

**COMUNE DI GALLIPOLI**  
PROVINCIA DI LECCE

COMMITTENTE: HOTEL VICTORIA S.R.L.  
AMMINISTRATORE UNICO SIG. FAIULO CESARIO  
PROGETTISTA: ING. MARCO FUMAROLA

PROGETTO DI VARIANTE DI UNA STRUTTURA  
TURISTICO-RICETTIVA DENOMINATA HOTEL VICTORIA  
UBICATA ALLA VIA PETRARCA

***INDAGINE GEOGNOSTICA, SISMICA***  
***E***  
***RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA***

Ruffano, dicembre 2016

IL GEOLOGO  
Dott. Marcello De Donatis



A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. De Donatis", written over the right side of the professional stamp.

## INDICE

PREMESSA.....	1
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	2
CARATTERI GEOLOGICI .....	3
INDAGINE GEOGNOSTICA .....	7
<i>Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor) .....</i>	<i>7</i>
<i>Indagine sismica a rifrazione.....</i>	<i>16</i>
VERIFICA DEGLI STATI ULTIMI (SLU) .....	18
CAPACITA' PORTANTE .....	24
CONCLUSIONI .....	27



## **PREMESSA**

Nel mese di dicembre 2016, il sottoscritto è stato incaricato dall'Ing. Marco Fumarola per conto del Sig. Cesario Faiulo Amministratore Unico e Legale Rappresentante della Società "Hotel Victoria Srl", per eseguire un'indagine geognostica e redigere una relazione geologico-tecnica su un'area interessata dal progetto di variante di una struttura turistico-ricettiva denominata Hotel Victoria ubicata alla Via Petrarca nel Comune di Gallipoli.

Per eseguire quanto sopra, si è accertata la situazione stratigrafica e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione fino alla profondità alla quale le tensioni indotte dai manufatti assumono valori significativi (D.M. 14.01.2008).

Il lavoro si è articolato nel seguente modo:

- rilievo geologico di superficie, con particolare riguardo alla litologia delle formazioni affioranti, alle condizioni geomorfologiche generali e all'idrografia superficiale;
- esecuzione di un profilo sismico a rifrazione per la caratterizzazione meccanica e stratigrafica del terreno fondale;
- esecuzione di un profilo sismico passivo per determinare la categoria sismica del suolo di fondazione.

Al termine di tali indagini è stata redatta la presente relazione geologico-tecnica che, avvalendosi di tutti i risultati acquisiti, ha consentito di ricostruire il modello geologico e sismico dell'area interessata dall'intervento.

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area indagata è ubicata alla via Petrarca n. 15 nel Comune di Gallipoli.

La quota topografica è di circa 10 metri s.l.m.

L'area di indagine è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 40° 02' 58'' N
- Longitudine: 18° 00' 09'' E



*Area di indagine, immagine da Google Earth ®*

## CARATTERI GEOLOGICI

L'area oggetto di studio ricade nel Fg 214 tavoletta di Gallipoli della Carta Geologica d'Italia.

La morfologia dell'area risulta pianeggiante, strutturalmente è ubicata all'interno di un Graben dove affiorano dei depositi dunari fossilizzati e delle sabbie pleistoceniche.

Tale situazione tettonica è il risultato, alquanto complesso, dei fenomeni distensivi che hanno interessato il basamento carbonatico dalla fine del Cretaceo fino al Pleistocene inf., generando una serie di alti strutturali (Horst) e di bacini (Graben), nei quali si sono depositate, in trasgressione, le sequenze sedimentarie quaternarie.

Dal basso verso l'alto si rinvencono i seguenti termini:

- Calcari di Altamura (Cretaceo);
- Calcareni di Gravina (Pleistocene inf.);
- Formazione di Gallipoli (Pleistocene medio-sup.);

### *Calcari di Altamura (Cretaceo)*

I calcari non affiorano nell'area in esame, ma si rinvencono in profondità dove risultano ribassati per cause tettoniche ed affiorano ad Est e ad Ovest dell'area indagata.

Essi costituiscono il basamento dell'intera penisola e si presentano con stratificazione variabile, ad andamento ondulato con strati da 20-30 cm di spessore che, a luoghi, diminuisce sