sono stati nominati il RUP e i tecnici, pubblici dipendenti, componenti il gruppo di progettazione.

Allo scrivente è stato affidato l'incarico di elaborare lo studio geologico relativo agli interventi progettuali previsti, in relazione anche alla variante al PRG, secondo quanto previsto dall'Art. 13 L. 64/74, redatto ai sensi della circolare n° 3 /DRA del 20/06/2014

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione di corpi di fabbrica ai margini dell'attuale piscina comunale scoperta, denominati rispettivamente: A (A1-A2), B, C, D (D1-D2-D3) oltre ad ulteriori stralci denominati E e G ove non si prevedono edifici. (All. 3 Planimetria degli Interventi)

Attese le indicazioni dell'Ufficio del Genio Civile, circa l'esecuzione di specifiche indagini geognostiche oltre quelle già in possesso dell'Amm.ne, è stato predisposto un piano d'indagini geognostiche e geofisiche, propedeutico alla progettazione definitiva.

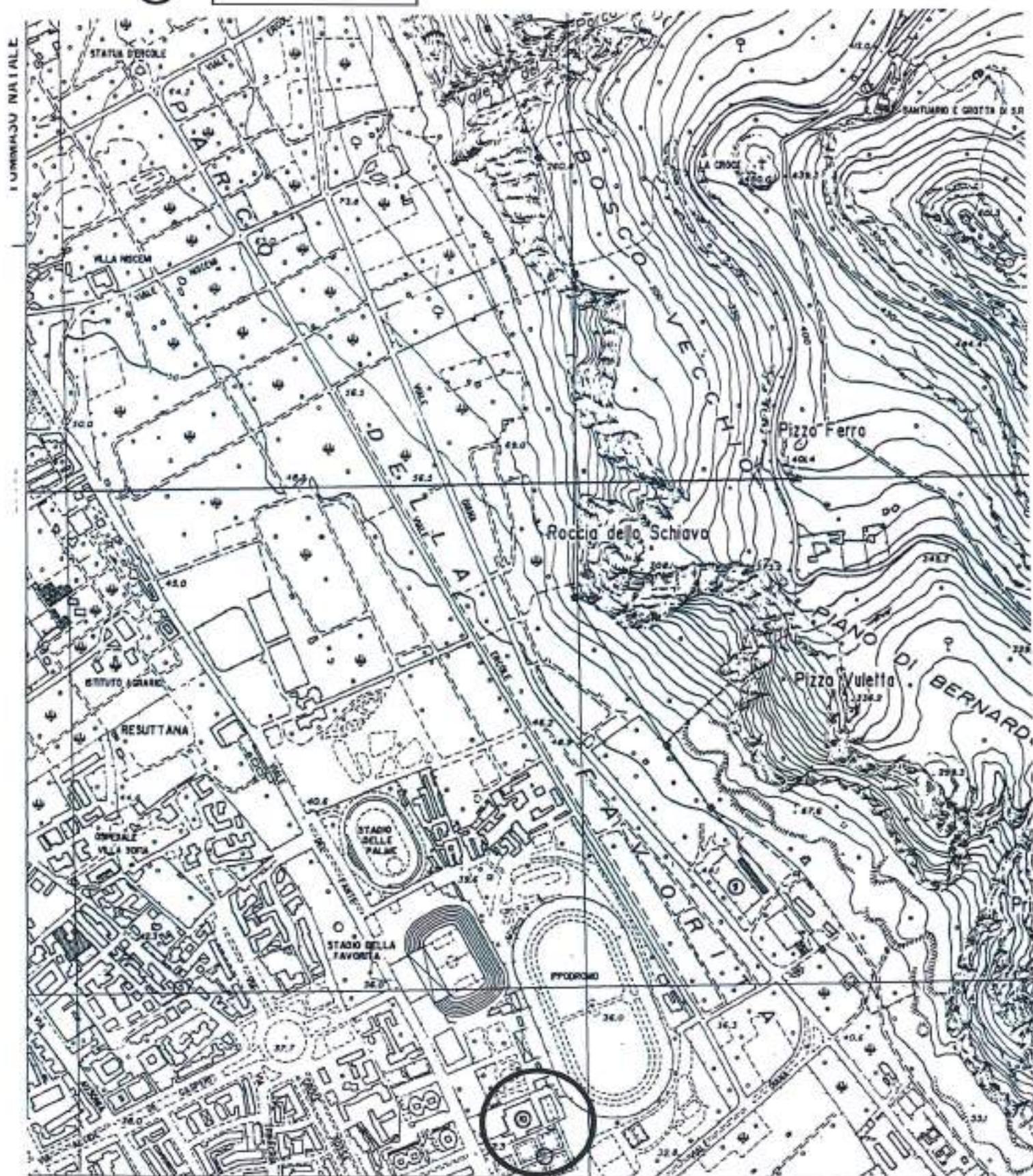
A seguito dell'affidamento delle indagini programmate l'aggiudicataria Ditta del dott. Gabriele Fiumara ha eseguito quanto necessario per integrare la conoscenza dei terreni presenti nel sottosuolo, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008.

Nello studio che segue si espongono i risultati dello studio geomorfologico, geologico e i risultati delle prove geofisiche e di laboratorio geotecnico eseguite nei terreni impegnati dalle costruzioni da realizzare con il progetto, ricadenti nell'area dedicata.

Le indagini hanno avuto come obiettivo l'ulteriore conoscenza dei litotipi presenti nel sottosuolo, l'accertamento delle caratteristiche fisico-tecniche dei campioni di rocce



Area di intervento

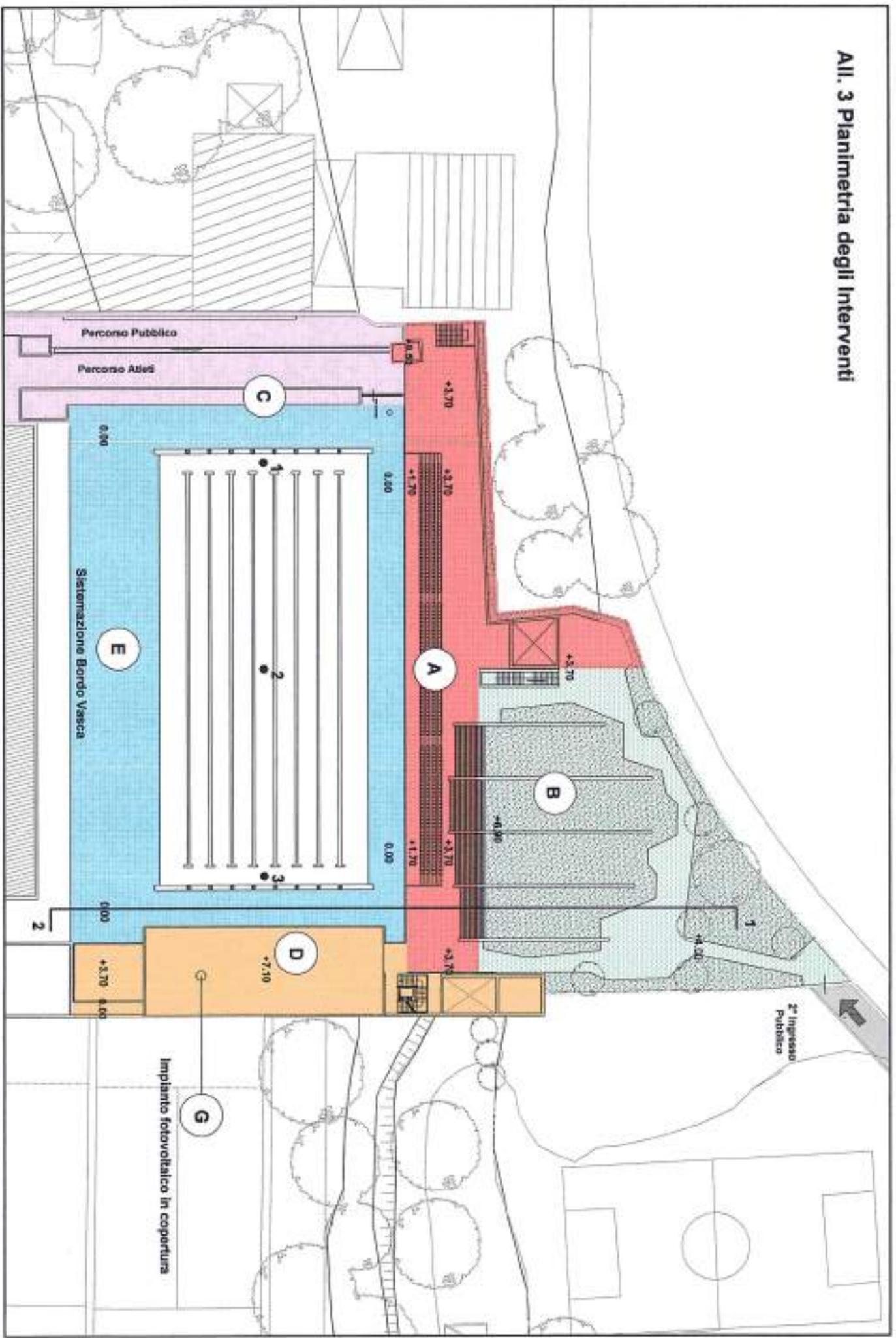


2 373 896

75000

13° 21'00" - PALERMO

### All. 3 Planimetria degli Interventi



prelevate nel corso dei sondaggi e la caratterizzazione sismica dei terreni per la scelta della categoria di sottosuolo da attribuire agli stessi, ai sensi del DM 14/01/2008.

Fa parte integrante del Progetto, il Rapporto tecnico della Ditta: dott. Gabriele Fiumara, che riporta i risultati dei Sondaggi geognostici, prove SPT, di laboratorio geotecnico e indagini Sismiche eseguite.

Corredano la relazione, i seguenti elaborati grafici:

Fig. 1 - Corografia	Scala 1: 10.000
Fig. 2 - Carta geologica	Scala 1: 5.000
All. 3 - Planimetria degli interventi	Scala 1: 500
Fig. 4 - Ubicazione delle indagini	Scala 1: 1.000
All. 5 - Sezione litostratigrafica 1 – 2	Scala 1: 500

Poiché l'intervento ricade in ZTO F3, e il comma 4 dell'art. 19 delle NTA prevede che per le zone F superiori a mq 10.000, come in questo caso, preventivamente al progetto delle opere è necessario approvare un piano urbanistico esecutivo.

Poiché Il progetto è conforme al PRG, per destinazione e dimensionamento e che prevede opere necessarie per l'agibilità dell'impianto sportivo, interessando un'area limitata rispetto all'area F3 già occupata da impianti sportivi realizzati prima della redazione del PRG del 1962 e senza preventiva redazione di piani attuativi, detto progetto interferisce in maniera ininfluenza sul contorno, pertanto si prevede di approvare il progetto in deroga alle NTA del PRG poiché non interferisce sulla sistemazione complessiva dell'area. Per quanto detto si seguiranno le procedure prescritte all'art. 19 del T.U. sulle espropriazioni approvato con DPR 327/2001, atteso che l'area ha un assetto definito ed il progetto è già all'interno del lotto perimetrato della piscina.

Quanto sopra è ininfluenza con le attività occorrenti per eseguire lo studio geologico dell'area, le cui indagini propedeutiche sui terreni, analisi e prove di laboratorio, in ogni caso, sono necessarie per la progettazione di quanto costruttivamente è stato programmato.

## 2. PROGETTO IN VARIANTE AL PRG

Il presente documento "Relazione Geologica", redatto ai sensi dell'Art. 13 della L. 64/74, fornisce e commenta le Cartografie secondo quanto indicato dalla Circolare n. 3/DRA Prot. n° 28807 del 20/06/2014 dell'Assessorato Territorio e Ambiente, per il "Progetto Definitivo in variante al PRGC per la realizzazione della tribuna e servizi annessi della Piscina comunale scoperta".

Si premettere, per l'area in oggetto, l'invarianza delle specifiche cartografie del vigente PRG in scala 1: 10.000: Carta Geologica - Carta Geomorfologica e Carta Idrogeologica.

L'area individuata è inserita nella più vasta area Geologica, facente parte del bacino di sedimentazione detritico organogeno, che caratterizza la Piana di Palermo, per la presenza dei depositi geologicamente appartenenti alle Calcarenitici.

Geomorfologicamente detto territorio è caratterizzato dalla presenza di un'area sub pianeggiante facente parte della scarpata della piana di Palermo.

Sotto il profilo idrogeologico le calcareniti hanno una buona capacità di assorbimento per porosità primaria e sono sede di una falda acquifera a libera circolazione, come lo è peraltro tutta l'area circostante.

Gli stralci cartografici, previsti nella Cartografia di analisi della Circolare n. 3/DRA, sono di seguito Allegati.

Nei depositi calcarenitici, dell'estesa area delle Falde di Monte Pellegrino, secondo la Carta delle Pericolosità Geologiche di PRG, sarebbero presenti cavità sotterranee antropiche, cave a pozzo e a imbuto.

Della presenza di dette cavità non si è avuto riscontro nel corso delle indagini geognostiche e sismiche eseguite nel sito in oggetto.

Le pericolosità cartografate corrispondono con quelle di cui al vigente PRG.

Anche la cartografia del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), contrassegna l'area come "sito di attenzione" con il codice 040-6PM-166, "aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla

potenziale pericolosità e rischio e su cui gli interventi dovranno essere preceduti da approfondite indagini" (Vedi Cartografia Allegata).

Pertanto, come prescritto nella Circolare n° 3/DRA dell'Assessorato Territorio e Ambiente, sono state elaborate e Allegate le cartografie di sintesi della: "Pericolosità geologica"; "Pericolosità sismica locale" e di "Susceptibilità all'edificazione", in scala 1: 2.000, predisposte a seguito delle indagini geognostiche e analisi sismiche eseguite.

Sulla base delle informazioni disponibili raccolte è stato possibile assegnare all'area una Susceptibilità all'edificazione ricadente in Classe 1 "d'uso non condizionato", non presentando l'area in questione particolari limitazioni all'utilizzo.

Di seguito si allegano, ai fini della variante art. 13 L. 64/74 e secondo quanto previsto dalla circolare 3/DRA del 20/06/2014, i seguenti stralci cartografici:

Stralcio Carta Geologica di PRG vigente	S. 1: 10.000
Stralcio Carta Geomorfologica di PRG vigente	S. 1: 10.000
Stralcio Carta Idrogeologica di PRG vigente	S. 1: 10.000
Stralcio Cartografico del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	S. 1: 10.000
Carta Geologica – Geomorfologica – Idrogeologica	S. 1: 2.000
Carta delle Pericolosità Geologiche – Sismiche e Susceptibilità all'edificazione	S. 1: 2.000



# CITTA' DI PALERMO

## PIANO REGOLATORE GENERALE

# CARTA GEOLOGICA

1:10000

0 100 200 300 400 500 m.

ATTUALE  
OLOCENE

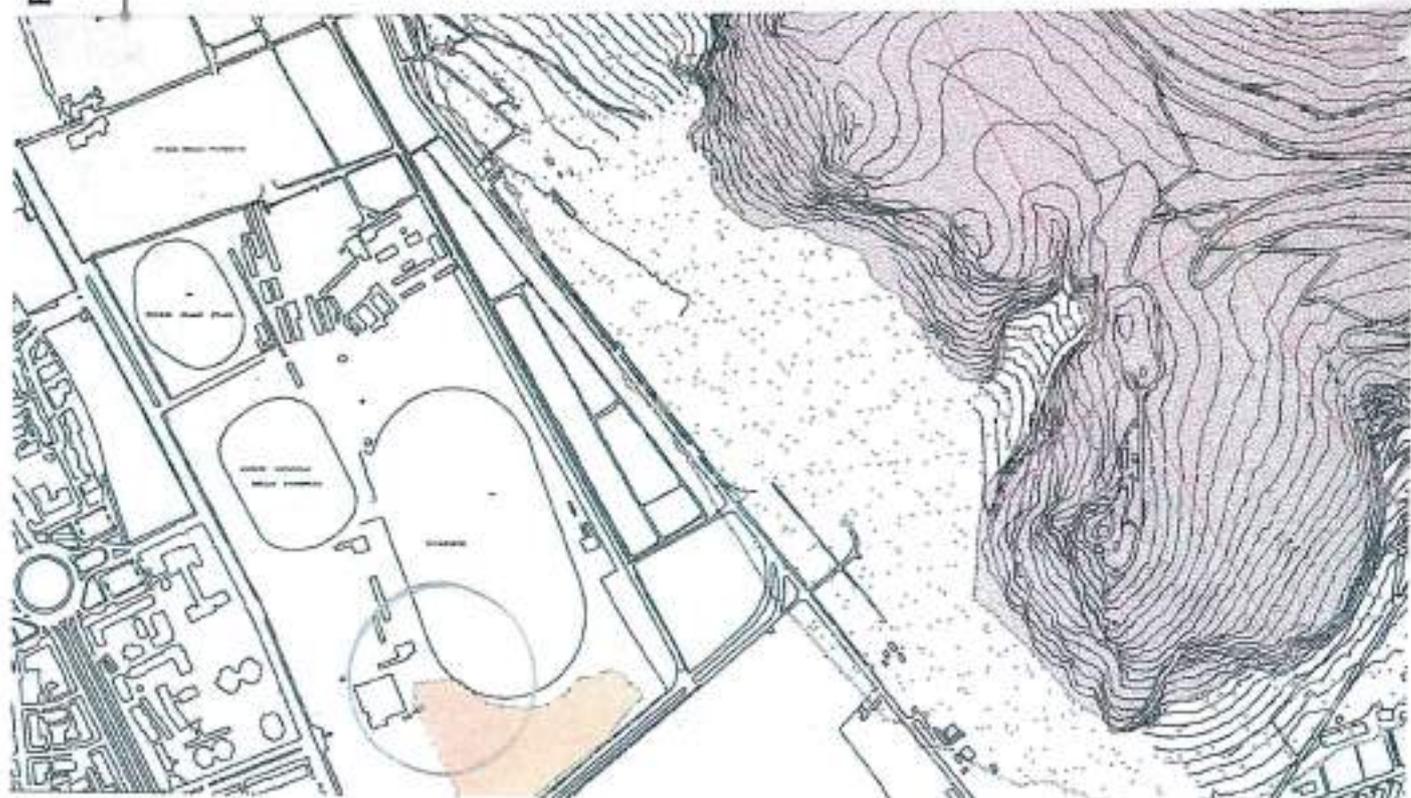


Terreni di riporto, sterri, sfabbricidi

PLEISTOCENE INF.



Biocalcareni interstratificate a sabbie gialline medio fini, a prevalente struttura strato-nodulare sabbiosa



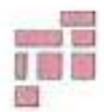
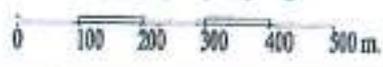


# CITTA' DI PALERMO

## PIANO REGOLATORE GENERALE

### CARTA GEOMORFOLOGICA

1:10000



**Cavità sotterranee antropiche: cave a gallerie e pilastri (*mucate*), cave a pozzo imbutiformi (*rotonde*). Evoluzione geomorfologica sotterranea**

**GEOLITOLOGIA & SIMBOLI**

- Terreni di ripeto, sterri, sfabbricidi
- Blocchi arenosi interstratificati a sabbie gialline medio fini, a prevalente struttura stato-codulata sabbiosa





# CITTA' DI PALERMO

## PIANO REGOLATORE GENERALE

# CARTA IDROGEOLOGICA

1:10000



# TAV. 3b

Geologo Dr. Pietro Todaro

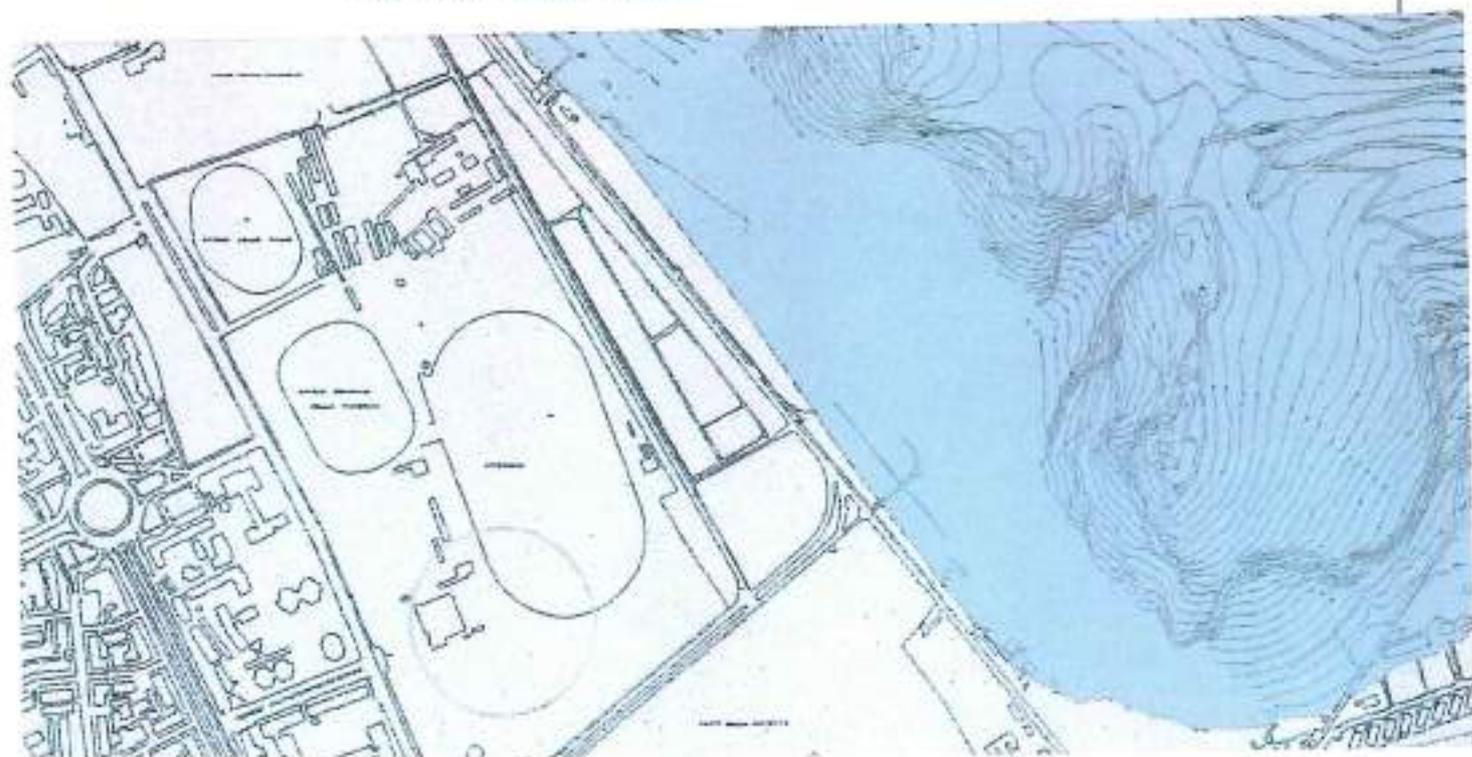
P3



Calcareniti e sabbie.

Permeabilità alta per porosità ( $K=10^{-1} \div 10^{-4}$  cm/s)

Poienzialità idrica alta.



REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Piano 4 "SANTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

### Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

ART. 1 DL. 153/02 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA LEGGE 26/02/03

Bacino Idrografico del F. Orto (039)  
Area territoriale tra il bacino del F. Orto  
e Punta Raisi (040)



### LEGENDA

#### LIVELLI DI RISCHIO

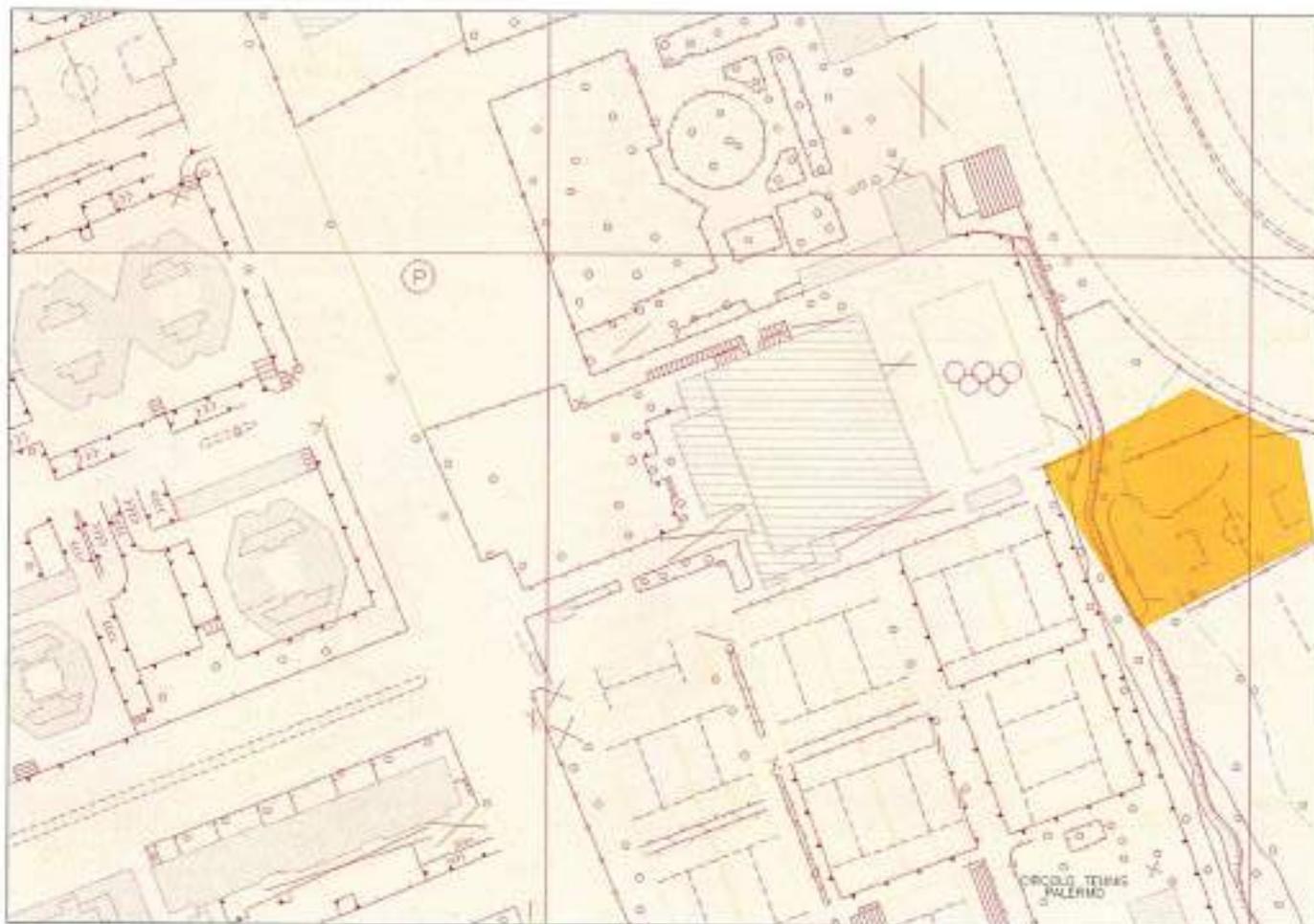
-  R1 moderato
-  R2 medio
-  R3 elevato
-  R4 molto elevato
-  Sito di Attenzione

 Limite bacino idrografico

 Limite area territoriale

# Carta Geologica- Geomorfologica- Idrogeologica

Scala 1:2000



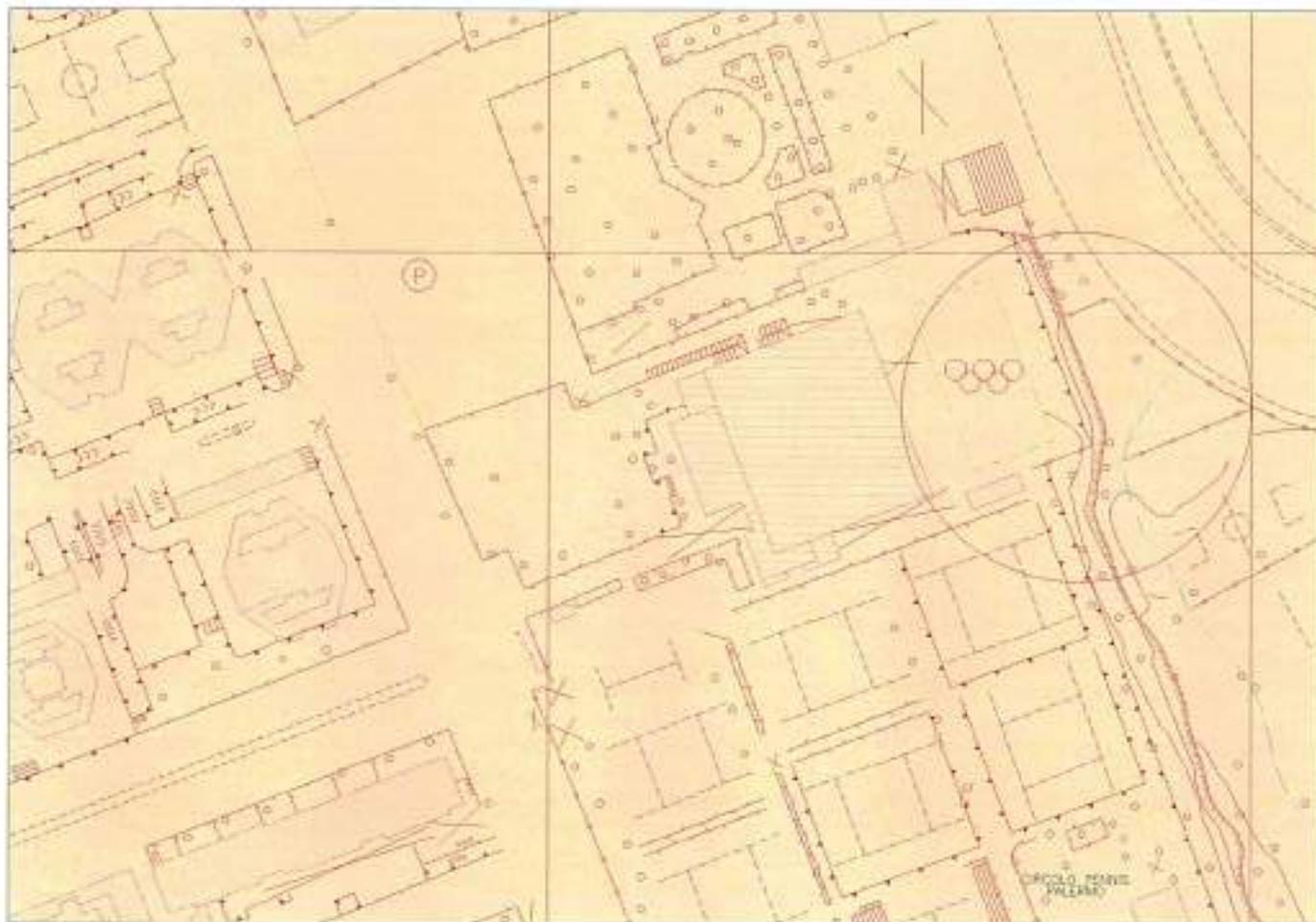
Calcareniti, biocalcareni e arenarie fossilifere, da cementata a sciolte, a tratti vacuolari, intercalazioni di sabbie in parte cementate.  
Litotipo: caratterizzato da Permeabilità per porosità primaria alta, con  $K = 10^{-3} - 10^{-4}$  cm/s.



Presenza, in porzioni ben delimitate, di riporti, detriti, sterri e sfabbricidi, provenienti dall'accumulo di demolizioni d'epoca post bellica.  
Nell'area non si rinvencono cave e/o cavità antropiche.

# Carta della pericolosità geologica- sismica Suscettività all'edificazione

Scala 1:2000



## Legenda



Area indicata nel PAI come sito di attenzione (040-6PM-166) per la presenza di cavità sotterranee isolate. Dette cavità non sono presenti nell'area, indagata con specifiche indagini geognostiche e sismiche.

Litotipo: Calcarenili bianco-giallastre ricoperte da riporti antropici o calcarenili friabili in matrici limo sabbiose spesse 4,70 - 6,00 m. Le indagini sismiche conducono a valori del  $V_{s30} = 713$  m/s, che individuano una categoria di suolo di tipo "B".



Suscettività all'edificazione dell'area: benché la Carta delle Pericolosità Geologiche di PRG indica la presenza di cavità, queste non sono presenti nell'area indagata, pertanto il sito è definito d'Uso non condizionato di Classe 1, non presentando particolari limitazioni all'utilizzo.

### 3 - GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'area individuata, oggetto dello studio, è localizzata nella porzione centro settentrionale del Comune di Palermo, nella fascia di territorio che congiunge le falde di Monte Pellegrino con Monte Gibilforni a Ovest.

I rilievi calcarei, geologicamente poggiati su potenti spessori di argille marnoso-quarzarenitiche di tipo flyschoidi, erano separate da un mare basso dentro il quale si sono potute depositare le sabbie di natura carbonatica, prodotto dell'erosione esogena dei rilievi calcarei circostanti.

L'intervento in programma, posto a quota +30.00 m s. l. m., fa parte della porzione centro settentrionale del territorio della città di Palermo, compresa tra il circolo del tennis e l'ippodromo; in una fascia di terreno compresa tra il Viale del Fante e all'affioramento calcareo di Monte Pellegrino (Fig. 1 Corografia).

Detta area è prevalentemente pianeggiante, mentre quella al contorno, l'ippodromo e lo spazio libero che si spinge fino al Piazzale dei Matrimoni del Parco della Favorita, compresa una porzione marginale dell'area oggetto della progettazione, è sopraelevata per circa 4,00 m rispetto all'attuale piano di calpestio della piscina scoperta.

Questa differenza di quota è frutto dell'accumulo delle demolizioni eseguite in epoca post bellica.

Nel corso delle indagini geognostiche eseguite per altra progettazione e occorrente per la Sistemazione a verde e attrezzature sportive del limitrofo Piazzale dei Matrimoni si è rilevata la presenza di un cospicuo livello di sfabbricidi che invece non sono presenti nell'area indagata con i sondaggi geognostici eseguiti.

Gli accumuli litologici autoctoni prevalenti presenti in tutta l'area hanno riguardato le arenarie fossilifere "Calcareniti", d'età Quaternaria, prodotto dell'erosione dei rilievi calcarei che perimetrano la città e successivo deposito in un mare a bassa energia.

Per quanto concerne i caratteri idrogeologici si rileva che l'elevata permeabilità per porosità primaria dei depositi calcarenitici superficiali, in presenza di un naturale substrato profondo impermeabile (Flysch Numidico), crea idonee condizioni per la formazione di falde acquifere profonde.

Nel Piazzale dei Matrimoni è presente un pozzo idrico, posto a quota 35,00 m s.l. m., trivellato nel Luglio del 1965 dall'AMAP, denominato "Pozzo del Monte Pellegrino", il cui livello statico della falda freatica è rinvenibile a - 31.60 m dal piano di campagna, corrispondente a + 3.40 m s.l.m.

Tutta l'area, pur mostrando condizioni geomorfologiche di stabilità non presentando potenziali fenomeni di pericolo, nella Tavola cartografica 595010-06 del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatta dall'ARTA, è contrassegnata come sito di attenzione \*, con il codice 040-6PM-166, per ciò che riguarda la pericolosità geomorfologica. *\*Nel caso in cui nelle carte della pericolosità e del rischio siano presenti aree indicate come siti di attenzione, questi vanno intesi come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da adeguate approfondite indagini.*

Detta classificazione è da ricondurre prioritariamente alla presenza, nell'estesa area così contrassegnata, di cave di origine antropica e pertanto, per le nuove opere da realizzare, è opportuno un approfondimento d'indagini per non incorrere in errori del modello geologico di progettazione, con conseguenti inconvenienti per le edificazioni.

Per la progettazione della tribuna e servizi annessi - Piscina comunale scoperta, oltre alle indagini acquisite, eseguite nel 1995 per l'adeguamento della Piscina comunale in occasione delle Universiadi del 1997, si è condotta una campagna d'indagini specifica i cui risultati hanno escluso la presenza di cavità e/o pericolosità e rischi tali da compromettere la realizzazione delle opere in progetto.

Le considerazioni sopra esposte oltre a quelle d'ordine geolitologico, geomorfologico e idrogeologico, circa le caratteristiche della formazione esaminata, conducono ad affermare che l'area non presenta incompatibilità alla realizzazione dell'insediamento edilizio programmato.

#### 4. – LE INDAGINI ESEGUITE

Nella fase preliminare della progettazione delle tribune e dei servizi annessi alla piscina scoperta, in relazione agli interventi progettualmente previsti, si sono ritenuti sufficienti le indagini geognostiche acquisite nel corso della Progettazione per l'adeguamento della Piscina comunale in occasione delle Universiadi del 1997.

Considerate le indicazioni dell'Ufficio del Genio Civile, circa l'esecuzione di specifiche indagini geognostiche, è stato predisposto un piano d'indagini che ha riguardato prove in situ, di laboratorio geotecnico e geofisiche, da utilizzare per la progettazione definitiva.

E' stato quindi predisposto un piano d'indagini comprendente:

- N° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti a diverse profondità;
- N° 3 Prove penetrometriche dinamiche continue (DPM);
- N° 1 Prova sismica attiva MASW, per la valutazione del  $V_s$  30;
- Prelievo di campioni e relative prove di laboratorio geotecnico.

I 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguiti (**S1 – S2**), sono stati spinti alle profondità rispettivamente di **13.00** e **15.00** m dal p.c..

Nel corso del sondaggio **S1** sono stati prelevati, alla profondità di **8.70** e **10.50** m, n° 2 campioni di roccia indisturbati, per sottoporli ad analisi e prove di laboratorio geotecnico.

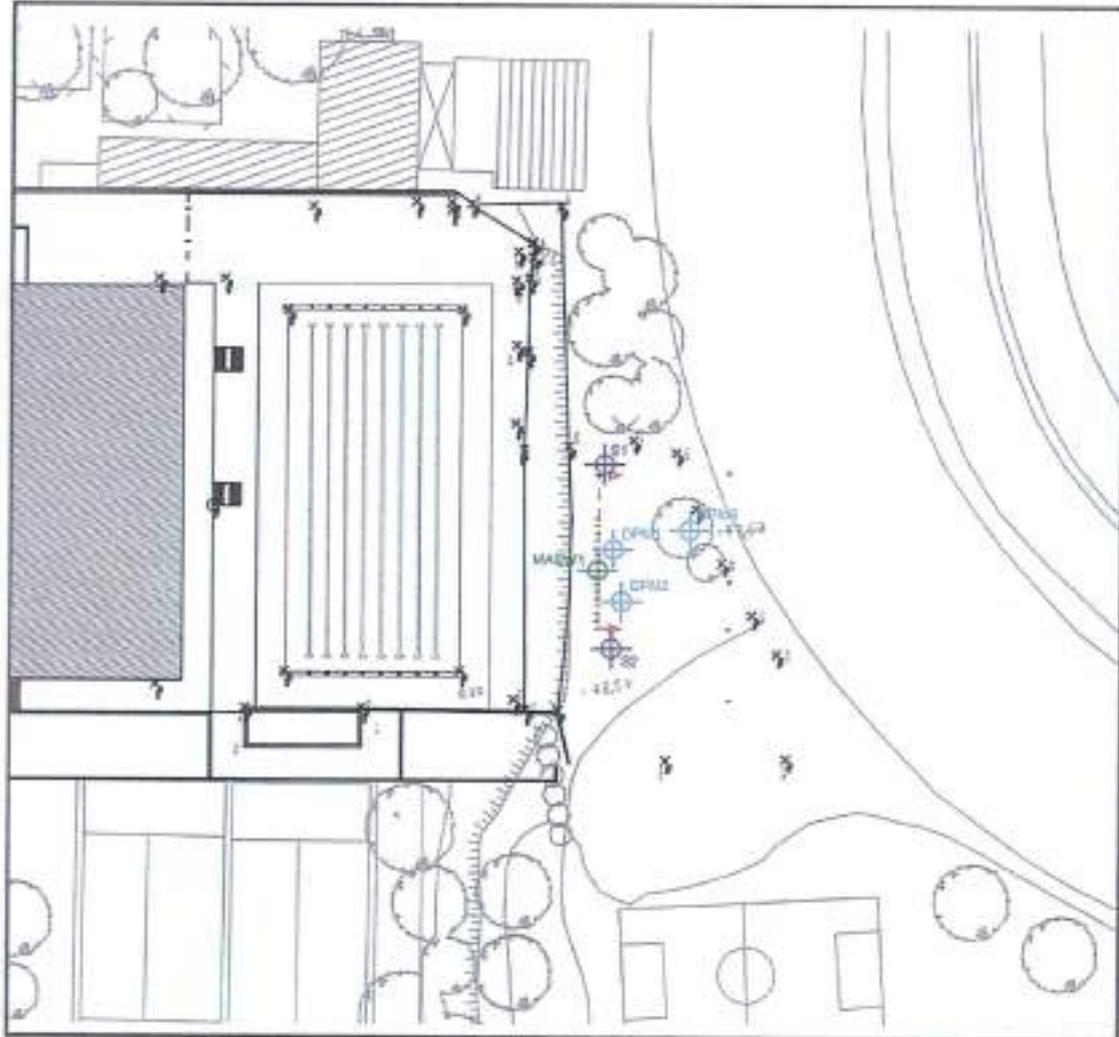
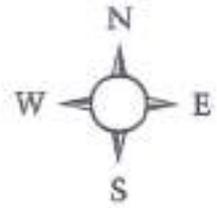
Inoltre sono state eseguite **N° 3** prove penetrometriche dinamiche continue di tipo **D. P. M.** che hanno raggiunto le profondità rispettivamente di **3.60 – 2.90 – 3.50** m dal piano di campagna.

La prova sismica attiva di tipo **MASW** per la valutazione del  $V_{s30}$ , è stata eseguita tra i sondaggi **S1 – S2**.

L'esatta ubicazione delle indagini sopra elencate, eseguite dalla Ditta del dott. Gabriele Fiumara, è riportata in Fig. 4 Ubicazione delle indagini, di seguito riprodotta.

# UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:1000



## LEGENDA

- Ubicazione sondaggio a carotaggio (Altro O.P.)
- Ubicazione profilo 1D di prove MASW
- Prova penetrometrica dinamica continua
- Posizione geofoni
- Sorgente di energizzazione sismica
- Traccia stendimento MASW

Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension, etc	Article No/Reference		
Designed by	Checked by	Approved by_date	Filename	Date	Scale 1:1.000
<h2>UBICAZIONE INDAGINI</h2>					
			Edition 000		ALL. A

Dette indagini hanno avuto l'obiettivo di accertare e ricostruire la sequenza litostratigrafica dei terreni che dovranno essere impegnati dalle edificazioni programmate, determinare le caratteristiche fisico-tecniche dei relativi terreni, necessarie all'elaborazione dei calcoli strutturali, rilevare l'eventuale presenza della falda freatica e valutare la risposta sismica dei terreni presenti nel sottosuolo per determinarne, tramite il parametro  $V_{s30}$ , la relativa categoria di suolo presente, secondo quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008.

Il Rapporto di Prova trasmesso dalla Ditta Gabriele Fiumara contiene quanto richiesto nel servizio e riguardanti: le colonne stratigrafiche dei **2** sondaggi geognostici, la prova sismica attiva **MASW**, le **3** prove penetrometriche dinamiche in situ (**DPM**) e i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguiti sui campioni di roccia prelevati.

Detto Rapporto è parte integrante degli Elaborati Progettuali.

Nel seguito sono esposte le valutazioni di tipo geologico-tecnico suggeriti ai progettisti ai fini della progettazione programmata.

## 5. LA FORMAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La geologia dell'area, come del resto buona parte della Piana di Palermo, è contraddistinta dalla presenza di una formazione litologica costituita da strati, a volte spessi e tenaci a volte poco potenti e sciolti, di **calcareniti Plio-pleistoceniche**, formatisi come prodotto finale del disfacimento dei Monti circostanti la **"Piana di Palermo"** e, in seguito, depositati e consolidati in un ambiente di mare basso con poca energia.

Nel Pliocene l'attuale conca d'oro si trovava sommersa da un mare poco profondo, in un ambiente di sedimentazione le cui acque distribuivano in maniera disuniforme, con una diversa granulometria e consistenza sia in senso verticale che orizzontale, i detriti erosi dagli agenti esogeni dai rilievi montuosi circostanti.

La deposizione ha riguardato anche i resti dell'abbondante fauna di lamellibranchi del genere pecten.

Il litotipo che qui si è prevalentemente depositato è rappresentato da terreni appartenenti alla **"Formazione calcarenitica" Plio-pleistocenica**, costituita essenzialmente da strati a volte spessi e tenaci a volte poco potenti e sciolti, di una roccia sedimentaria di origine clastica a struttura granulare di natura carbonatica la cui matrice è rappresentata da sabbie medie e medio-fini, granulometricamente ricadenti nel campo delle areniti e dei limi, i cui elementi di diversa forma e dimensioni sono variamente cementati. Lo stesso litotipo, infatti, presenta caratteristiche fisico-tecniche alquanto variabili, sia orizzontalmente che verticalmente, a causa appunto del diverso grado d'aggregazione dei clasti calcarenitici ad opera del cemento calcitico.

I granuli calcarenitici, infatti, sono tenuti insieme da quantità di cemento calcitico e/o siliceo molto differente, poiché provengono da processi di dissoluzione e successiva riprecipitazione.

La stratificazione del deposito sabbioso è solitamente parallela con strati di spessore variabili dal decimetro al metro, il colore è giallo e biancastro (Fig. 2 Carta Geologica).

La potenza del deposito nell'area supera i 40.00 m ed è mascherata da una copertura di "sabbie limose, sabbie calcarenitiche e terre rosse" spessa circa **4,00 m**.

La serie stratigrafica, ricostruita anche a seguito delle due indagini geognostiche appositamente eseguite, è così descritta dall'alto verso il basso:

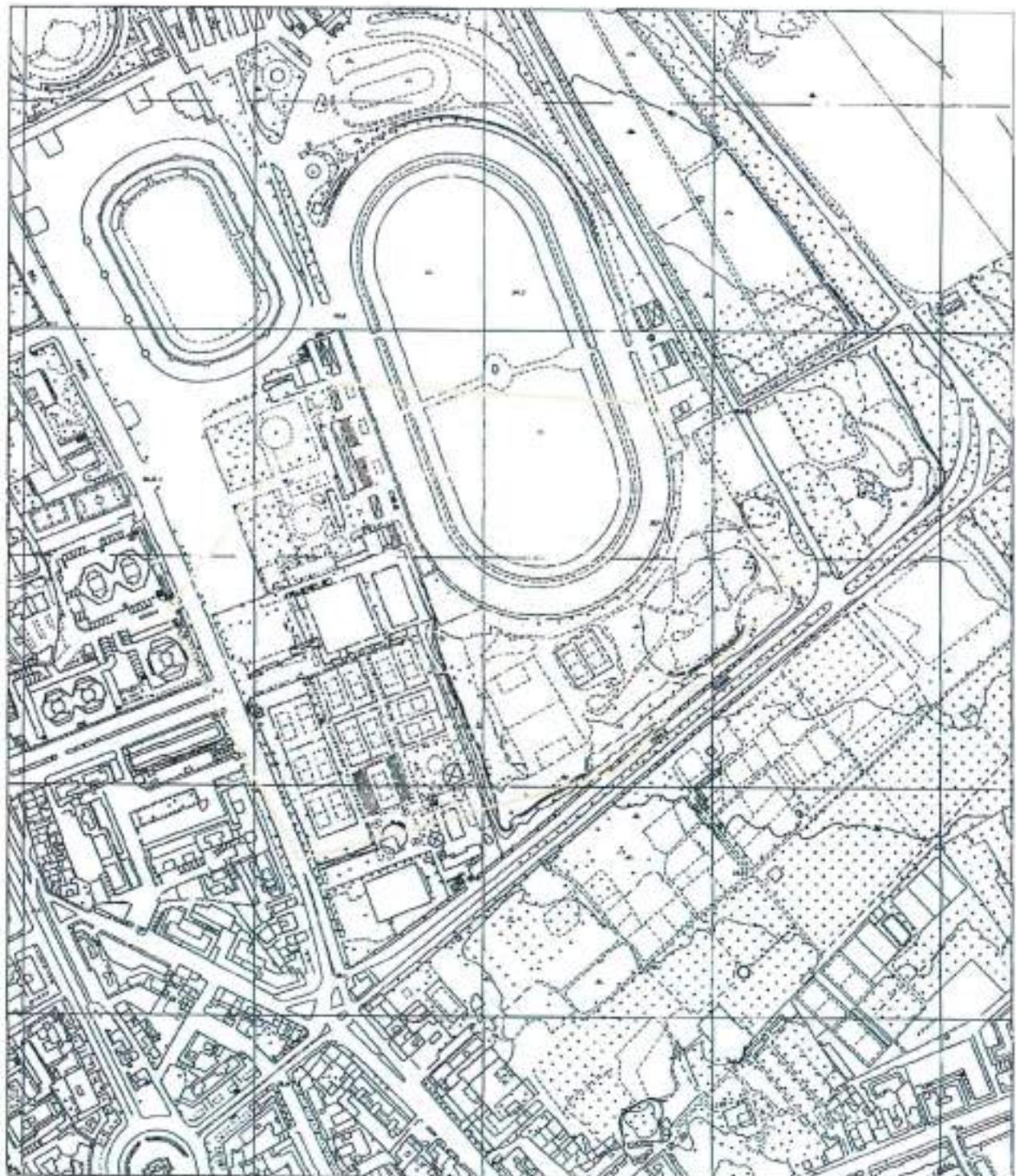
# CARTA GEOLOGICA

Fig. 2

Scala 1: 5.000



CALCARENITE



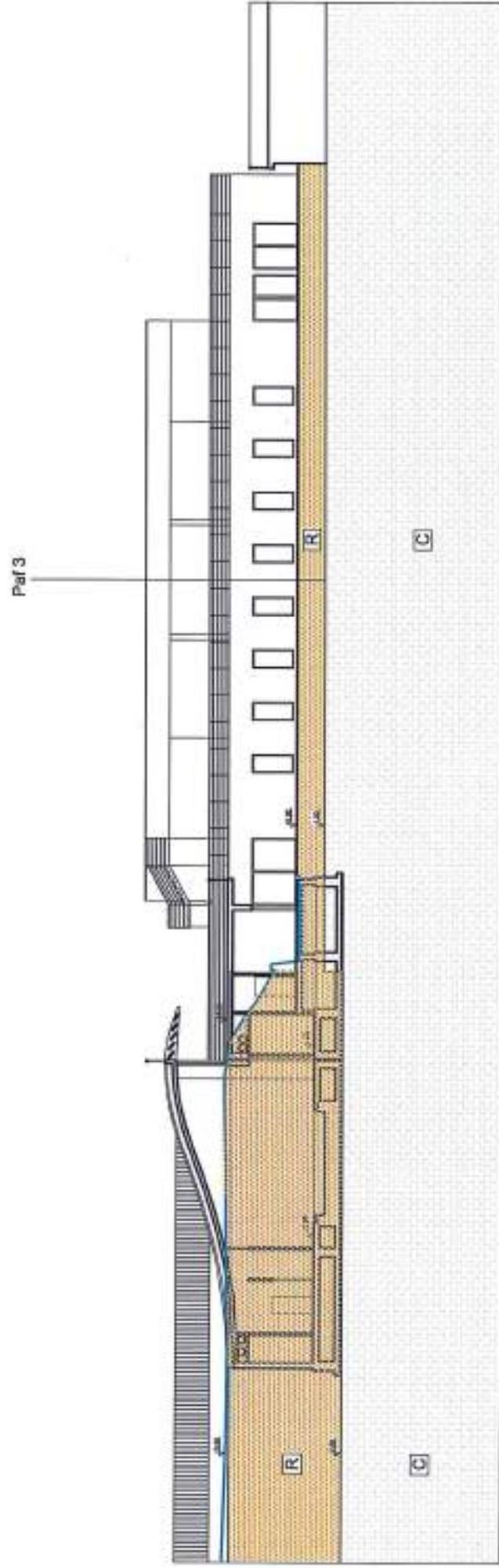
- I. **Terre rosse e sabbie limose (TR) Recente:** questo livello superficiale prevalentemente sciolto, mascherato da 0.50 m di suolo vegetale, è stato rilevato in entrambi i due sondaggi S1 e S2 eseguiti; è costituito da elementi sabbio-limosi e limo-sabbiosi, immersi in una matrice di terre rosse e vegetali, che conferisce al deposito una colorazione bruno-rossastra. Lo spessore rilevato è di circa **4.00 m** ed è ben visibile nella documentazione fotografica e nelle colonne stratigrafiche del Rapporto di Prova e di seguito riportate;
- II. **Formazione calcarenitica (C) Plio-pleistocenica:** è una successione di livelli calcarenitici costituiti da un'alternanza di strati sabbiosi sciolti o soltanto addensati e livelli sabbiosi concrezionati con livelli di arenarie pseudonodulari anche decimetrici consistenti, di colore bianco-giallastri. Intercalate si rinvengono delle areniti prevalentemente sciolte. La stratificazione della Formazione non è ben individuata e i livelli calcarenitici più consistenti non hanno una continuità longitudinale. In loco questa Formazione litologica, che ospita una falda freatica a libera circolazione la cui piezometrica si trova a **3.50 m s. l. m.**, ha uno spessore superiore a **30,00 m**. Lo spessore è stato rilevato nel sondaggio geognostico eseguito dall'AMAP a Piazzale dei Matrimoni e utilizzato come pozzo per il prelievo di acqua dalla sottostante falda freatica.

Con i dati provenienti dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici eseguiti e di quelli in precedenza acquisiti è stato possibile elaborare la **Sezione Litostratigrafica 1-2 (All.5)** prodotta per fornire i rapporti geometrici esistenti tra i terreni presenti nel sottosuolo e gli interventi previsti in progetto.

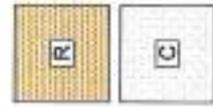
Nella Sezione è indicato inoltre il possibile piano di posa delle fondazioni, tracciato in relazione alla sequenza litologica e tenuto conto del livello superficiale di Terre rosse e Sabbie limose, spesso circa **4.00 m**, che sono da asportare per le scarse caratteristiche fisiche e meccaniche.

Le considerazioni d'ordine geolitologico, geomorfologico e idrogeologico descritte, circa le caratteristiche della formazione esaminata unitamente alle indagini geognostiche e sismiche eseguite, conducono ad affermare che l'area non presenta incompatibilità alla realizzazione degli interventi previsti in progetto.

AII. 5 SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA 1-2



LEGENDA



Ripporto e terreno vegetale

Calcarenite

## 6 - CARATTERISTICHE FISICO-TECNICHE E SISMICHE DEI TERRENI

Le considerazioni di seguito affrontate, circa la caratterizzazione fisico-tecnica dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area indagata, finalizzata a fornire le necessarie indicazioni circa la scelta progettuale, provengono dall'insieme delle indagini geognostiche, dalle prove penetrometriche dinamiche DPM eseguite in situ, dalla prova sismica MASW e dall'esame dei risultati delle analisi e prove geotecniche di laboratorio geotecnico effettuate sui campioni di roccia prelevati nel corso dei sondaggi.

Ai terreni presenti nel sottosuolo dell'area indagata, dall'alto verso il basso, possono essere attribuiti le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

1. **Terre rosse e sabbie limose (TR):** rappresentate da materiali sabbio-limosi e limo-sabbiosi, immersi in una matrice di terre rosse e vegetali, di colorazione bruno-rossastra, spesse da **4.00 a 4.70 m**. E' un terreno incoerente, normalmente compattato, permeabile, di elevata deformabilità. Sotto il profilo litotecnico, essendo un materiale prevalentemente sciolto, non si presta a essere sollecitato da sforzi di compressione poiché è soggetto a elevata deformazione. Per quanto sopra, per l'applicazione delle spinte sui muri di contenimento a perimetro dell'opera, nei calcoli strutturali si potranno adottare i seguenti parametri fisico-meccanici medi:

$$\gamma = 17 \text{ KN/mc}; \quad \varphi = 25^\circ; \quad C = 0 \text{ KN/mq}$$

Possono essere cavati con i normali mezzi d'opera, poiché la resistenza a compressione  $\sigma_r$  è compresa entro i **4 MPa**.

2. **Formazione calcarenitica (C):** è una sequenza di livelli calcarenitici costituiti da strati sabbiosi sciolti o soltanto addensati e livelli sabbiosi anche decimetrici più consistenti senza continuità longitudinale, di colore biancastro e giallastro, con intercalate areniti prevalentemente sciolte. La stratificazione non è uniforme, infatti, nel sondaggio **S1** si rileva interposta, da **4.00 a 5.00 m**, ad uno strato decisamente più friabile, mentre in **S2** è sovrapposta alle calcareniti bianco-giallastre più consistenti. La formazione, che presenta caratteristiche fisiche e tecniche buone, è utilizzabile come piano di posa delle fondazioni. Sul luoghi questo litotipo ha uno spessore superiore a **30,00 m** e si classifica come roccia coerente e poco

Caratteristiche:		Fisiche;				Meccaniche, da prove di Taglio	
Campioni	Prof.tà	$\gamma$ -KN/mc	$\gamma_d$ -KN/mc	Wn %	K =cm/sec	$C^*$ KN/mq	$\phi^{*o}$
S1-C1	8.70 m	<b>20.20</b>	<b>16.01</b>	25.6	$4.84 \times 10^{-4}$	0	39°-35°
S1 C2	10.50 m	20.49	7.76	15.33		0	38°

Caratteristiche meccaniche: da N° 3 prove penetrometriche dinamiche continue DPM					
Indice di consistenza: <b>Ic</b>	Modulo Edometrico drenato: $E_u$ , KN/mq	Modulo Edometrico non drenato: $E^*$ , KN/mq	$E_{young}$ , MPa	$C_u$ , KN/mq	Nspt
1.20	28.000	420.000	55	290	55.72

Circa la resistenza allo schiacciamento  $\sigma_r$ , che ne individua l'escavabilità, questa potrebbe essere ricondotta e ugualmente distribuita entro le prime due classi di scavo **0- 4 e 4 - 10 MPa**.

Sebbene la cementazione non sia uniforme, le pareti di scavo sono capaci di mantenere la verticalità.

Nella porzione Est, lato ippodromo, a ridosso dei corpi **A1 e B** saranno realizzati muri di contenimento di altezza adeguata al retrostante rilevato.

Per la valutazione delle azioni sismiche nell'area in oggetto, si fa riferimento alla "Normativa tecnica per le costruzioni" di cui al D. M. 14/01/2008, al D.M. integrativo e alle Istruzioni della Circolare n° 617/CSLLPP.

Secondo tali Norme le azioni sismiche attese in superficie dipendono dalla capacità del terreno di amplificare o meno la frequenza di risonanza dei terreni, sollecitati da un sisma, compresi nei primi 30 m di profondità.

Per la ricerca della categoria del suolo di fondazione è stata programmata ed eseguita una prova sismica attiva **MASW** per il calcolo delle onde di taglio **S**, e la determinazione del  $V_{s30}$ , (velocità media di propagazione delle onde **S** nei primi 30 m di profondità).

L'elaborazione dei dati geofisici provenienti da detta prova, considerando che dalle frequenze registrate si è ottenuta una velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) pari a 713.50 m/s, la categoria di sottosuolo risulta essere la "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  $r$  da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s, ovvero resistenza penetrometrica NSPT >50, o coesione non drenata  $c_u > 250$  KPa), **Tab. 3.2.II** del D.M. 14/01/2008.

Essendo la zonizzazione funzione anche della topografia del suolo interessato all'opera da realizzare, di seguito sono definiti i seguenti parametri sismici locali:

- tipo di costruzione **2** "opere ordinarie...di importanza normale" con vita nominale  $V_N = 50$  anni, Tab. 2.4.I del D.M.;
- classe d'uso **II** "costruzioni che prevedono normali affollamenti..", § 2.4.2.;
- coefficiente d'uso  $C_U = 1.0$  (per classe d'uso **II**), Tab. 2.4.II;
- periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni (per  $V_N = 50$  e classe d'uso **II**), Tab. C.2.4.I;
- categoria di sottosuolo di tipo **B** "Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri", Tab. 3.2.II;
- amplificazione stratigrafica  $S_S$  tra **1.0** e **1.2** (per categoria sottosuolo **B**), Tab. 3.2.V;
- categoria topografica **T1** "Superficie pianeggiante...con inclinazione <15°", Tab. 3.2.IV, che dà luogo ad una;
- amplificazione topografica  $S_T = 1.0$ , Tab. 3.2.VI;
- il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  sarà di 475 anni (per un periodo di riferimento  $V_R$  di 50 anni, secondo lo stato limite ultimo (**SLU**) di salvaguardia della vita (**SLV**), Tab. C. 3.2.1:

## 7. CONSIDERAZIONI TECNICO-PROGETTUALI

Nel seguito sono affrontate le problematiche e le considerazioni tecnico-progettuali, in funzione del modello geologico elaborato, cui fare riferimento per le scelte progettuali e tipologia di fondazione che si suggerisce per i diversi corpi di fabbrica, in relazione ai risultati delle indagini analisi e prove eseguite con questa progettazione, tenendo conto anche delle precedenti indagini geognostiche acquisite e occorse per la progettazione delle Universiadi del 1997.

Le indagini geognostiche (**S1 – S2**) e sismiche **MASW** eseguite per la progettazione, hanno consentito di individuare una Formazione calcarenitica di discreta consistenza.

Questo litotipo è idoneo ad ospitare le fondazioni dei corpi **A1 – A2** e **B**, il cui piano di posa potrà attestare alla profondità di **- 6.00 m** rispetto al piano di campagna del limitrofo terrapieno, posto a **+3.50 m** rispetto al sottostante piano di calpestio dell'attuale piscina scoperta.

Mentre, considerando i risultati delle indagini geognostiche eseguite nel 1995, il livello calcarenitico utile per l'appoggio della fondazione dei corpi di fabbrica **D1** e **D2** si troverà a **- 1.50 m** rispetto al piano di calpestio dell'attuale piscina scoperta.

Con le stratigrafie di tutti i sondaggi geognostici è stata predisposta la Sezione Litostratigrafica **1 - 2**, riportata in All. 5, elaborata per fornire i necessari rapporti geometrici esistenti tra i litotipi presenti nel sottosuolo e i corpi di fabbrica previsti in progetto.

Nella Sezione è riportato il possibile piano di posa delle fondazioni a platea per i corpi di fabbrica **A1 – A2** e **B**, che saranno posti a **- 6.00 m** rispetto al piano di campagna del limitrofo terrapieno, mentre i corpi da fabbrica **D1** e **D2** verranno fondati a **- 1.50 m** rispetto al piano di calpestio della piscina scoperta.

Il terrapieno a ridosso della recinzione dell'ippodromo, spesso da **4.70** a **6.00 m**, è da asportare per le modeste caratteristiche fisiche e meccaniche.

L'area in esame, pur mostrando caratteristiche geomorfologiche abbastanza stabili, non presentando potenziali fenomeni d'instabilità, nella Tavola cartografica 595010-06 del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) emanata dall'ARTA, è contrassegnata come

sito di attenzione \*, con il codice 040-6PM-166, per ciò che riguarda la pericolosità geomorfologica. *\*Nel caso in cui nelle carte della pericolosità e del rischio siano presenti aree indicate come siti di attenzione, questi vanno intesi come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da adeguate approfondite indagini.*

Detta classificazione è verosimilmente da ricondurre alla presenza di cave che, nell'estesa area, negli anni 50 erano utilizzate per l'estrazione dei conci di tufo; pertanto, per le nuove opere da realizzare, è opportuno un approfondimento d'indagini.

Per la progettazione della tribuna della Piscina comunale scoperta e servizi annessi, oltre alle indagini acquisite, effettuate nel 1995 per l'adeguamento della Piscina comunale in occasione delle Universiadi del 1997, si è condotta una specifica campagna d'indagini i cui risultati, contenuti nel Rapporto di Prove, parte integrante degli Elaborati Progettuali, hanno escluso la presenza di cavità e/o pericolosità e rischi tali da compromettere la realizzazione delle opere in progetto.

Circa la possibilità di potere riutilizzare il materiale di scavo, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia, D.A. 11/12/2008 (Linee guida sull'utilizzo delle terre e rocce da scavo a seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs. n. 4 del 16 gennaio 2008), solo i termini Calcarenitici che possono essere rinvenuti possono essere riutilizzati per i rinterri, mentre gli altri depositi superficiali alterati devono essere conferite a discarica.

Palermo, Dicembre 2014

Il Geologo  
GIUSEPPE VINTI



	REGIONE SICILIANA
	COMUNE DI PALERMO

**ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E LABORATORIO E PROVE SISMICHE PER L'INTERVENTO "PISCINA COMUNALE SCOPERTA -NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"**



## RAPPORTO DI PROVA

ALL.	DESCRIZIONE	REDATTO	LA DITTA ESECUTRICE
A	PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI	Dott. Geol. G. Fiumara 	<b>GABRIELE FIUMARA</b> Via Catania n° 164 98124 Messina C.F. FMR GRL 72L03 F158N P.IVA: 02146620832
B	CERTIFICATI DI PROVA	Dott. Geol. G. Fiumara 	
C	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA		

IL PRESENTE DOCUMENTO E' CREATO DA Dott. Geol. Gabriele Fiumara A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

**Geol. Gabriele FIUMARA**  
 via Catania n. 164 - 98124 MESSINA  
 Tel. 090 2922390 FAX 095 5183233 gabriele.fiumara@pec.it

**MODULO RDP – RAPPORTO DI PROVA**

INDAGINI E STUDI SPECIFICI A SUPPORTO DEL PROGETTO "PISCINA COMUNALE SCOPERTA -NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI" DA SORGERE NEL COMUNE DI PALERMO

**INDICE****Pagina**

1. Premessa .....	3
2. Prospezioni Geofisiche .....	4
2.1 Prova sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of surface).....	4
2.1.1 Principi del metodo di prova .....	4
2.1.2 Apparecchiatura di prova .....	5
2.1.3 Esecuzione della prova.....	5
2.1.4 Elaborazione dei risultati.....	6
3. Prove di resistenza meccanica.....	8
3.2 Prova penetrometrica dinamica continua (DPM ).....	8
3.2.1 Principi del metodo di prova .....	8
3.2.2 Apparecchiatura di prova .....	8
3.2.3 Esecuzione della prova.....	9
3.2.4 Elaborazione dei risultati.....	9
4. Conclusioni generali .....	12
4.1 Prospezioni geofisiche .....	12
4.1.1 Prova sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of surface).....	12
4.2 Prove di resistenza meccanica.....	12
4.2.1 Prova penetrometrica dinamica continua (DPM ).....	12

**ALLEGATI**

ALL. A – Planimetria ubicazione indagini

ALL. B – Certificati di prova

ALL. C – Documentazione fotografica

**MODULO RDP – RAPPORTO DI PROVA**

superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW di tipo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

**2.1.2 Apparecchiatura di prova**

Per eseguire la prova sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- 2.1.2.1 Sismografo M.A.E. modello A3000-S digitale, 16 canali, 12 bit a memoria incrementale e possibilità di campionamento da 100 a 5.000 c/sec;
- 2.1.2.2 Trasduttori di velocità del moto del suolo a componente verticale con frequenza propria > 4,5 Hz (geofoni);
- 2.1.2.3 Sistema di energizzazione costituito da massa battente e piastra di battuta;
- 2.1.2.4 Cavo sismico con allacci geofonici;
- 2.1.2.5 Generatore di corrente continua;
- 2.1.2.6 Rullina metrica.

**2.1.3 Esecuzione della prova**

- 2.1.3.1 Per l'esecuzione delle prove è stato necessario definire prima di ogni operazione la lunghezza totale degli stendimenti sismici e la spaziatura intergeofonica da adottare. Quindi, dopo aver effettuato in sito le appropriate misure con la rullina metrica, sono stati contrassegnati e numerati i punti dove successivamente sono stati installati i geofoni verticali ed è stato disposto lo stendimento sismico avente spaziatura intergeofonica costante;
- 2.1.3.2 Una volta installati i geofoni, e collegati questi ultimi allo strumento di misurazione tramite il cavo sismico, è stato attivato il sismografo con il generatore di corrente ed è iniziata l'acquisizione. Sono state impostate n° 3 iterazioni programmate del sismografo di acquisizione per incrementare, tramite sommatoria matematica dei segnali gli impulsi sismici artificiali generati appositamente per i rilievi.

2.1.3.3 Ad energizzazione avvenuta si sono registrati i segnali degli impulsi sismici ricevuti ad ogni geofono posto lungo il cavo sismico;

2.1.3.4 Ultimata la rilevazione dei segnali si sono quindi archiviati i dati per le successive elaborazioni e calcolo delle velocità delle onde trasversali nel sottosuolo investigato.

#### **2.1.4 Elaborazione dei risultati**

Le fasi di calcolo del metodo MASW<sup>1</sup>, che vengono eseguite nel processo di elaborazione dei dati, possono essere così sintetizzate:

2.1.4.1 Calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;

2.1.4.2 Calcolo della velocità di fase apparente numerica;

2.1.4.3 Individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$  e le velocità delle onde di taglio  $V_s$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. La ricerca del profilo di velocità ottimale viene eseguita tramite software "SurfSeis" della Kansas Geological Survey (Licenza n° 20166) grazie ad un algoritmo di ricerca globale o locale che minimizza l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. Quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica risulta essere compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve ed il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  conseguente rappresenta una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico;

2.1.4.4 Calcolo, nei primi 30m di profondità, della velocità media di propagazione delle onde di taglio S e determinazione del  $V_{s30}$  tramite la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (1)$$

dove

<sup>1</sup> Ulteriori approfondimenti sul metodo di elaborazione MASW possono essere reperiti sul Bollettino dell'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, Anno XVI aprile-giugno 2008 n. 2, 20-27.

**MODULO RDP – RAPPORTO DI PROVA**

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

- 2.1.4.5 Individuazione, ai fini della definizione dell'azione sismica, della categoria sismica di sottosuolo ai sensi del 3.2.2 del DM. 14/01/08 M.I.T.

**Tabella 3.2.II - DM. 14/01/08 M.I.T. (Categorie di sottosuolo)**

<b>A</b> - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi 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>B</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 e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).
<b>C</b> - 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 ( $15 < NSPT < 50$ , $70 < c_u < 250$ kPa).
<b>D</b> - 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 ( $NSPT < 15$ , $c_u < 70$ kPa).
<b>E</b> - 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.

**Tabella 3.2.III - DM. 14/01/08 M.I.T. (Categorie aggiuntive di sottosuolo)**

<b>S1</b> Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includano uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b> Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

- 2.1.4.6 Dall'elaborazione delle misure effettuate si ottengono le certificazioni delle velocità delle onde S ed il calcolo della  $V_{S30}$  che vengono rappresentate e riportate in allegato B.

**3. Prove di resistenza meccanica**

Le prove di resistenza meccanica sono il mezzo più comunemente utilizzato per sondare il sottosuolo in maniera diretta, individuare zone di scarsa o scarsissima resistenza e ricavarne i parametri tecnici principali.

Precisamente, per gli studi sui terreni di sedime dell'area di progetto, sono state effettuate n° 3 prove penetrometriche dinamiche continue di tipo DPM per una profondità complessiva di 1,3 m.

**3.2 Prova penetrometrica dinamica continua (DPM)****3.2.1 Principi del metodo di prova**

La prova consiste nell'infissione verticale nel terreno di una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio prolungabile graduata mediante delle tacche poste ogni 10 cm. L'infissione avviene per battitura, facendo cadere un maglio di peso  $M = 30$  Kg. da un'altezza costante  $H = 20$  cm su apposita testa di battuta collegata all'asta graduata. In base al numero dei colpi inflitti per avere un approfondimento di 10 cm della punta si risale alle caratteristiche meccaniche del terreno considerato.

**3.2.2 Apparecchiatura di prova**

Per eseguire la prova sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- 3.2.2.1 Penetrometro Compac modello PENNY 30 matr. n. 430, con peso del maglio  $M=30$  Kg, peso incudine  $P_p = 12$  Kg e altezza di caduta del maglio  $H = 20$  cm, fornito di motore a scoppio per la trasmissione dell'energia meccanica necessaria al sollevamento del maglio;
- 3.2.2.2 Aste prolungabili di Lunghezza  $L = 1$  m graduate ogni 10 cm, diametro  $\phi = 22$ mm. e peso  $P = 2,9$  Kg/metro;
- 3.2.2.3 Punta conica a perdere con angolo al vertice  $\beta = 60^\circ$ , area  $A = 10$  cm<sup>2</sup> e diametro  $\phi$  di 35,6 mm;
- 3.2.2.4 Gruppo estrattore aste.

**3.2.3 Esecuzione della prova**

- 3.2.3.1 Per l'esecuzione della prova è stato necessario definire prima di ogni operazione i punti su cui effettuare le verticali di prova (cfr planimetria in allegato A);
- 3.2.3.2 Predisposta l'attrezzatura in corrispondenza dei punti da investigare si è dato inizio all'esecuzione della prova registrando il numero di colpi necessari per avere un'infissione della punta per tratti consecutivi di 10,0 cm;
- 3.2.3.3 Ad ogni 10,0 cm di infissione si è riportato il numero dei colpi necessari e si è ripetuta l'operazione alla seconda tacca dell'asta e così via. Quando l'asta è stata trovata pressoché tutta conficcata sul terreno si è tolto il gruppo maglio e il gruppo incudine, avvitato una seconda asta e si è ripreso con le operazioni di battitura. La prova si è conclusa quando le aste non sono più penetrate nel terreno (il limite strumentale del Compac Penny 30 è di oltre i 100 colpi per avere una infissione di 10 cm) o quando si è ritenuto di avere già acquisito elementi sufficienti per una caratterizzazione significativa dei terreni investigati;
- 3.2.3.4 Ultimata la prova si è provveduto a recuperare le aste utilizzando l'apposito estrattore.

**3.2.4 Elaborazione dei risultati**

Il risultati delle prove penetrometriche sono trascritti su apposita tabella di campagna e riportati sotto forma di diagramma avente in ascisse il numero dei colpi di maglio necessari ad infiggere la punta nel terreno per tratti di 10 cm ( $N_{dp}$ ) ed in ordinate la profondità in cm della punta dal piano di campagna (v.si allegato B).

Le fasi di calcolo che vengono eseguite nel processo di elaborazione dei dati, possono essere così sintetizzate:

- 3.2.4.1 Calcolo della resistenza di rottura dinamica alla punta ( $R_{pd}$ ), parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo, tramite la nota formula degli olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \times H}{A \times e \times (M + P + P_p)} \quad (1)$$

**MODULO RDP – RAPPORTO DI PROVA**

dove  $e = 10/N_{dp}$  (cm) rifiuto; con  $N_{dp}$  corrispondente al n° di colpi per ogni approfondimento di 10 cm;

3.2.4.2 Calcolo della capacità portante ammissibile ( $Q_{amm}$ ), tramite la nota formula

$$Q_{amm} = \frac{Rpd}{15 + 25} \quad (2)$$

3.2.4.3 Calcolo del numero dei colpi della prova S.P.T. ( $N_{spt}$ ) tramite l'applicazione del coefficiente riduttivo  $\alpha$  fornito dal produttore del PENNY 30 che per lo strumento in questione vale 1,32 quando questo viene utilizzato con il maglio da 30 Kg

$$N_{spt} = \frac{N_{dp}}{1,32} \quad (3)$$

dove  $N_{dp}$  è il numero di colpi del penetrometro PENNY 30.

3.2.4.4 Calcolo dei parametri caratteristici dei terreni incoerenti ( $D_r$ ,  $\phi$ ,  $Y_c$ ) e di quelli coesivi ( $I_c$ ,  $C_u$ ,  $Y_c$ ) tramite le correlazioni esistenti in letteratura (TERZAGHI-PECK e SKEMPTON) riassunte in tab. 3.1.

3.2.4.5 Calcolo del modulo di deformazione edometrica per terreni incoerenti ( $E'$ ) e coesivi ( $E_u$ ) tramite le formule di FARRENT e STROUD-BUTLER

$$E' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 7,15 \times N_{spt} \quad (4)$$

$$E_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 5 \times N_{spt} \quad (5)$$

Definizione della consistenza	Numero dei colpi $N_{spt}$ (S.P.T.)	Indice di consistenza $I_c$	Coesione non drenata $C_u$ (t/mq)	Peso di volume secco $Y$ (t/mc)
<i>Terreni coesivi</i>				
Molle	<2	~0	<1,0	<1,50
Tenero	2-4	0-0,25	1,0-2,5	1,50-1,70
Medio	4-8	0,25-0,5	2,5-5,0	1,70-1,90
Compatto	8-15	0,5-0,75	5,0-10,0	1,90-2,05
Molto compatto	15-30	0,75-1,0	10,0-20,0	2,05-2,15
Duro	>30	>1,0	>20,0	>2,15
<i>Terreni incoerenti</i>				
		Densità relativa $D_r$ (%)	Angolo di attrito $\phi$ (°)	Peso di volume secco $Y$ (t/mc)
Molto sciolto	<4	<20	<28	<1,30
Sciolto	4-10	20-35	28-30	1,30-1,50
Medio	10-30	35-65	30-35	1,50-1,95
Denso	30-50	65-80	35-40	1,95-2,05
Molto denso	>50	>80	>40	>2,05

Tab. 3.1

**MODULO RDP – RAPPORTO DI PROVA**

3.2.2.1 I risultati delle prove penetrometriche vengono diagrammati sotto forma di istogrammi penetrometrici ed i parametri tecnici dei terreni indagati sono trascritti su apposite tabelle nell'allegata certificazione di prova (cfr ALL. B).

## 3.2.2.2 Prove di laboratorio

Sono state svolte delle analisi di laboratorio per individuare le caratteristiche dei suolo, in dettaglio sono state effettuate le seguente prove; determinazione del contenuto d'acqua naturale, del peso di volume, l'analisi granulometrica, prova di taglia.

I risultati sono sinteticamente quelli della tabella sotto e meglio descritti nel rapporto di prova del laboratorio che ha effettuato le indagini di laboratorio.

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comune di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - Progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

## RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE

CAMPIONE	PROF. (m)	$\gamma$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$ KN/m <sup>3</sup>	Wn %	Wl %	Wp %	S %	n %	K (cm/s <sup>2</sup> )
SIC1	8,70	20,11		16,01	25,63					4,84E-04
SIC2	10,50	20,49		17,76	15,33					

## RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE

CAMPIONE	PROF. (m)	C'	$\phi'$	C'(Res)	$\phi'$ (Res)	Ic	Eu	E'
		KN/m <sup>2</sup>	gradi	KN/m <sup>2</sup>	gradi		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
SIC1	8,70	0,00	39°			1,20	280	420
SIC2	10,50	0,00	38°					

#### 4. Conclusioni generali

Dall'analisi dei dati e dalle restituzioni numeriche e grafiche ottenute, si evincono i seguenti risultati:

La profondità massima di investigazione ottenuta dalle indagini è stata pari a massimo 30,0 m. dal p.c.

#### 4.1 Prospezioni geofisiche

##### 4.1.1 Prova sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of surface)

L'elaborazione dei dati geofisici della prova attiva MASW ha permesso la restituzione di n° 1 profilo verticale ID del terreno, in termini di velocità delle onde di taglio (Vs), con il quale si può caratterizzare il sottosuolo secondo il D.M. 14/01/08 M.I.T. nei primi 30 m:

n° MASW	Vs30 (m/s)	Categoria di Sottosuolo
1	713,50	B

#### 4.2 Prove di resistenza meccanica

##### 4.2.1 Prova penetrometrica dinamica continua (DPM)

Dall'analisi degli istogrammi penetrometrici è stato riscontrato che vi sono essenzialmente 2 litotipi e che interagiscono con l'opera in progetto. Dal litotipo più superficiale (suolo vegetale) a quello più profondo il valore del Nspt è riportato (come media delle prove effettuate) come segue:

- 1) Litotipo Nspt = ~ 10,30
- 2) Litotipo Nspt = ~ 55,72

I valori dei parametri tecnici degli strati attraversati durante le prove eseguite sono riportati nei seguenti report:

Messina li , 10 ottobre 2014

	REGIONE SICILIANA
	COMUNE DI PALERMO

**ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E LABORATORIO E PROVE SISMICHE PER L'INTERVENTO "PISCINA COMUNALE SCOPERTA - NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"**



**PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI**

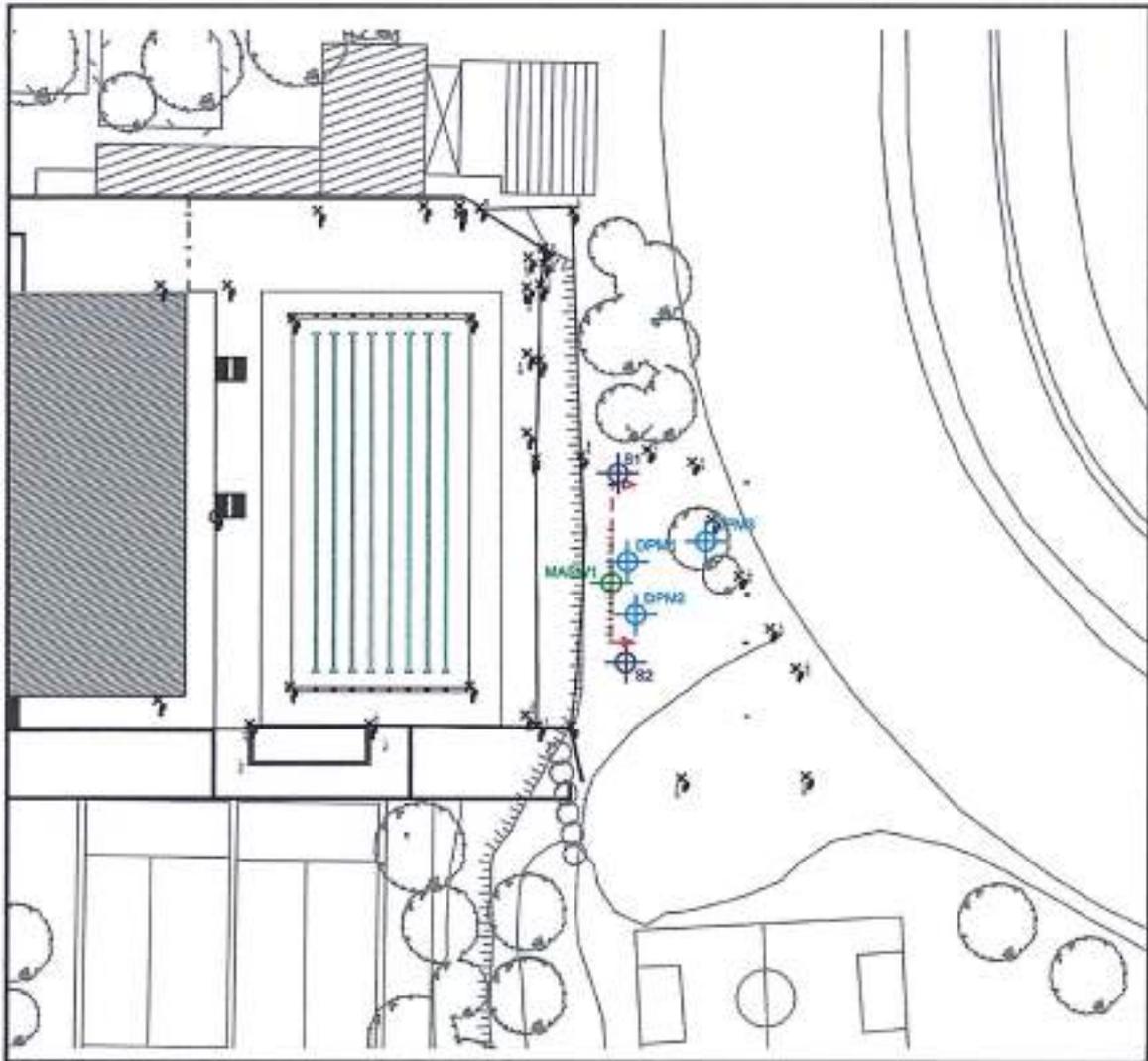
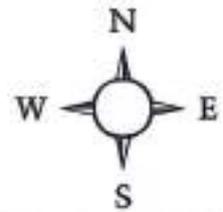
ALL.	DESCRIZIONE	REDATTO	APPR.	LA DITTA ESECUTRICE
A	PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI			
B	CERTIFICATI DI PROVA			
C	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			

IL PRESENTE DOCUMENTO E' CREATO DA Dott. Geol. Gabriele Fiumara A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

Geol. Gabriele FIUMARA  
via Catania n. 164 - 98124 MESSINA  
Tel, 090 2922390 FAX 095 5183233 gabriele.fiumara@pec.it

# UBICAZIONE INDAGINI

## SCALA 1:1000



### LEGENDA

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Ubicazione sondaggio a carotaggio (Altro O.P.)</li> <li> Ubicazione profilo 1D di prove MASW</li> <li> Prova penetrometrica dinamica continua</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Posizione geofoni</li> <li> Sorgente di energizzazione sismica</li> <li> Traccia stendimento MASW</li> </ul> |
|--|--|

Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension, etc	Article No/Reference		
Designed by	Checked by	Approved by_date	Filename	Date	Scale 1:1.000

## UBICAZIONE INDAGINI

Edition  
000      ALL. A

	REGIONE SICILIANA
	COMUNE DI PALERMO

**ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E LABORATORIO E PROVE SISMICHE PER L'INTERVENTO "PISCINA COMUNALE SCOPERTA -NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"**



**CERTIFICATI DI PROVA**

ALL.	DESCRIZIONE	REDATTO		LA DITTA ESECUTRICE
A	PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI	Dot. Geol. G. Fiumara		
B	CERTIFICATI DI PROVA	Dot. Geol. G. Fiumara		
C	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			

IL PRESENTE DOCUMENTO E' CREATO DA Dott. Geol. Gabriele Fiumara A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

Geol. Gabriele FIUMARA  
via Catania n. 164 - 98124 MESSINA  
Tel, 090 2922390 FAX 095 5183233 gabriele.fiumara@pec.it

Comune di Palermo

Servizio di esecuzione di indagini geologiche in sito e laboratorio e prove simili per l'intervento "Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi"

Consistente: Ufficio servizi pubblici a rete di pubblica utilità	Tipo Sonda: CMV MK 420 D	Coordinate: N 38° 9' 0,93"	SONDAGGIO: S1	Certificato n°: 01/2014
Progetto: Piscina comunale scoperta	Prof. raggiunta: 13,50	Coordinate: E 13° 20' 40,68"	Carotaggio: continuo a rotazione	Commessa n°: 01/2014
Località: Palermo presso piscina comunale scoperta	Diam. foro: 101,00	Quota: 38,00	Rivestimento (m): 0,00	Inizio/Fine Esecuzione: 16 luglio 2014
Comune: Palermo	N° Cass. catalog.: 3	N° di foto: 4	Falda (m pc): 0,00	Pagina: 1

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	% Caril. R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Resistività (kg/cm²)	Valore Test (kg/cm²)	Campori	Falda	Picconi / Incisione
0		Suolo vegetale	-0,50	%C=60						
-1		calcareniti friabili immerse in matrice limosa-sabbiosa di colore marrone-bruno								
-2				%C=50						
-3										
-4		calcareniti biancastre	-4,10	%C=50						
-5		calcareniti friabili immerse in matrice limosa-sabbiosa di colore marrone-bruno	-5,00	%C=40						
-6		calcareniti bianco-giallastre	-6,00	%C=45						
-7										
-8										
-9										
-10										
-11										
-12										
-13			-13,00							
-14										
-15										
-16										
-17										
-18										
-19										

Condizionamento foro: no

Operatore Sonda: Gabriele Fumara  
 Resp. Tecnico: Gabriele Fumara  


Comune di Palermo

Servizio di esecuzione di indagini geostatiche in sito e laboratorio e prove statiche per l'intervento "Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi"

Committente: Ufficio servizi pubblici a rete di pubblica utilità	Tipo Sonda: CHV MK 420 D	Coordinate: N 38° 9' 0,30"	SONDAGGIO: S2	Certificato n°: 02/2014
Progetto: Piscina comunale scoperta	Prof. raggiunta: 13,50	Coordinate: E 13° 20' 40,95"	Carotaggio: continuo a rotazione	Commessa n°: 01/2014
Località: Palermo presso piscina comunale scoperta	Diam. foro: 101,00	Quota: 38,30	Rivestimento (m): 0,00	Inizio/Fine Esecuzione: 17 luglio 2014
Comune: Palermo	N° Cass. catalog.: 3	N° di foto: 4	Falda (m pc): 0,00	Pagina: 1

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	% Carb. R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Probetta: litologia	Vase Test: kg/cm²	Campioni	Falda	Rischi / Inclin.
0		suolo vegetale	-0,50	%C=50						
-1		calcareni friabili immerse in matrice limosa-sabbiosa di colore marrone-bruno		%C=20						
-2										
-3										
-4										
-5		calcareni biancastri	-4,70	%C=20						
-6		calcareni bianco-giallastri	-6,00							
-7										
-8										
-9										
-10										
-11				%C=15						
-12										
-13										
-14										
-15			-15,00							
-16										
-17										
-18										
-19										

Condizionamento foro: no

Operatore Sonda: Gen. Gabriele Fiumara  
 Resp. Tecnico: Gen. Gabriele Fiumara



Prot. N°: 0271

Certificato N° 01

Richiedente: Comune di Palermo

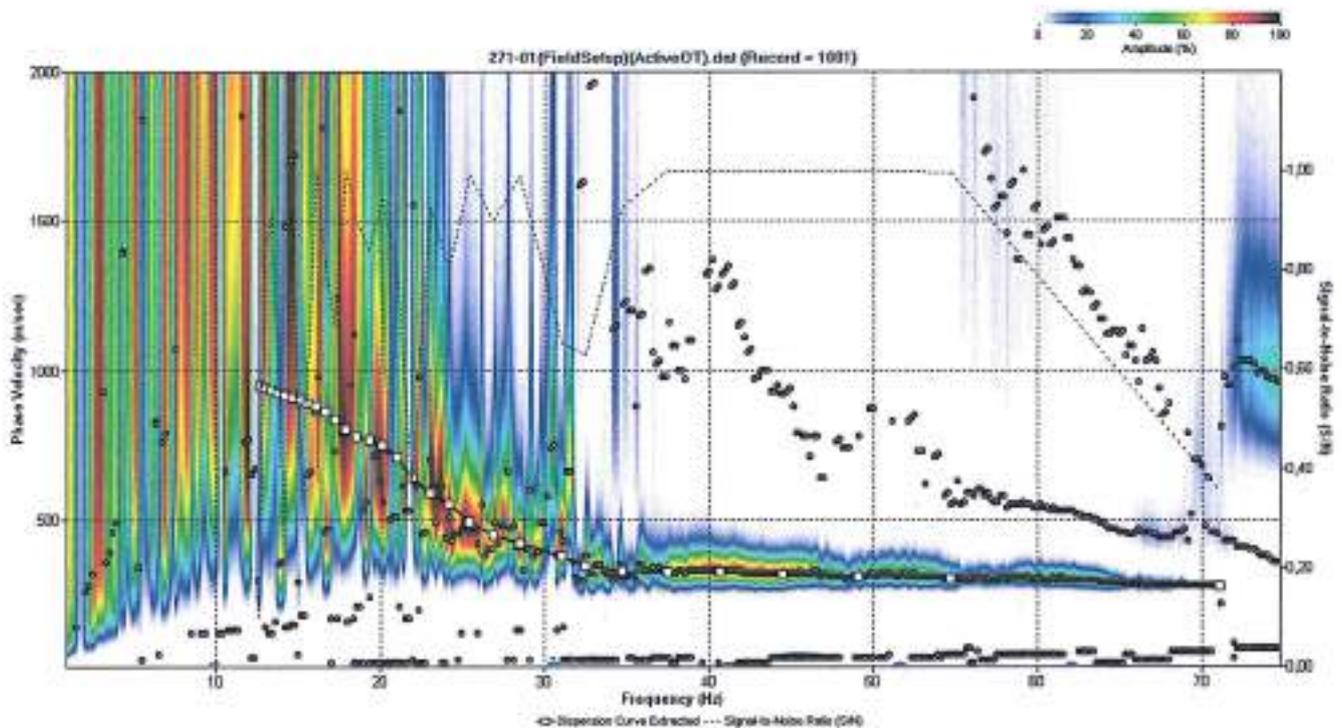
Pagina 1/2

Data inizio e fine prova: 05.08.2014

Rif. Lavoro: ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E LABORATORIO  
E PROVE SISMICHE PER L'INTERVENTO "PISCINA COMUNALE SCOPERTA  
-NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"

Attrezzatura: Sismografo M.A.E A3000S16 Matr. N° M040743

### CERTIFICATO DI PROVA SISMICA ATTIVA MASW\_01



Prot. N°: 0271

Certificato N° 01

Richiedente: Comune di Palermo

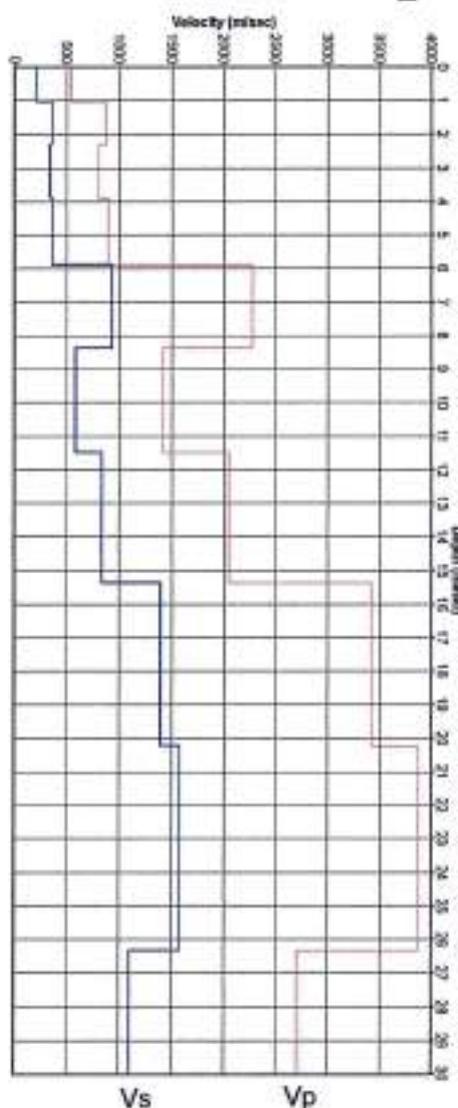
Pagina 2/2

Data inizio e fine prova: 05.08.2014

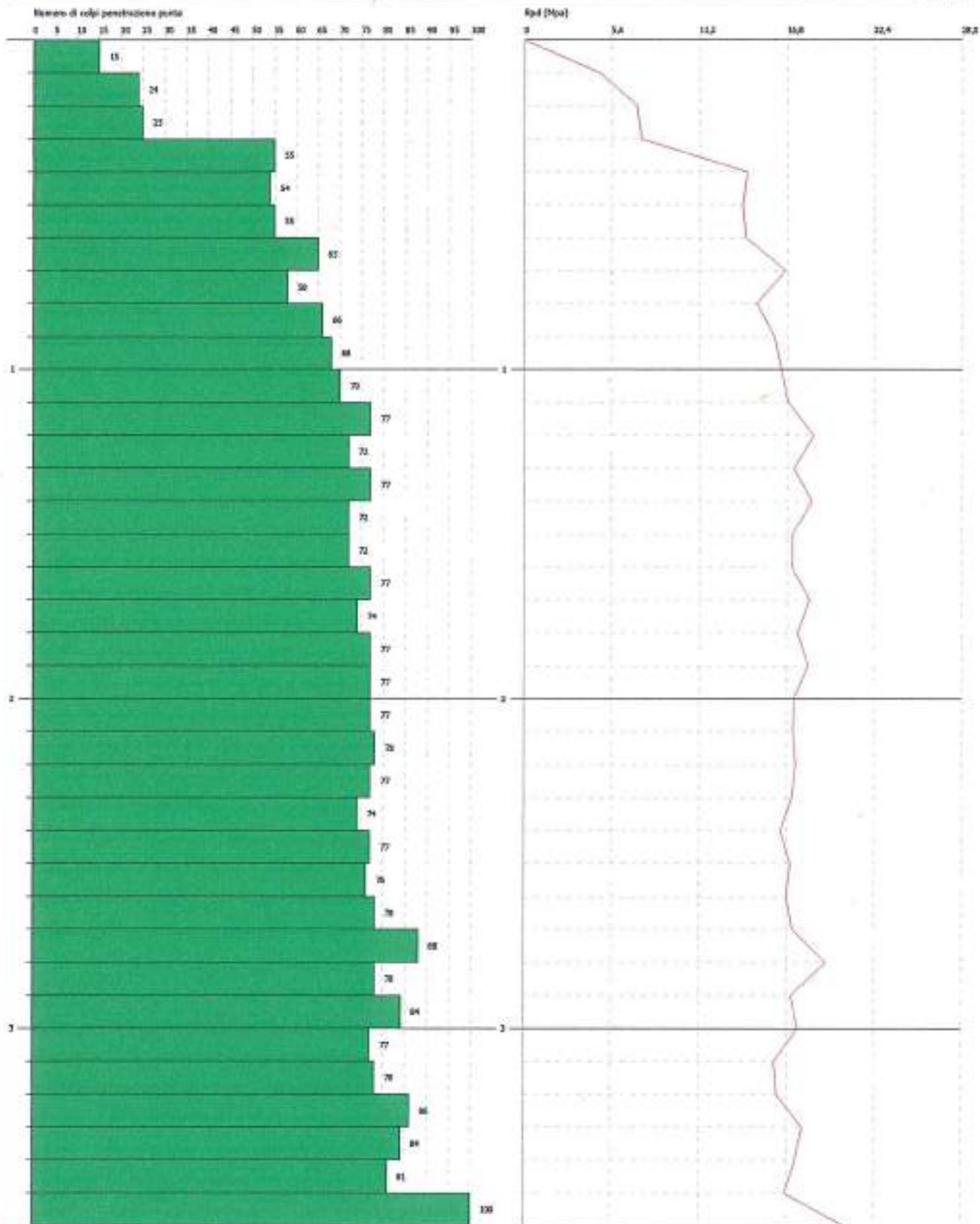
**Rif. Lavoro:** ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E LABORATORIO  
E PROVE SISMICHE PER L'INTERVENTO "PISCINA COMUNALE SCOPERTA  
-NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"

Attrezzatura: Sismografo M.A.E A3000S16 Matr. N° M040743

### CERTIFICATO DI PROVA SISMICA ATTIVA MASW\_01



**Vs30 = 713,50 m/sec**

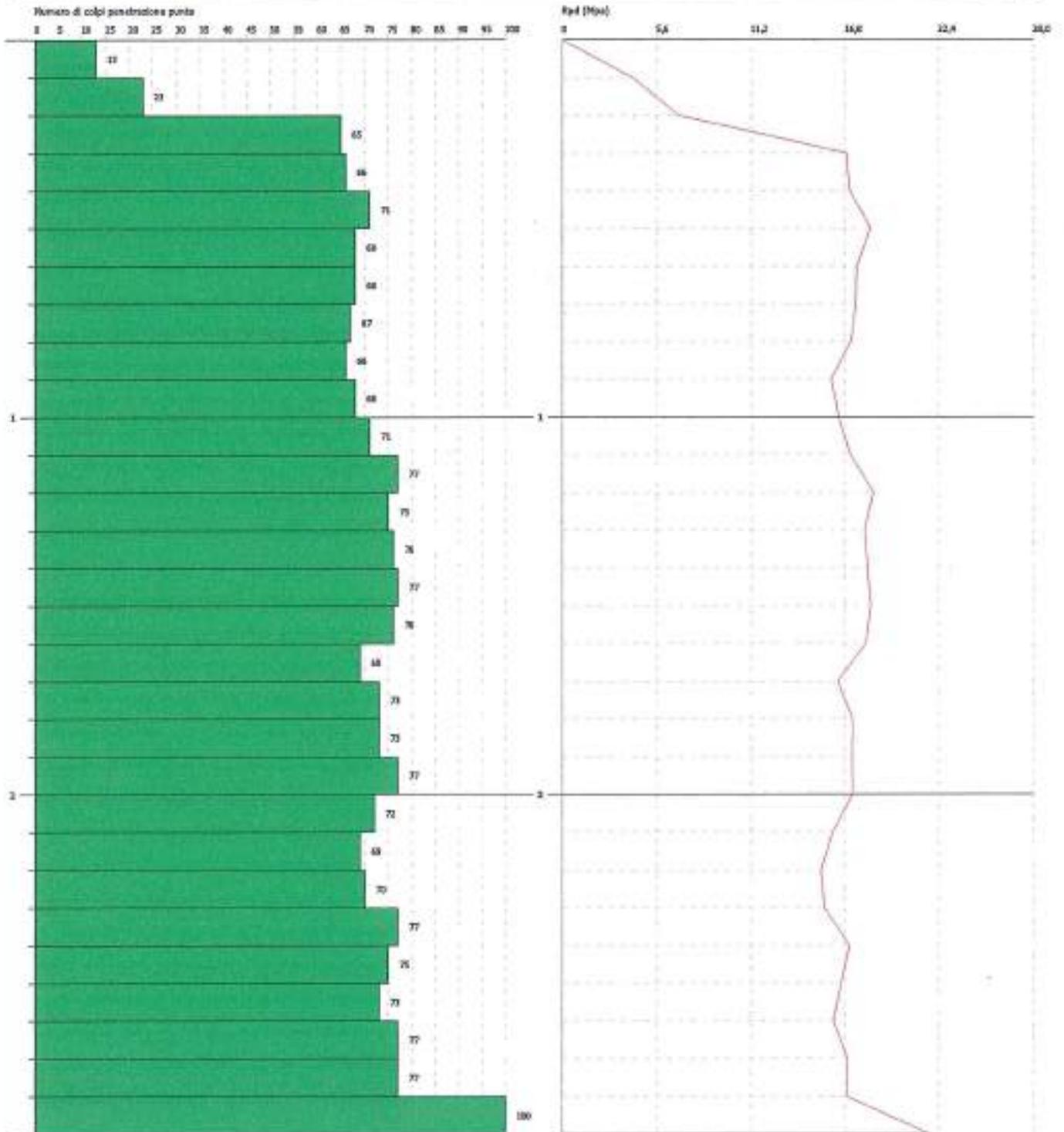


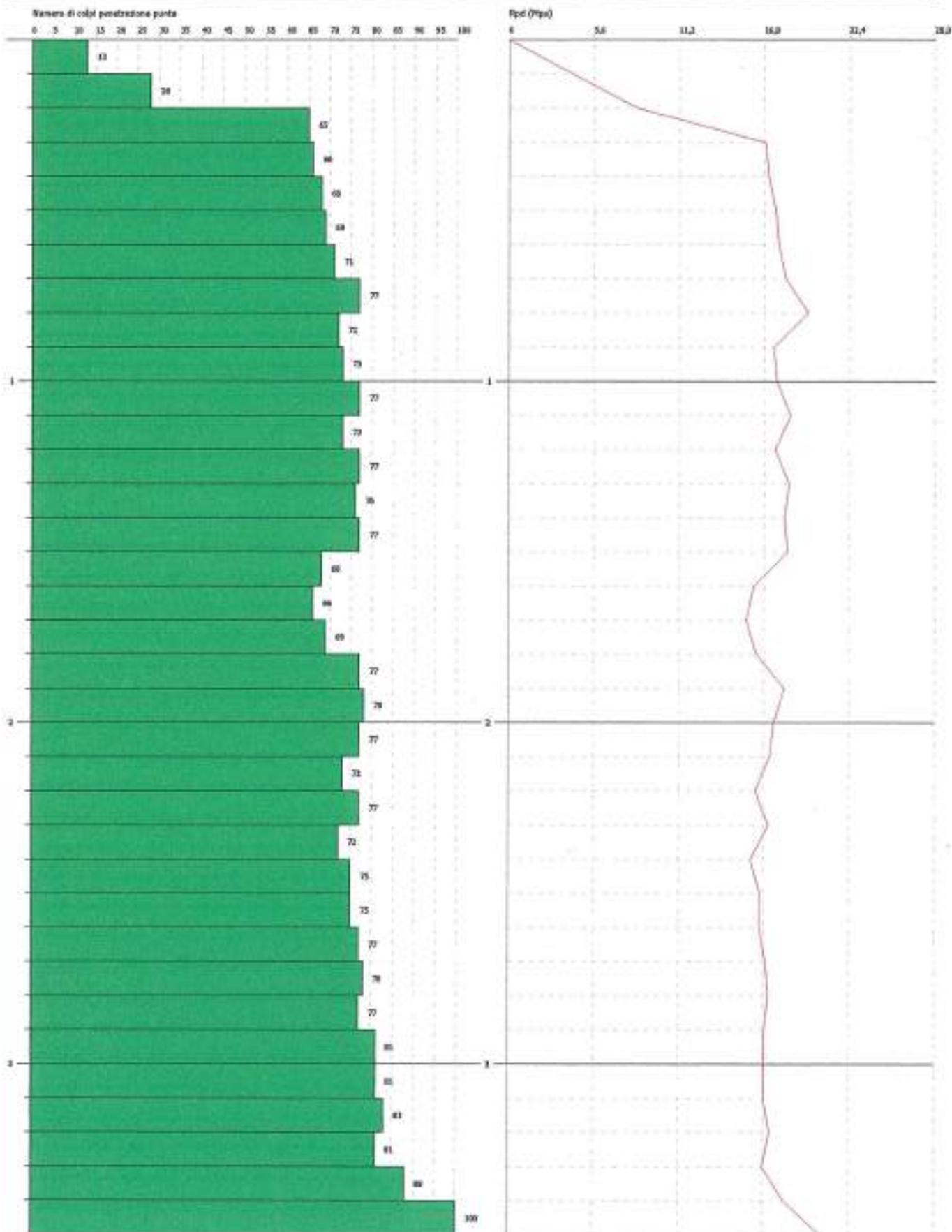
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N.2  
 Strumento utilizzato: PENNY 30

Comitente: Comune di Palermo  
 Cantiere: PROGETTO PER LA NUOVA TRONNA E SERVIZI ANNESSI  
 Località: Piazza scoperta - Palermo

Data: 05/06/2011

Scala 1:10





PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Palermo  
 Cantiere: PROGETTO PER LA NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI  
 Località: Piscina scoperta -Palermo

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,90 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coef. Correlazione	0,765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

OPERATORE  
 Geol. Gabriele Finfara




RESPONSABILE  
 Geol. Gabriele Finfara




**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

**penetrometri in uso in Italia**

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta$  = 10 cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
 massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- $M$  = peso massa battente;
- $M'$  = peso aste;
- $H$  = altezza di caduta;
- $A$  = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e \cdot (M + P)} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{A \cdot \delta \cdot (M + P)}$$

- $R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );
- $e$  = infissione media per colpo ( $\delta / N$ );
- $M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ );
- $P$  = peso totale aste e sistema battuta.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### **Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### **Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda**

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

*N<sub>spt</sub>* è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

#### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi), N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### Modulo Di Young ( $E_p$ )

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### Sino di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

#### Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ( $N_{spt} = 0$ ) a 1,99 ( $N_{spt} = 95$ )

**Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

**Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981 : Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

**Velocità onde di taglio  $V_s$  (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

**Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Inai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

**Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

**Correlazioni geotecniche terreni coesivi****Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  . Elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Hegemann.
- De Beer.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

**Modulo Edometrico-Confinato ( $M_0$ )**

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato  $-M_0$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt}=6-12$ ).

*Modulo Di Young (E<sub>y</sub>)*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

*Stato di consistenza*

- Classificazione A.G.I. 1977

*Peso di Volume Gamma*

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

*Peso di volume saturo*

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )

## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

PENNY 30  
 05/08/2014  
 3,60 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	15	0,807	4,81	5,96	240,51	298,18
0,20	24	0,755	7,20	9,54	360,02	477,08
0,30	25	0,753	7,48	9,94	374,06	496,96
0,40	55	0,651	14,23	21,87	711,49	1093,31
0,50	54	0,649	13,93	21,47	696,52	1073,43
0,60	55	0,647	14,15	21,87	707,38	1093,31
0,70	65	0,645	16,67	25,84	833,60	1292,09
0,80	58	0,643	14,83	23,06	741,73	1152,94
0,90	66	0,642	16,83	26,24	841,67	1311,97
1,00	68	0,640	16,41	25,65	820,43	1282,41
1,10	70	0,638	16,84	26,40	842,24	1320,13
1,20	77	0,636	18,48	29,04	923,95	1452,14
1,30	72	0,635	17,23	27,16	861,63	1357,84
1,40	77	0,633	18,38	29,04	919,01	1452,14
1,50	72	0,631	17,14	27,16	857,07	1357,84
1,60	72	0,630	17,10	27,16	854,84	1357,84
1,70	77	0,628	18,24	29,04	911,84	1452,14
1,80	74	0,626	17,48	27,91	874,08	1395,56
1,90	77	0,625	18,14	29,04	907,22	1452,14
2,00	77	0,623	17,22	27,63	860,81	1381,30
2,10	77	0,622	17,17	27,63	858,68	1381,30
2,20	78	0,620	17,35	27,98	867,70	1399,24
2,30	77	0,619	17,09	27,63	854,51	1381,30
2,40	74	0,617	16,39	26,55	819,25	1327,49
2,50	77	0,616	17,01	27,63	850,45	1381,30
2,60	76	0,614	16,75	27,27	837,44	1363,36
2,70	78	0,613	17,15	27,98	857,49	1399,24
2,80	88	0,611	19,30	31,57	965,21	1578,63
2,90	78	0,610	17,07	27,98	853,59	1399,24
3,00	84	0,609	17,49	28,74	874,54	1436,79
3,10	77	0,607	16,00	26,34	799,89	1317,06
3,20	78	0,606	16,17	26,68	808,50	1334,16
3,30	86	0,605	17,79	29,42	889,50	1471,00
3,40	84	0,603	17,34	28,74	866,96	1436,79
3,50	81	0,602	16,68	27,71	834,23	1385,47
3,60	100	0,601	20,56	34,21	1027,77	1710,46

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

## TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (t/mq)
Strato 1	11,47	0,10	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	9,45
Strato 2	55,89	3,60	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29,

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
--	------	------------------	--------------	----------

Strato 1	11,47	0,10	Robertson (1983)	2,25
Strato 2	55,89	3,60	Robertson (1983)	10,96

**Modulo Edometrico non drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	11,47	0,10	Stroud e Butler (1975)	15,16
Strato 2	55,89	3,60	Stroud e Butler (1975)	281,15

**Modulo Edometrico drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	11,47	0,10	Stroud e Butler (1975)	22,16
Strato 2	55,89	3,60	Stroud e Butler (1975)	421,88

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	11,47	0,10	Apollonia	11,25
Strato 2	55,89	3,60	Apollonia	54,81

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	11,47	0,10	Apollonia	0,73
Strato 2	55,89	3,60	Apollonia	1,19

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	11,47	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	55,89	3,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	11,47	0,10	Meyerhof ed altri	19,71
Strato 2	55,89	3,60	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	11,47	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	55,89	3,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52

**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

PENNY 30  
 05/08/2014  
 2,90 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda	Res. dinamica ridotta	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione	Pres. ammissibile Herminier -
----------------	-----------	--------------------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------------------

		Chi	(Mpa)		Herminier - Olandesi (KPa)	Olandesi (KPa)
0,10	13	0,807	4,17	5,17	208,44	258,42
0,20	23	0,755	6,90	9,14	345,02	457,20
0,30	65	0,653	16,87	25,84	843,34	1292,09
0,40	66	0,651	17,08	26,24	853,79	1311,97
0,50	71	0,649	18,32	28,23	915,80	1411,36
0,60	68	0,647	17,49	27,03	874,58	1351,73
0,70	68	0,645	17,44	27,03	872,08	1351,73
0,80	67	0,643	17,14	26,64	856,82	1331,85
0,90	66	0,642	16,83	26,24	841,67	1311,97
1,00	68	0,640	16,41	25,65	820,43	1282,41
1,10	71	0,638	17,09	26,78	854,27	1338,99
1,20	77	0,636	18,48	29,04	923,95	1452,14
1,30	75	0,635	17,95	28,29	897,53	1414,42
1,40	76	0,633	18,14	28,67	907,07	1433,28
1,50	77	0,631	18,33	29,04	916,59	1452,14
1,60	76	0,630	18,05	28,67	902,33	1433,28
1,70	69	0,628	16,34	26,03	817,10	1301,27
1,80	73	0,626	17,25	27,53	862,27	1376,70
1,90	73	0,625	17,20	27,53	860,09	1376,70
2,00	77	0,623	17,22	27,63	860,81	1381,30
2,10	72	0,622	16,06	25,83	802,92	1291,61
2,20	69	0,620	15,35	24,76	767,58	1237,79
2,30	70	0,619	15,54	25,11	776,82	1255,73
2,40	77	0,617	17,05	27,63	852,46	1381,30
2,50	75	0,616	16,57	26,91	828,36	1345,42
2,60	73	0,614	16,09	26,19	804,38	1309,55
2,70	77	0,613	16,93	27,63	846,49	1381,30
2,80	77	0,611	16,89	27,63	844,56	1381,30
2,90	100	0,610	21,89	35,88	1094,35	1793,90

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (t/mq)
Strato 1	9,94	0,10	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1,71
Strato 2	54,54	2,90	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29,00

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Robertson (1983)	1,95
Strato 2	54,54	2,90	Robertson (1983)	10,70

**Modulo Edometrico non drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	70,28
Strato 2	54,54	2,90	Stroud e Butler (1975)	562,47

**Modulo Edometrico drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	47,47

Strato 2	54,54	2,90	Stroud e Butler (1975)	324,54
----------	-------	------	------------------------	--------

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	9,75
Strato 2	54,54	2,90	Apollonia	53,49

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	0,20
Strato 2	54,54	2,90	Apollonia	1,21

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,94	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	54,54	2,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Meyerhof ed altri	19,32
Strato 2	54,54	2,90	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	54,54	2,90	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato... PENNY 30  
 Prova eseguita in data 05/08/2014  
 Profondità prova 3,50 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	13	0,807	4,17	5,17	208,44	258,42
0,20	28	0,755	8,40	11,13	420,02	556,59
0,30	65	0,653	16,87	25,84	843,34	1292,09
0,40	66	0,651	17,08	26,24	853,79	1311,97
0,50	68	0,649	17,54	27,03	877,10	1351,73
0,60	69	0,647	17,75	27,43	887,44	1371,61
0,70	71	0,645	18,21	28,23	910,55	1411,36
0,80	77	0,643	19,69	30,61	984,71	1530,63
0,90	72	0,642	18,36	28,62	918,19	1431,24
1,00	73	0,640	17,62	27,53	880,75	1376,70
1,10	77	0,638	18,53	29,04	926,46	1452,14
1,20	73	0,636	17,52	27,53	875,95	1376,70

1,30	77	0,635	18,43	29,04	921,46	1452,14
1,40	76	0,633	18,14	28,67	907,07	1433,28
1,50	77	0,631	18,33	29,04	916,59	1452,14
1,60	68	0,630	16,15	25,65	807,34	1282,41
1,70	66	0,628	15,63	24,89	781,58	1244,69
1,80	69	0,626	16,30	26,03	815,02	1301,27
1,90	77	0,625	18,14	29,04	907,22	1452,14
2,00	78	0,623	17,44	27,98	871,98	1399,24
2,10	77	0,622	17,17	27,63	858,68	1381,30
2,20	73	0,620	16,24	26,19	812,08	1309,55
2,30	77	0,619	17,09	27,63	854,51	1381,30
2,40	72	0,617	15,94	25,83	797,11	1291,61
2,50	75	0,616	16,57	26,91	828,36	1345,42
2,60	75	0,614	16,53	26,91	826,42	1345,42
2,70	77	0,613	16,93	27,63	846,49	1381,30
2,80	78	0,611	17,11	27,98	855,53	1399,24
2,90	77	0,610	16,85	27,63	842,65	1381,30
3,00	81	0,609	16,87	27,71	843,30	1385,47
3,10	81	0,607	16,83	27,71	841,44	1385,47
3,20	83	0,606	17,21	28,39	860,33	1419,68
3,30	81	0,605	16,76	27,71	837,79	1385,47
3,40	88	0,603	18,16	30,10	908,24	1505,21
3,50	100	0,602	20,60	34,21	1029,92	1710,46

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (t/mq)
Strato 1	9,94	0,10	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	6,08
Strato 2	56,75	3,50	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29,00

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Robertson (1983)	1,95
Strato 2	56,75	3,50	Robertson (1983)	11,13

**Modulo Edometrico non drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	106,22
Strato 2	56,75	3,50	Stroud e Butler (1975)	414,36

**Modulo Edometrico drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	71,25
Strato 2	56,75	3,50	Stroud e Butler (1975)	276,25

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	9,75
Strato 2	56,75	3,50	Apollonia	55,65

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	0,55
Strato 2	56,75	3,50	Apollonia	2,33

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,94	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	56,75	3,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Meyerhof ed altri	19,32
Strato 2	56,75	3,50	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	56,75	3,50	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52

	REGIONE SICILIANA
	COMUNE DI PALERMO

**ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E LABORATORIO E PROVE SISMICHE PER L'INTERVENTO "PISCINA COMUNALE SCOPERTA - NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

ALL.	DESCRIZIONE	REDATTO	APPR.	LA DITTA ESECUTRICE
A	PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI	Dott. Geol.G. Fiumara	Dott. Geol.G. Fiumara	<b>GABRIELE FIUMARA</b> Via Catania n° 164 98124 Messina P.F.: FMR GRL 74634F158N P.IVA: 02146620882
B	CERTIFICATI DI PROVA	Dott. Geol.G. Fiumara	Dott. Geol.G. Fiumara	
C	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			

IL PRESENTE DOCUMENTO E' CREATO DA Dott. Geol. Gabriele Fiumara A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

Geol. Gabriele FIUMARA  
 via Catania n. 164 - 98124 MESSINA  
 Tel, 090 2922390 FAX 095 5183233 gabriele.fiumara@pec.it

Sondaggio: **S1**  
Committente: **COMUNE DI PALERMO**  
Progetto: **PISCINA COMUNALE SCOPERTA -  
PROGETTO PER LA NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"**

Certificato: **A01-2014**  
Commessa: **Appalto 2014**  
Data: **16 Luglio 2014**

Località: **Piscina comunale scoperta - Palermo**



Sondaggio: **S2**  
Committente: **COMUNE DI PALERMO**  
Progetto: **PISCINA COMUNALE SCOPERTA -  
PROGETTO PER LA NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"**

Certificato: **A01-2014**  
Commessa: **Appalto 2014**

Data: **17 Luglio 2014**

Località: **Piscina comunale scoperta - Palermo**

pag. 1 / 1



Sondaggio: **MASW - PENETROMETRICHE**  
Committente: **COMUNE DI PALERMO**  
Progetto: **PISCINA COMUNALE SCOPERTA -  
PROGETTO PER LA NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI"**

Certificato: **A01-2014**  
Commessa: **Appalto 2014**

Data: **05 Agosto 2014**

Località: **Piscina comunale scoperta - Palermo**

pag. 1 / 1





eocima

s.a.s. di Cibella Carlo e C.

**Laboratorio di  
Geologia Tecnica**

## Prove di Laboratorio

**COMUNE DI PALERMO**

- Piscina comunale scoperta -

Progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

**COMMITTENTE:** *Ditta Fiumara Gabriele*

13 Ottobre 2014

  
**GABRIELE FIUMARA**  
Via Catania n° 164  
90121 Mascherano  
C.F.: FMBGR12L03 F168N  
D.W.A. 02146620832

**Il Direttore Tecnico**  
Dott. Geol. Carlo Cibella



**GEOCIMA s.a.s. - Laboratorio di Geologia Tecnica - Via Borremans, 36 - 90145 - Palermo**  
Tel/Fax 0916824940 – Email: [geocimasnc@tiscali.it](mailto:geocimasnc@tiscali.it) - P.I. 04405870827

Concessione n° 0005593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto del

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per prove sui terreni (settore A)

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n° Q-1485-13

Nel mese di Ottobre dell'anno 2014 sono pervenuti al laboratorio complessivamente n° 2 campioni indisturbati costituiti di terra contenuti in fustelle metalliche ermeticamente sigillate.

Dietro indicazione della ditta committente sono state effettuate le seguenti analisi e le prove di laboratorio necessarie per definire sia i parametri fisici che meccanici:

- Descrizione macroscopica del campione;
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale per essiccamento in stufa;
- Determinazione del Peso dell'Unità di Volume mediante fustella tarata di diametro pari a 38 mm;
- Determinazione della composizione granulometrica mediante stacciatura per via umida del materiale trattenuto allo staccio n° 200 della serie ASTM ( $\varnothing=0,075$  mm); per il passante è stata eseguita la determinazione tramite il metodo del densimetro;
- Prova di taglio diretto del tipo consolidata drenata (CD);
- Prova di permeabilità a carico costante

• La determinazione del contenuto d'acqua (**W<sub>n</sub>**) è stata realizzata secondo una media effettuata su tre prove, sottoponendo una quantità nota del campione ad essiccamento in stufa a 105°.

La normativa di riferimento è la ASTM D-2216 e CNR-UNI 10008.

• Il Peso di Volume ( $\gamma$ ) è stato calcolato mediante una fustella di acciaio a volume noto, secondo una media effettuata su tre prove. La normativa di riferimento è la BS 1377: 1990

• L'analisi granulometrica è stata realizzata tramite vagliatura meccanica per la porzione di terra avente grana di dimensione superiore a 0,075 mm, invece per il materiale avente diametro inferiore viene riservata l'analisi per sedimentazione con il metodo del densimetro.

La serie di setacci utilizzata è ASTM D 422 ed UNI 8520.

Per il materiale fine è stata eseguita una procedura per via umida secondo la normativa ASTM D 2217 - Metodo A, seguendo le indicazioni di Bowles (1978).

• La prova di taglio è stata realizzata con l'apparecchio di Casagrande su tre provini quadrati aventi altezza di 2 cm e diametro di 6 cm; la fase di consolidazione si è protratta per 24 h,

sino al raggiungimento della consolidazione secondaria.

La velocità di rottura è stata scelta tenendo conto del tempo di consolidazione del materiale di prova; sono stati analizzati i tempi relativi al 50% ed al 100% della consolidazione, valori che hanno permesso di risalire alla velocità necessaria per raggiungere la rottura utilizzando le formule proposte da Bowles (1970), Ladd (1971) e Gibson ed Henkel (1954).

I carichi applicati durante la fase di consolidazione sono stati compresi tra circa 98 e circa 292 KN/m<sup>2</sup> (= tra circa 1 e 3 Kg/cm<sup>2</sup>).

La normativa di riferimento è la ASTM D 3080-72.

- Per eseguire la prova di permeabilità, preliminarmente, il campione è stato disposto all'interno del permeametro in tre strati ognuno dei quali è stato compattato utilizzando il metodo per vibrazione. Il carico idraulico costante è stato impresso tramite l'uso di un recipiente posto ad un'altezza di 270 cm. La prova è stata condotta impiegando un cilindro graduato ad alta precisione che ha permesso di misurare il volume di acqua che filtrava lungo il campione nell'unità di tempo. Sono state prese una serie di misure fino a quando le letture raggiungevano valori costanti.

La normativa di riferimento è la AASHTO T 215-70, ASTM D 2434-68, BS1377: Part5: 1990.

Nelle pagine seguenti sono stati riportati i seguenti elaborati:

- Elenco delle prove eseguite;
- Tabella delle caratteristiche fisiche dei campioni
- Certificati delle singole prove ed analisi.

Palermo, 13 Ottobre 2014

**Il Direttore Tecnico del Laboratorio**



## ELENCO DELLA SIMBOLOGIA UTILIZZATA

DESCRIZIONE	SIMBOLO	UNITA' di MISURA
Peso specifico	$\gamma_s$	$KN/m^3$
Peso dell'Unità di Volume	$\gamma$	$KN/m^3$
Peso dell'Unità di Volume all'inizio della prova	$\gamma_i$	$KN/m^3$
Peso dell'Unità di Volume alla fine della prova	$\gamma_f$	$KN/m^3$
Peso secco dell'unità di volume	$\gamma_d$	$KN/m^3$
Contenuto naturale d'acqua	<b>W<sub>n</sub></b>	%
Contenuto naturale d'acqua all'inizio della prova	<b>W<sub>i</sub></b>	%
Contenuto naturale d'acqua alla fine della prova	<b>W<sub>f</sub></b>	%
Limite di Liquidità	<b>W<sub>l</sub></b>	%
Limite di Plasticità	<b>W<sub>p</sub></b>	%
Indice di Plasticità	<b>I<sub>p</sub></b>	%
Indice di Consistenza	<b>I<sub>c</sub></b>	-
Indice dei vuoti	<b>e</b>	-
Indice dei vuoti all'inizio della prova	<b>e<sub>o</sub></b>	-
Porosità	<b>n</b>	%
Coefficiente di saturazione	<b>S</b>	%
Coesione drenata	<b>c'</b>	$KN/m^2$
Coesione non drenata	<b>C<sub>u</sub></b>	$KN/m^2$
Angolo di attrito interno in condizioni drenate	$\phi'$	Gradi
Angolo di attrito interno in condizioni non drenate	$\phi_u$	Gradi
Tensione tangenziale	$\tau$	$KN/m^2$
Tensione normale	$\sigma$	$KN/m^2$
Deformazione orizzontale	<b><math>\epsilon - \delta</math></b>	% - mm
Resistenza a compressione non confinata	<b>Q<sub>max</sub></b>	$KN/m^2$
Indice di resistenza normalizzato	<b>I<sub>s</sub> (50)</b>	$KN/m^2$
Modulo edometrico	<b>E<sub>d</sub></b>	$KN/m^2$
Indice di compressibilità	<b>A<sub>v</sub></b>	$m^2/KN$
Coefficiente di compressibilità di volume	<b>M<sub>v</sub></b>	$m^2/KN$
Coefficiente di consolidazione	<b>C<sub>v</sub></b>	$m^2/KN$
Coefficiente di permeabilità	<b>K</b>	cm/sec

GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.



geocima

**Laboratorio di analisi geotecniche**

Concessione N° 0005593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto

Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)

Sede legale ed operativa: Via Borremans 36 - 90145 Palermo -

P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0916824940

email: [geocimasnc@tiscali.it](mailto:geocimasnc@tiscali.it) sito web: [www.geocima.it](http://www.geocima.it)

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n° Q-1485-13

## ELENCO DELLE PROVE ESEGUITE

**COMMITTENTE:** Ditta Fiumara Gabriele

**LOCALITA':** Comune di Palermo

**PROGETTO:** Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

**DATA RICEV. CAMPIONI:** 02/10/2014

**DATA EMISS. CERTIF.:** 13/10/2014

**N° PROT.:** 23/14

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROF. (m)	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$W_n$	WI - Wp	Analisi granul.	Taglio CD	Prova di taglio Residuo	Compressione Edometrica	Compressione Triassiale	Prova di permeabilità	E.L.L.	Classificazione funzionale
S1	C1	8.70	*	*		*		*	*				*		
S1	C2	10.50	*	*		*			*						

# GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.

 **eocima**  
Laboratorio di analisi geotecniche  
Concessione N° 000 5593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto  
Ministero Infrastruttura e Trasporti per prove sui terreni (settore A)  
Sede legale ed operativa: Via Borremans 36 - 90145 Palermo -  
P.IVA 04405670827 - Tel/Fac: 0916824940  
email: [geocimasnc@tiscali.it](mailto:geocimasnc@tiscali.it) sito web: [www.geocima.it](http://www.geocima.it)

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n° Q-1485-13

COMMITTENTE : **Ditta Fiumara Gabriele**

LOCALITA' : **Comune di Palermo**

PROGETTO : **Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi**

Data ricevimento camp: 2/10/14

Data emissione certificati: 13/10/14

N° verb. accett.: 23/14

## RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE

CAMPIONE	PROF. (m)	$\gamma$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$ KN/m <sup>3</sup>	W <sub>n</sub> %	W <sub>I</sub> %	W <sub>p</sub> %	S %	n %
SIC1	8.70	20.11		16.01	25.63				
SIC2	10.50	20.49		17.76	15.33				





**GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.**

Laboratorio di analisi geotecniche  
 Concessione N°000 5563 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (art.10/A)  
 Sede legale ed operativa: Via Bonomaria 35 - 90145 Palermo -  
 P. IVA 04405670827 - Tel/Fax: 0916624940  
 email: geocimano@cibella.it sito web: www.geocima.it

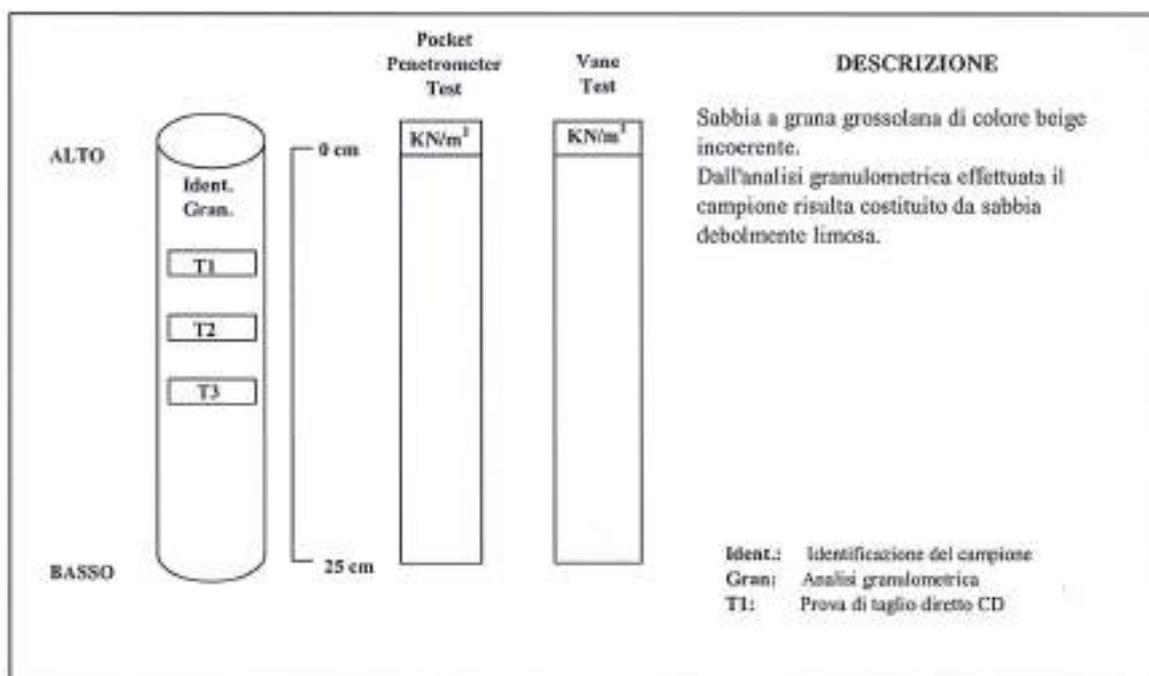
Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n° Q-1485-13

Certificato n° 6626 del 13/10/14 Pag 2/2  
 COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comune di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi  
 SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C1 PROFONDITA' : 8.70 m

Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecuz. prova : 02/08/2014 N° verb. accett.: 23/14

**IDENTIFICAZIONE CAMPIONE**

Normativa di riferimento: ASTM D 2487-06, ASTM D 2488-00; Raccomandazioni AGI 1977



Lo Sperimentatore  
 Il Direttore del laboratorio



**GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.**

Laboratorio di analisi geotecniche  
Concessione N°005 5993 del 25/08/2010 ai sensi del Decreto  
Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (sebbene A)  
Sede legale ed operativa: Via Bonmarino 36 - 90145 Palermo -  
P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0918824940  
email: geocimainc@tiscali.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n°Q-1485-13

Certificato n° 6627 del 13/10/14 Pag 1/1

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele

LOCALITA' : Comune di Palermo

PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C1 PROFONDITA' : 8,70 m

Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecuz. prova : 9/10/14 N° verb. accett.: 23/14

### DETERMINAZIONE DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Normativa di riferimento: BS 1377-90

	Tara (mmN)	Volume fustella (cm <sup>3</sup> )	Peso umido lordo (mmN)
Campione 1	815.52	59.23	1966.72
Campione 2	815.52	59.23	2022.62
Campione 3	815.52	59.23	2030.66

	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_1$	19.436
$\gamma_2$	20.380
$\gamma_3$	20.516

$\gamma$  medio: 20.111 KN/m<sup>3</sup>

### DETERMINAZ. DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

Normativa di riferimento: ASTM D 2216-05; CNR-UNI 10008:1963;  
UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005

Data esecuz. prova : 2/10/14

	Tara (mmN)	Peso umido lordo (mmN)	Peso secco lordo (mmN)	Wn (%)
Campione 1	60.11	2242.68	255.92	26.096
Campione 2	59.92	2338.69	248.51	25.341
Campione 3	60.02	2354.58	249.46	25.438

Wn medio: 25.625 %

(1 gr = 9,8 mmN)

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



# GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.



eocima

Laboratorio di analisi geotecniche  
Concessione N°000590 del 25/05/2010 ai sensi del Decreto  
Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)  
Sede legale ed operativa: Via Bonamano 36 - 90145 Palermo -  
P.IVA 04405570827 - Tel/fax: 0918024940  
email: geocimainfo@geocima.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQR Italia n°Q-1485-13

Certificato n° 6628 del 13/10/14 Pag 2/2

COMMITTENTE : **Ditta Fiumara Gabriele**

LOCALITA' : **Comune di Palermo**

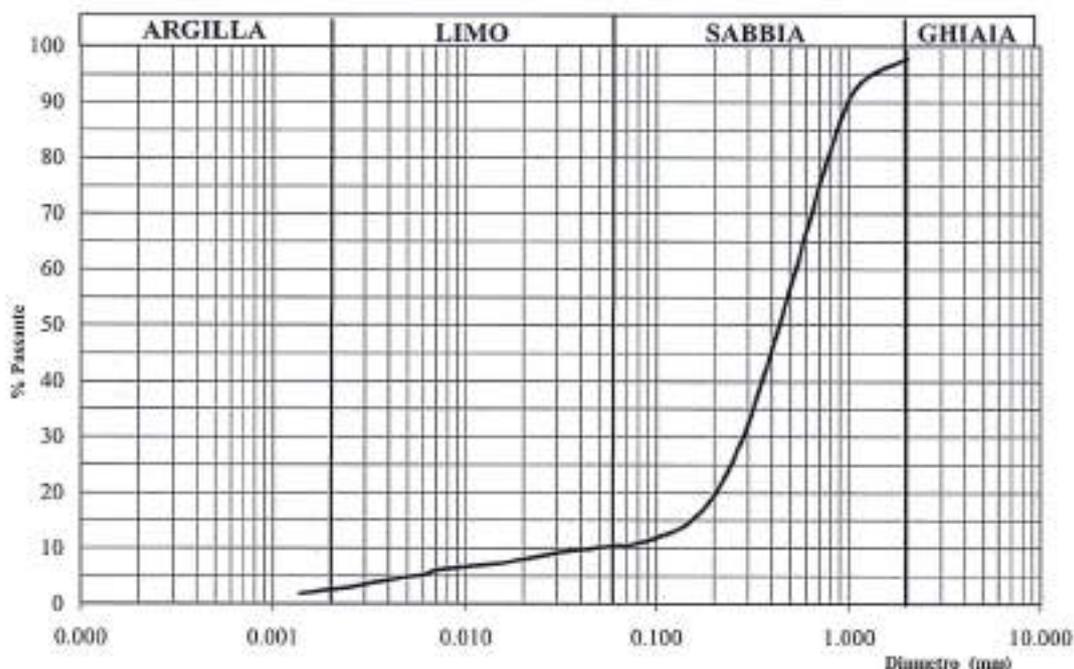
PROGETTO : **Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi**

SONDAGGIO : **S1**                      CAMPIONE : **C1**                      PROFONDITA' : **8.70 m**

Data ricevimento camp: 2/10/14                      Data esecuz. prova : 7/10/14                      N° verb. accett.: 23/14

## ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento: ASTM D 422-63 (2002) e1: UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005;  
ASTM D 1140 ; densimetro utilizzato serie: ASTM 151 H a 68° F



Ghiaia:	2.11	%
Sabbia:	87.39	%
Limo:	7.98	%
Argilla:	2.52	%

Percentuale del passante al setaccio 200 (75 µ) = 10.69%

Classificazione ai sensi della norma AGI 1977: **sabbia debolmente limosa**

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato n° 6629 del 13/10/14 Pag 1/4

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele

LOCALITA' : Comune di Palermo

PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C1 PROFONDITA' : 8.70 m

Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecuz. prova : 9/10/14 N° verb. accet.: 23/14

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005

#### Caratteristiche iniziali dei provini

PROVINO		A	B	C
Forma		Cilindrica	Cilindrica	Cilindrica
Volume	cm <sup>3</sup>	59.23	59.23	59.23
Sezione	cm <sup>2</sup>	31.17	31.17	31.17
Diametro	cm	6.3	6.3	6.3
Altezza	cm	1.9	1.9	1.9

#### PROVA DI CONSOLIDAZIONE

PROVINO	A	B	C
Carico verticale (KN/m <sup>2</sup> )	99.41	199.02	292.65
Durata della consolidazione	24 h	24 h	24 h
Deformazione verticale (mm)	0.855	1.368	2.862

#### PROVA DI TAGLIO - CD -

PROVINO	A	B	C
Velocità di deformazione (mm/min)	0.008	0.008	0.008

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Provino	$\gamma$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$ KN/m <sup>3</sup>	S (%)	n <sub>i</sub> (%)	e <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> (%)	W <sub>r</sub> (%)
A	19.43	-	-	-	-	-	-
B	20.37	-	-	-	-	-	-
C	20.51	-	-	-	-	-	-

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore

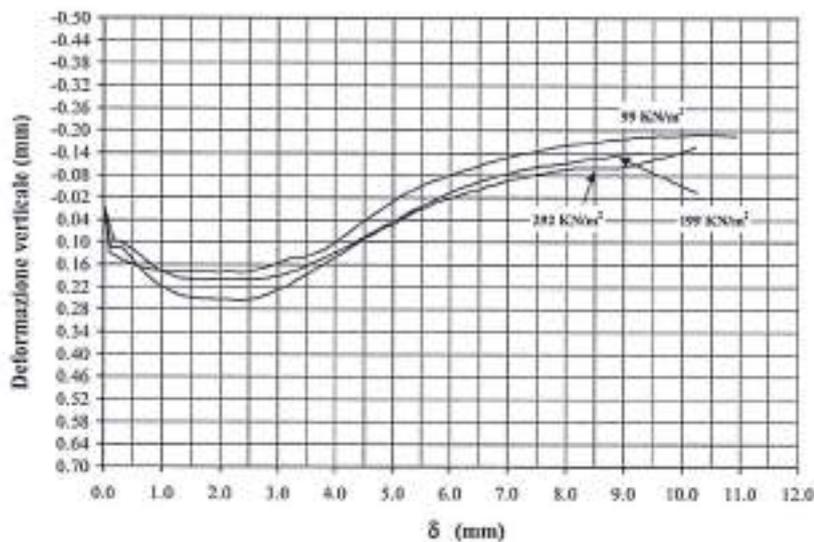
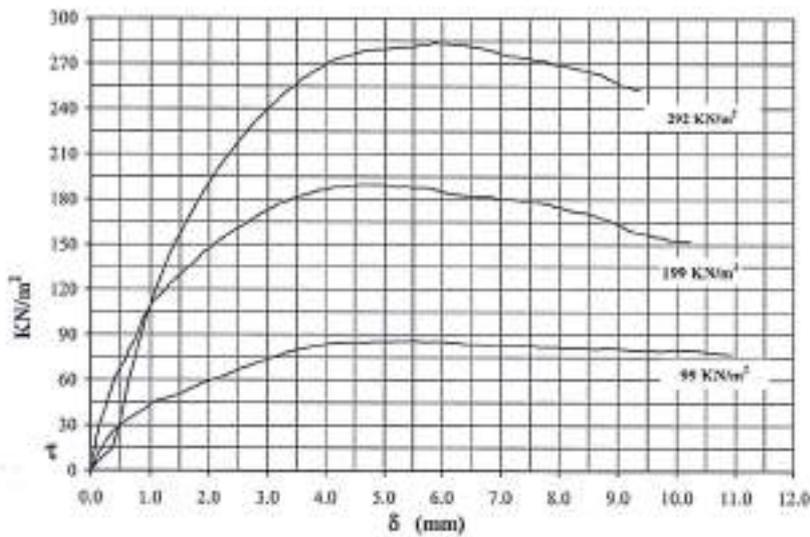


Certificato n° 6629 del 13/10/14 Pag 3/4

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comune di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi  
 SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C1 PROFONDITA' : 8.70 m  
 Data ricevimento camp: 2/10/14 Data oscur. prova : 9/10/14 N° verb. accett.: 23/14

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -**

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005



NOTE: i provini sono stati ricostruiti

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato n° 6629 del 13/10/14 Pag 3/4

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comune di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi  
 SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C1 PROFONDITA' : 8.70 m  
 Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecut. prova : 9/10/14 N° verb. accet.: 23/14

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -**

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005

PROVINO A			PROVINO B			PROVINO C		
Cedimento	Spostam.	Tons. Oriz.	Cedimento	Spostam.	Tons. Oriz.	Cedimento	Spostam.	Tons. Oriz.
0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
0.128	0.193	8.983	0.114	0.133	28.874	0.094	0.178	8.021
0.137	0.283	15.399	0.114	0.247	39.782	0.196	0.364	14.116
0.148	0.317	22.457	0.118	0.337	52.936	0.121	0.518	34.649
0.155	0.435	27.911	0.136	0.444	64.485	0.138	0.656	62.239
0.163	0.561	32.082	0.158	0.556	71.543	0.158	0.799	82.451
0.168	0.683	35.290	0.177	0.677	81.809	0.172	0.921	99.455
0.173	0.811	38.178	0.194	0.79	91.113	0.181	1.043	114.212
0.176	0.941	41.386	0.209	0.901	101.700	0.187	1.166	126.724
0.177	1.059	44.915	0.221	1.028	110.363	0.196	1.292	139.557
0.176	1.189	47.161	0.23	1.138	115.175	0.197	1.42	150.465
0.177	1.315	47.802	0.238	1.254	119.987	0.199	1.546	160.090
0.178	1.44	49.727	0.245	1.382	125.441	0.199	1.667	169.073
0.178	1.569	51.973	0.247	1.507	129.612	0.199	1.79	177.735
0.18	1.7	54.540	0.249	1.635	134.424	0.199	1.918	185.435
0.178	1.828	56.785	0.252	1.752	138.595	0.199	2.043	193.776
0.181	1.954	58.710	0.252	1.867	142.765	0.199	2.17	200.834
0.18	2.082	60.314	0.253	2.002	147.257	0.199	2.297	207.571
0.179	2.209	62.239	0.252	2.109	150.786	0.198	2.423	213.938
0.181	2.339	64.164	0.254	2.234	153.994	0.199	2.553	220.494
0.18	2.467	66.089	0.254	2.359	157.523	0.198	2.682	226.500
0.175	2.598	68.335	0.253	2.478	160.411	0.195	2.815	232.595
0.169	2.727	70.260	0.25	2.598	163.298	0.191	2.948	238.049
0.163	2.859	71.864	0.245	2.724	166.185	0.188	3.076	242.541
0.157	2.989	73.468	0.239	2.835	169.394	0.181	3.203	247.032
0.149	3.118	75.393	0.229	2.967	171.960	0.174	3.328	251.203
0.141	3.251	76.676	0.222	3.082	174.206	0.167	3.453	254.411
0.142	3.389	78.601	0.213	3.203	177.093	0.157	3.574	259.234
0.137	3.522	79.885	0.201	3.323	178.697	0.15	3.693	261.790
0.129	3.656	81.368	0.192	3.439	180.622	0.142	3.818	265.319
0.12	3.792	82.451	0.181	3.562	182.226	0.131	3.947	267.886
0.108	3.923	83.414	0.168	3.679	183.510	0.122	4.073	271.094
0.094	4.05	84.855	0.159	3.796	184.793	0.112	4.198	273.019
0.079	4.178	84.376	0.149	3.9	185.756	0.101	4.325	274.623
0.064	4.31	84.697	0.137	4.034	186.397	0.089	4.454	276.227
0.05	4.441	84.697	0.125	4.153	188.001	0.078	4.585	277.510
0.036	4.572	85.018	0.113	4.271	188.001	0.068	4.716	278.794
0.02	4.705	85.018	0.103	4.392	188.964	0.056	4.846	279.115
0.007	4.839	85.338	0.09	4.513	189.285	0.045	4.98	279.435
-0.007	4.97	85.338	0.079	4.635	189.605	0.035	5.109	280.077
-0.02	5.103	85.338	0.068	4.754	189.605	0.022	5.237	280.398
-0.032	5.231	85.659	0.059	4.887	189.605	0.013	5.368	281.039
-0.044	5.386	85.659	0.051	5.024	189.285	0.005	5.49	281.039
-0.056	5.54	85.980	0.039	5.134	188.643	-0.006	5.612	282.002
-0.064	5.692	85.338	0.031	5.244	188.001	-0.015	5.737	282.323
-0.071	5.846	85.659	0.018	5.375	188.322	-0.024	5.864	283.686

Il cedimento e lo spostamento sono espressi in millimetri; la tensione orizzontale è espressa in KN/m<sup>2</sup>

La Specialisimatura

Il Direttore del laboratorio





Certificato n° 6629 del 13/10/14 Pag 4/4

COMMITTENTE: Ditta Fiumara Gabriele

LOCALITA': Comune di Palermo

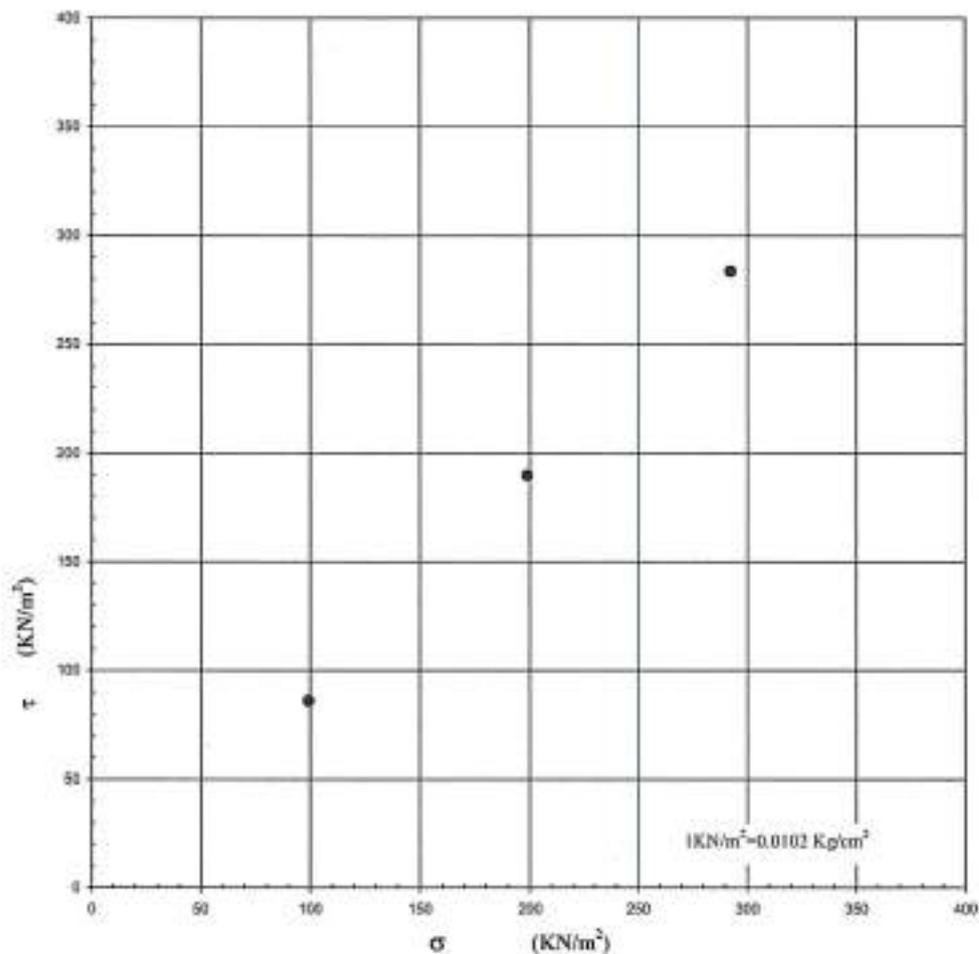
PROGETTO: Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': 8.70 m

Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecut. prova: 9/10/14 N° verb. accetti: 23/14

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -**

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005



Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore

**GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.****geocima**

Laboratorio di analisi geotecniche

Concessione N°000 5593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto  
Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)

Sede legale ed operativa: Via Boremans 38 - 90145 Palermo -

P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0916824940

email: geocima@geocima.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n°Q-1485-13

**PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO COSTANTE**

AASHTO T 215-70, ASTM D 2434-68, BS1377: Part5: 1990.

Certificato n° 6630 del 13/10/14 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Ditta Fiumara Gabriele**LOCALITA' : **Comune di Palermo**PROGETTO : **Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **8.70 m**

Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecuz. prova : 6/10/14 N° verb. accett.: 23/14

Caratteristiche fisiche campione		
Peso campione	gr	1910
Umidità iniziale	%	-
Peso unità volume	KN/m <sup>3</sup>	20.07
Peso specifico	KN/m <sup>3</sup>	-
Densità secca	KN/m <sup>3</sup>	-
Indice dei vuoti		-

Dimensioni del campione	
Sezione	cm <sup>2</sup> 80.44
Altezza	cm 11.60
Volume	cm <sup>3</sup> 933.06

Carico idraulico applicato (cm)	270
---------------------------------	-----

tempo (sec)	Volume Acqua permeata (cm <sup>3</sup> )	T (°C)	Permeabilità (K : cm/sec)
60	130	25	1.16E-03
120	240		1.07E-03
240	420		9.35E-04
480	700		7.79E-04
960	1150		6.40E-04
1920	1960		5.45E-04
3600	3320		4.93E-04
5400	4890		4.84E-04

Il direttore del laboratorio

Lo sperimentatore

**GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.****geocima**

Laboratorio di analisi geotecniche

Concessione N°0005553 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)  
 Sede legale ed operativa: Via Bonemans 36 - 90145 Palermo -  
 P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0915824940  
 email: geocima@geocima.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n°Q-1485-13

Certificato n° 6631 del 13/10/14 Pag 1/2

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele

LOCALITA' : Comune di Palermo

PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C2 PROFONDITA' : 10.50 m

Data ricevimento camp: 2/10/14

Data esecuz. prova : 2/10/14

N° verb. accett.: 23/14

**DATI DICHIARATI**

Attrezzatura di prelievo	<input type="checkbox"/> Parete sottile con pistone	<input checked="" type="checkbox"/> Parete sottile senza pistone	<input type="checkbox"/> Continua
	<input type="checkbox"/> Parete spessa	<input type="checkbox"/> Carotiere rotativo	
Modalità di prelievo	<input type="checkbox"/> Percussione	<input checked="" type="checkbox"/> Pressione	<input type="checkbox"/> Rotopressione

**VERIFICA CAMPIONI**

Contenitore del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> Ferro
	<input type="checkbox"/> Sacchetto		
Forma del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Cilindrica	<input type="checkbox"/> Cubica	<input type="checkbox"/> Informe
Condizioni del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Cattive
Tipo di campione	<input checked="" type="checkbox"/> Indisturbato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato a disturbo limitato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato
	<input checked="" type="checkbox"/> Incoerente	<input type="checkbox"/> Pseudocoerente	<input type="checkbox"/> Lapideo

Il Direttore del laboratorio

Lo Spettimentatore

**GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.****geocima**

Laboratorio di analisi geotecniche  
 Concessione N°100 5503 del 25/06/2010 al sensi del Decreto  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)  
 Sede legale ed operativa: Via Bonemaria 36 - 90145 Palermo -  
 P.IVA 04405870827 - Tel/Fax 0916824040  
 email: geocimoso@geocima.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n°Q-1445-13

Certificato n° 6631 del 13/10/14 Pag 2/2  
 COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comune di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi  
 SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C2 PROFONDITA' : 10.50 m

Data ricevimento camp: 2/10/14

Data esecuzione prova: 02/10/2014

N° verb. accetti: 23/14

**IDENTIFICAZIONE CAMPIONE**

Normativa di riferimento: ASTM D 2487-06, ASTM D 2488-00; Raccomandazioni AGI 1977

		Pocket Penetrometer Test	Vane Test	DESCRIZIONE
ALTO		KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	Sabbia debolmente limosa a grana grossolana di colore biancastro incoerente.
BASSO				
		Ident.: Identificazione del campione T1: Prova di taglio diretto CD		

Il Direttore del laboratorio  
 Lo Sperimentatore

**GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.****geocima**

Laboratorio di analisi geotecniche  
 Concessione N°0005560 del 25/05/2010 al sensi del Decreto  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sul terreno (settore A)  
 Sede legale ed operativa: Via Bonmarino 36 - 90145 Palermo -  
 P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0915824940  
 email: [geocima@geocima.it](mailto:geocima@geocima.it) sito web: [www.geocima.it](http://www.geocima.it)

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2008 - CQB Italia n°Q-1485-13

Certificato n° 6632 del 13/10/14 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Ditta Fiumara Gabriele**

LOCALITA' : **Comune di Palermo**

PROGETTO : **Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **10.50 m**

Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecuz. prova : 10/10/14 N° verb. accett.: 23/14

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

Normativa di riferimento: BS 1377-90

	Tara (mmN)	Volume fastella (cm <sup>3</sup> )	Peso umido lordo (mmN)
Campione 1	815.52	59.23	2048.02
Campione 2	815.52	59.23	2026.15
Campione 3	815.52	59.23	2012.72

	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_1$	20.809
$\gamma_2$	20.439
$\gamma_3$	20.213

$\gamma$  medio: 20.487 KN/m<sup>3</sup>

**DETERMINAZ. DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA**

Normativa di riferimento: ASTM D 2216-05; CNR-UNI 10008:1963;  
 UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005

Data esecuz. prova : 2/10/14

	Tara (mmN)	Peso umido lordo (mmN)	Peso secco lordo (mmN)	Wn (%)
Campione 1	59.62	3463.32	140.59	14.337
Campione 2	61.29	4604.22	157.77	16.088
Campione 3	61.10	2535.41	152.52	15.553

Wn medio: 15.326 %

(1 gr = 9,8 mmN)

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato n° 6633 del 13/10/14 Pag. 1/4  
 COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comune di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi  
 SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C2 PROFONDITA' : 10.50 m  
 Data ricevimento camp.: 2/10/14 Data esecuzione prova : 10/10/14 N° verb. accett.: 23/14

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005

#### Caratteristiche iniziali dei provini

PROVINO		A	B	C
Forma		Cilindrica	Cilindrica	Cilindrica
Volume	cm <sup>3</sup>	59.23	59.23	59.23
Sezione	cm <sup>2</sup>	31.17	31.17	31.17
Diametro	cm	6.3	6.3	6.3
Altezza	cm	1.9	1.9	1.9

#### PROVA DI CONSOLIDAZIONE

PROVINO	A	B	C
Carico verticale (KN/m <sup>2</sup> )	99.41	199.02	292.65
Durata della consolidazione	24 h	24 h	24 h
Deformazione verticale (mm)	0.310	0.515	0.945

#### PROVA DI TAGLIO - CD -

PROVINO	A	B	C
Velocità di deformazione (mm/min)	0.008	0.008	0.008

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Provino	$\gamma$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$ KN/m <sup>3</sup>	S (%)	n <sub>i</sub> (%)	e <sub>i</sub>	W <sub>i</sub> (%)	W <sub>r</sub> (%)
A	20.80	-	-	-	-	-	-
B	20.43	-	-	-	-	-	-
C	20.21	-	-	-	-	-	-

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore

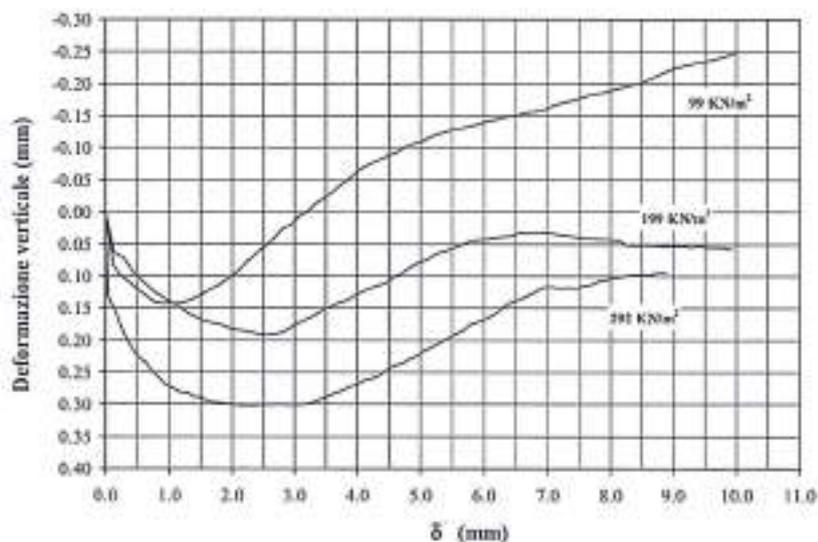
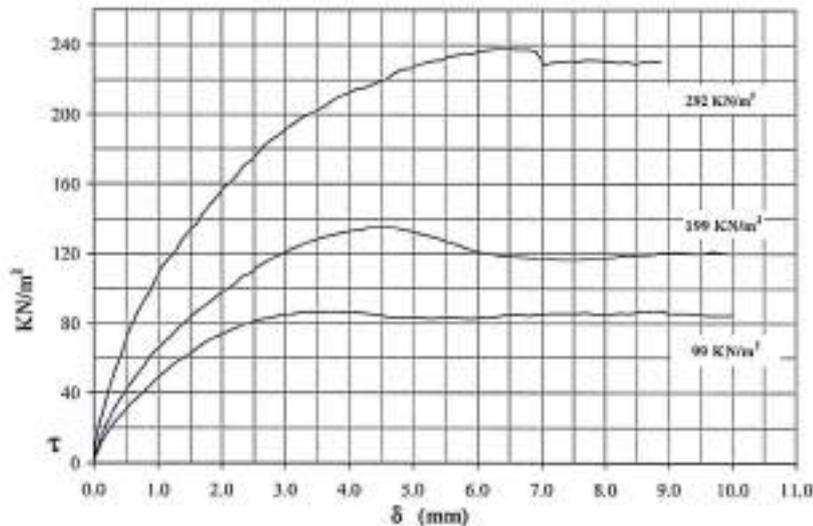


Certificato n° 6633 del 13/10/14 Pag 2/4

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comune di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi  
 SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C2 PROFONDITA' : 10,50 m  
 Data ricevimento camp: 2/10/14 Data csecuz. prova : 10/10/14 N° verb. accett.: 23/14

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -**

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005



NOTE: i provini sono stati ricostruiti

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato n° 6633 del 13/10/14 Pag 3/4  
 COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele  
 LOCALITA' : Comane di Palermo  
 PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi  
 SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C2 PROFONDITA' : 10.50 m  
 Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecuz. prova : 10/10/14 N° verb. accett.: 23/14

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -**

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005

PROVINO A			PROVINO B			PROVINO C		
Codimento	Spostam.	Tens. Oriz.	Codimento	Spostam.	Tens. Oriz.	Codimento	Spostam.	Tens. Oriz.
0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
0.083	0.118	11.229	0.062	0.128	15.720	0.131	0.041	12.833
0.099	0.243	19.249	0.071	0.274	27.270	0.142	0.087	22.457
0.11	0.383	25.666	0.089	0.401	35.932	0.156	0.161	32.403
0.121	0.516	31.120	0.104	0.531	43.311	0.177	0.237	42.348
0.132	0.644	36.253	0.115	0.664	50.048	0.198	0.33	52.615
0.14	0.774	40.423	0.126	0.795	56.465	0.215	0.436	63.202
0.142	0.899	45.557	0.134	0.923	62.881	0.227	0.533	74.110
0.142	1.036	49.727	0.142	1.056	67.693	0.236	0.637	83.414
0.142	1.153	53.898	0.148	1.183	72.506	0.249	0.743	91.113
0.139	1.28	57.748	0.158	1.316	76.997	0.259	0.849	96.888
0.134	1.406	59.994	0.164	1.443	81.489	0.269	0.956	104.989
0.128	1.532	63.843	0.17	1.571	85.639	0.275	1.061	112.287
0.12	1.654	67.052	0.173	1.7	89.188	0.281	1.174	117.421
0.114	1.779	69.939	0.176	1.822	92.397	0.282	1.287	121.912
0.105	1.911	72.506	0.18	1.942	95.926	0.287	1.38	128.088
0.096	2.038	74.751	0.183	2.057	99.134	0.288	1.489	133.462
0.084	2.168	76.676	0.184	2.178	102.021	0.293	1.599	136.991
0.072	2.296	78.922	0.187	2.299	106.102	0.297	1.694	142.765
0.06	2.424	80.203	0.19	2.432	108.758	0.297	1.812	148.219
0.051	2.554	81.809	0.189	2.554	112.287	0.299	1.923	152.390
0.039	2.684	83.093	0.19	2.678	115.175	0.3	2.021	157.523
0.025	2.814	83.734	0.187	2.807	117.421	0.302	2.145	161.032
0.02	2.946	85.018	0.18	2.939	119.987	0.302	2.249	165.865
0.005	3.08	85.018	0.173	3.064	122.233	0.302	2.347	170.356
-0.001	3.208	86.301	0.166	3.2	124.198	0.3	2.472	174.206
-0.014	3.336	86.622	0.16	3.33	126.404	0.301	2.576	178.036
-0.022	3.464	86.301	0.152	3.462	128.008	0.3	2.677	182.547
-0.032	3.594	86.622	0.147	3.588	129.612	0.3	2.79	185.756
-0.042	3.721	86.622	0.14	3.713	130.574	0.301	2.912	188.322
-0.051	3.85	86.622	0.137	3.835	131.537	0.301	3.025	192.172
-0.062	3.978	86.622	0.13	3.956	132.499	0.3	3.143	194.739
-0.071	4.108	86.301	0.124	4.075	133.462	0.298	3.261	197.947
-0.077	4.237	85.980	0.118	4.2	133.782	0.292	3.383	200.192
-0.083	4.366	85.018	0.114	4.329	135.066	0.288	3.501	202.438
-0.089	4.5	84.697	0.11	4.455	135.066	0.283	3.626	204.684
-0.094	4.626	83.414	0.101	4.578	135.066	0.279	3.74	207.892
-0.101	4.755	83.414	0.095	4.705	134.745	0.273	3.86	210.459
-0.107	4.886	83.414	0.086	4.832	133.782	0.268	3.993	212.384
-0.11	5.015	83.414	0.079	4.963	133.141	0.262	4.116	214.309
-0.118	5.146	83.414	0.074	5.098	131.537	0.26	4.224	214.950
-0.121	5.278	83.093	0.065	5.235	130.253	0.254	4.353	216.875
-0.126	5.413	83.414	0.061	5.372	129.291	0.246	4.458	218.479
-0.13	5.567	83.414	0.056	5.51	127.366	0.239	4.582	220.404
-0.133	5.724	83.414	0.051	5.639	125.441	0.236	4.719	223.612
-0.137	5.879	83.093	0.046	5.777	123.837	0.229	4.826	225.858

*[Handwritten signature]*

Lo Spedimentatore

*[Handwritten signature]*

Il Direttore del laboratorio

Il codimento e lo spostamento sono espressi in millimetri; la tensione orizzontale è espressa in KN/m<sup>2</sup>





Certificato n° 6633 del 13/10/14 Pag 4/4

COMMITTENTE : Ditta Fiumara Gabriele

LOCALITA' : Comane di Palermo

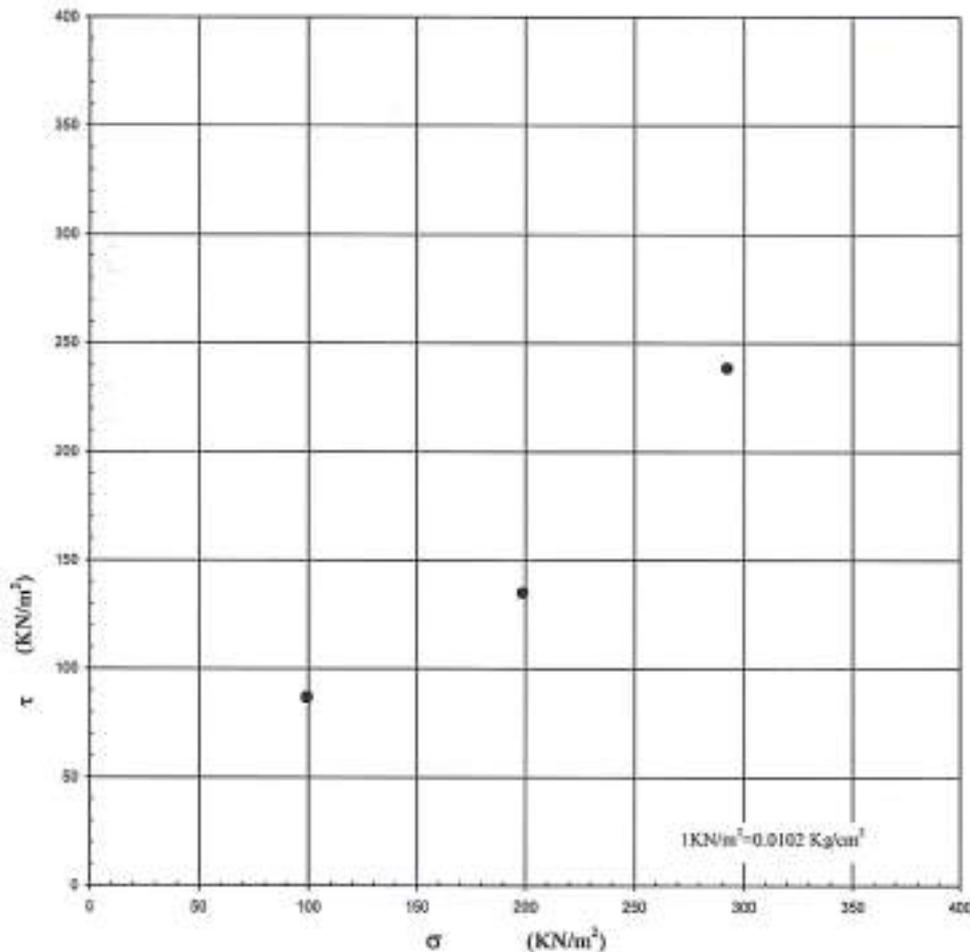
PROGETTO : Piscina comunale scoperta - progetto per la nuova tribuna e servizi annessi

SONDAGGIO : S1 CAMPIONE : C2 PROFONDITA' : 10.50 m

Data ricevimento camp: 2/10/14 Data esecuz. prova: 10/10/14 N° verb. accolt.: 23/14

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -**

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005



Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Palermo  
 Cantiere: PROGETTO PER LA NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI  
 Località: Piscina scoperta -Palermo

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,90 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

OPERATORE  
 Geol. Gabriele Filippura




RESISTENZA  
 Geol. Gabriele Filippura




- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
 massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

#### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- $M$  = peso massa battente;
- $M'$  = peso aste;
- $H$  = altezza di caduta;
- $A$  = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

#### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- $R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );
- $e$  = infissione media per colpo ( $\delta / N$ );
- $M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ );
- $P$  = peso totale aste e sistema battuta.

#### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

**Nspt è il valore medio nello strato**

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

**Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977 - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini e limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

**Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

**Modulo Di Young ( $E_p$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

**Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismans-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume Umido**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

**Peso di volume saturo**

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

*Modulo Di Young (E<sub>y</sub>)*

- Schultze-Meuzentach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con L.P. >15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

*Stato di consistenza*

- Classificazione A.G.I. 1977

*Peso di Volume Gamma*

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

*Peso di volume sature*

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (N<sub>spt</sub>=0) a 0,545 (N<sub>spt</sub>=28)

Strato 1	11,47	0,10	Robertson (1983)	2,25
Strato 2	55,89	3,60	Robertson (1983)	10,96

**Modulo Edometrico non drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	11,47	0,10	Stroud e Butler (1975)	15,16
Strato 2	55,89	3,60	Stroud e Butler (1975)	281,15

**Modulo Edometrico drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	11,47	0,10	Stroud e Butler (1975)	22,16
Strato 2	55,89	3,60	Stroud e Butler (1975)	421,88

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	11,47	0,10	Apollonia	11,25
Strato 2	55,89	3,60	Apollonia	54,81

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	11,47	0,10	Apollonia	0,73
Strato 2	55,89	3,60	Apollonia	1,19

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	11,47	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	55,89	3,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	11,47	0,10	Meyerhof ed altri	19,71
Strato 2	55,89	3,60	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	11,47	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	55,89	3,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52

**PROVA... Nr.2**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

PENNY 30  
 05/08/2014  
 2,90 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda	Res. dinamica ridotta	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione	Pres. ammissibile Herminier -
----------------	-----------	--------------------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------------------

		Chi	(Mpa)		Herminier - Olandesi (KPa)	Olandesi (KPa)
0,10	13	0,807	4,17	5,17	208,44	258,42
0,20	23	0,755	6,90	9,14	345,02	457,20
0,30	65	0,653	16,87	25,84	843,34	1292,09
0,40	66	0,651	17,08	26,24	853,79	1311,97
0,50	71	0,649	18,32	28,23	915,80	1411,36
0,60	68	0,647	17,49	27,03	874,58	1351,73
0,70	68	0,645	17,44	27,03	872,08	1351,73
0,80	67	0,643	17,14	26,64	856,82	1331,85
0,90	66	0,642	16,83	26,24	841,67	1311,97
1,00	68	0,640	16,41	25,65	820,43	1282,41
1,10	71	0,638	17,09	26,78	854,27	1338,99
1,20	77	0,636	18,48	29,04	923,95	1452,14
1,30	75	0,635	17,95	28,29	897,53	1414,42
1,40	76	0,633	18,14	28,67	907,07	1433,28
1,50	77	0,631	18,33	29,04	916,59	1452,14
1,60	76	0,630	18,05	28,67	902,33	1433,28
1,70	69	0,628	16,34	26,03	817,10	1301,27
1,80	73	0,626	17,25	27,53	862,27	1376,70
1,90	73	0,625	17,20	27,53	860,09	1376,70
2,00	77	0,623	17,22	27,63	860,81	1381,30
2,10	72	0,622	16,06	25,83	802,92	1291,61
2,20	69	0,620	15,35	24,76	767,58	1237,79
2,30	70	0,619	15,54	25,11	776,82	1255,73
2,40	77	0,617	17,05	27,63	832,46	1381,30
2,50	75	0,616	16,57	26,91	828,36	1345,42
2,60	73	0,614	16,09	26,19	804,38	1309,55
2,70	77	0,613	16,93	27,63	846,49	1381,30
2,80	77	0,611	16,89	27,63	844,56	1381,30
2,90	100	0,610	21,89	35,88	1094,35	1793,90

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (t/mq)
Strato 1	9,94	0,10	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1,71
Strato 2	54,54	2,90	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29,00

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Robertson (1983)	1,95
Strato 2	54,54	2,90	Robertson (1983)	10,70

**Modulo Edometrico non drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	70,28
Strato 2	54,54	2,90	Stroud e Butler (1975)	562,47

**Modulo Edometrico drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	47,47

Strato 2	54,54	2,90	Stroud e Butler (1975)	324,54
----------	-------	------	------------------------	--------

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	9,75
Strato 2	54,54	2,90	Apollonia	53,49

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	0,20
Strato 2	54,54	2,90	Apollonia	1,21

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,94	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	54,54	2,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Meyerhof ed altri	19,32
Strato 2	54,54	2,90	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	54,54	2,90	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

PENNY 30  
 05/08/2014  
 3,50 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	13	0,807	4,17	5,17	208,44	258,42
0,20	28	0,755	8,40	11,13	420,02	556,59
0,30	65	0,653	16,87	25,84	843,34	1292,09
0,40	66	0,651	17,08	26,24	853,79	1311,97
0,50	68	0,649	17,54	27,03	877,10	1351,73
0,60	69	0,647	17,75	27,43	887,44	1371,61
0,70	71	0,645	18,21	28,23	910,55	1411,36
0,80	77	0,643	19,69	30,61	984,71	1530,63
0,90	72	0,642	18,36	28,62	918,19	1431,24
1,00	73	0,640	17,62	27,53	880,75	1376,70
1,10	77	0,638	18,53	29,04	926,46	1452,14
1,20	73	0,636	17,52	27,53	875,95	1376,70

1,30	77	0,635	18,43	29,04	921,46	1452,14
1,40	76	0,633	18,14	28,67	907,07	1433,28
1,50	77	0,631	18,33	29,04	916,59	1452,14
1,60	68	0,630	16,15	25,65	807,34	1282,41
1,70	66	0,628	15,63	24,89	781,58	1244,69
1,80	69	0,626	16,30	26,03	815,02	1301,27
1,90	77	0,625	18,14	29,04	907,22	1452,14
2,00	78	0,623	17,44	27,98	871,98	1399,24
2,10	77	0,622	17,17	27,63	858,68	1381,30
2,20	73	0,620	16,24	26,19	812,08	1309,55
2,30	77	0,619	17,09	27,63	854,51	1381,30
2,40	72	0,617	15,94	25,83	797,11	1291,61
2,50	75	0,616	16,57	26,91	828,36	1345,42
2,60	75	0,614	16,53	26,91	826,42	1345,42
2,70	77	0,613	16,93	27,63	846,49	1381,30
2,80	78	0,611	17,11	27,98	855,53	1399,24
2,90	77	0,610	16,85	27,63	842,65	1381,30
3,00	81	0,609	16,87	27,71	843,30	1385,47
3,10	81	0,607	16,83	27,71	841,44	1385,47
3,20	83	0,606	17,21	28,39	860,33	1419,68
3,30	81	0,605	16,76	27,71	837,79	1385,47
3,40	88	0,603	18,16	30,10	908,24	1505,21
3,50	100	0,602	20,60	34,21	1029,92	1710,46

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (t/mq)
Strato 1	9,94	0,10	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	6,08
Strato 2	56,75	3,50	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29,00

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Robertson (1983)	1,95
Strato 2	56,75	3,50	Robertson (1983)	11,13

## Modulo Edometrico non drenato

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	106,22
Strato 2	56,75	3,50	Stroud e Butler (1975)	414,36

## Modulo Edometrico drenato

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	71,25
Strato 2	56,75	3,50	Stroud e Butler (1975)	276,25

## Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	9,75
Strato 2	56,75	3,50	Apollonia	55,65

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	0,55
Strato 2	56,75	3,50	Apollonia	2,33

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,94	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	56,75	3,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Meyerhof ed altri	19,32
Strato 2	56,75	3,50	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

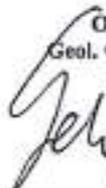
	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Bowles 1982, Terzaghi- Peck 1948/1967	--
Strato 2	56,75	3,50	Bowles 1982, Terzaghi- Peck 1948/1967	24,52

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Palermo  
 Cantiere: PROGETTO PER LA NUOVA TRIBUNA E SERVIZI ANNESSI  
 Località: Piscina scoperta -Palermo

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,90 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

OPERATORE  
 Geol. Gabriele Finara  
  


RESPONSABILE  
 Geol. Gabriele Finara  
  


- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
 massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

#### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_1 N$$

Dove:

$$\beta_1 = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- $M$  = peso massa battente;
- $M'$  = peso aste;
- $H$  = altezza di caduta;
- $A$  = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

#### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- $R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );
- $e$  = infissione media per colpo ( $\delta / N$ );
- $M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ );
- $P$  = peso totale aste e sistema battuta.

#### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

*N<sub>sp</sub>* è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

#### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### Modulo Di Young ( $E_p$ )

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Baizmann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbie e ghiaie.

#### Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

#### Peso di Volume Gomma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ( $N_{sp} = 0$ ) a 1,99 ( $N_{sp} = 95$ )

*Modulo Di Young (E<sub>y</sub>)*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con LP. >15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

*Stato di consistenza*

- Classificazione A.G.I. 1977

*Peso di Volume Gamma*

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

*Peso di volume sature*

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/m<sup>3</sup>) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (N<sub>sp</sub>=0) a 0,545 (N<sub>sp</sub>=28)

Strato 1	11,47	0,10	Robertson (1983)	2,25
Strato 2	55,89	3,60	Robertson (1983)	10,96

**Modulo Edometrico non drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	11,47	0,10	Stroud e Butler (1975)	15,16
Strato 2	55,89	3,60	Stroud e Butler (1975)	281,15

**Modulo Edometrico drenato**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	11,47	0,10	Stroud e Butler (1975)	22,16
Strato 2	55,89	3,60	Stroud e Butler (1975)	421,88

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	11,47	0,10	Apollonia	11,25
Strato 2	55,89	3,60	Apollonia	54,81

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	11,47	0,10	Apollonia	0,73
Strato 2	55,89	3,60	Apollonia	1,19

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	11,47	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	55,89	3,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	11,47	0,10	Meyerhof ed altri	19,71
Strato 2	55,89	3,60	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	11,47	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	55,89	3,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52

**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

PENNY 30  
 05/08/2014  
 2,90 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda	Res. dinamica ridotta	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione	Pres. ammissibile Herminier -
----------------	-----------	--------------------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------------------

		Chi	(Mpa)		Herminier - Olandesi (KPa)	Olandesi (KPa)
0,10	13	0,807	4,17	5,17	208,44	258,42
0,20	23	0,755	6,90	9,14	345,02	457,20
0,30	65	0,653	16,87	25,84	843,34	1292,09
0,40	66	0,651	17,08	26,24	853,79	1311,97
0,50	71	0,649	18,32	28,23	915,80	1411,36
0,60	68	0,647	17,49	27,03	874,58	1351,73
0,70	68	0,645	17,44	27,03	872,08	1351,73
0,80	67	0,643	17,14	26,64	856,82	1331,85
0,90	66	0,642	16,83	26,24	841,67	1311,97
1,00	68	0,640	16,41	25,65	820,43	1282,41
1,10	71	0,638	17,09	26,78	854,27	1338,99
1,20	77	0,636	18,48	29,04	923,95	1452,14
1,30	75	0,635	17,95	28,29	897,53	1414,42
1,40	76	0,633	18,14	28,67	907,07	1433,28
1,50	77	0,631	18,33	29,04	916,59	1452,14
1,60	76	0,630	18,05	28,67	902,33	1433,28
1,70	69	0,628	16,34	26,03	817,10	1301,27
1,80	73	0,626	17,25	27,53	862,27	1376,70
1,90	73	0,625	17,20	27,53	860,09	1376,70
2,00	77	0,623	17,22	27,63	860,81	1381,30
2,10	72	0,622	16,06	25,83	802,92	1291,61
2,20	69	0,620	15,35	24,76	767,58	1237,79
2,30	70	0,619	15,54	25,11	776,82	1255,73
2,40	77	0,617	17,05	27,63	852,46	1381,30
2,50	75	0,616	16,57	26,91	828,36	1345,42
2,60	73	0,614	16,09	26,19	804,38	1309,55
2,70	77	0,613	16,93	27,63	846,49	1381,30
2,80	77	0,611	16,89	27,63	844,56	1381,30
2,90	100	0,610	21,89	35,88	1094,35	1793,90

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (t/mq)
Strato 1	9,94	0,10	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1,71
Strato 2	54,54	2,90	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29,00

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Robertson (1983)	1,95
Strato 2	54,54	2,90	Robertson (1983)	10,70

## Modulo Edometrico non drenato

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	70,28
Strato 2	54,54	2,90	Stroud e Butler (1975)	562,47

## Modulo Edometrico drenato

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	47,47

Strato 2	54,54	2,90	Stroud e Butler (1975)	324,54
----------	-------	------	------------------------	--------

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	9,75
Strato 2	54,54	2,90	Apollonia	53,49

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	0,20
Strato 2	54,54	2,90	Apollonia	1,21

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,94	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	54,54	2,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Meyerhof ed altri	19,32
Strato 2	54,54	2,90	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	54,54	2,90	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...

PENNY 30

Prova eseguita in data

05/08/2014

Profondità prova

3,50 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	13	0,807	4,17	5,17	208,44	258,42
0,20	28	0,755	8,40	11,13	420,02	556,59
0,30	65	0,653	16,87	25,84	843,34	1292,09
0,40	66	0,651	17,08	26,24	853,79	1311,97
0,50	68	0,649	17,54	27,03	877,10	1351,73
0,60	69	0,647	17,75	27,43	887,44	1371,61
0,70	71	0,645	18,21	28,23	910,55	1411,36
0,80	77	0,643	19,69	30,61	984,71	1530,63
0,90	72	0,642	18,36	28,62	918,19	1431,24
1,00	73	0,640	17,62	27,53	880,75	1376,70
1,10	77	0,638	18,53	29,04	926,46	1452,14
1,20	73	0,636	17,52	27,53	875,95	1376,70

1,30	77	0,635	18,43	29,04	921,46	1452,14
1,40	76	0,633	18,14	28,67	907,07	1433,28
1,50	77	0,631	18,33	29,04	916,59	1452,14
1,60	68	0,630	16,15	25,65	807,34	1282,41
1,70	66	0,628	15,63	24,89	781,58	1244,69
1,80	69	0,626	16,30	26,03	815,02	1301,27
1,90	77	0,625	18,14	29,04	907,22	1452,14
2,00	78	0,623	17,44	27,98	871,98	1399,24
2,10	77	0,622	17,17	27,63	858,68	1381,30
2,20	73	0,620	16,24	26,19	812,08	1309,55
2,30	77	0,619	17,09	27,63	854,51	1381,30
2,40	72	0,617	15,94	25,83	797,11	1291,61
2,50	75	0,616	16,57	26,91	828,36	1345,42
2,60	75	0,614	16,53	26,91	826,42	1345,42
2,70	77	0,613	16,93	27,63	846,49	1381,30
2,80	78	0,611	17,11	27,98	855,53	1399,24
2,90	77	0,610	16,85	27,63	842,65	1381,30
3,00	81	0,609	16,87	27,71	843,30	1385,47
3,10	81	0,607	16,83	27,71	841,44	1385,47
3,20	83	0,606	17,21	28,39	860,33	1419,68
3,30	81	0,605	16,76	27,71	837,79	1385,47
3,40	88	0,603	18,16	30,10	908,24	1505,21
3,50	100	0,602	20,60	34,21	1029,92	1710,46

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (t/mq)
Strato 1	9,94	0,10	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	6,08
Strato 2	56,75	3,50	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29,00

## Qc ( Resistenza punta Penctrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Robertson (1983)	1,95
Strato 2	56,75	3,50	Robertson (1983)	11,13

## Modulo Edometrico non drenato

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eu (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	106,22
Strato 2	56,75	3,50	Stroud e Butler (1975)	414,36

## Modulo Edometrico drenato

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E' (Kg/cmq)
Strato 1	9,94	0,10	Stroud e Butler (1975)	71,25
Strato 2	56,75	3,50	Stroud e Butler (1975)	276,25

## Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	9,75
Strato 2	56,75	3,50	Apollonia	55,65

**Indice di consistenza**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ic
Strato 1	9,94	0,10	Apollonia	0,55
Strato 2	56,75	3,50	Apollonia	2,33

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,94	0,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	56,75	3,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Meyerhof ed altri	19,32
Strato 2	56,75	3,50	Meyerhof ed altri	24,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	9,94	0,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 2	56,75	3,50	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24,52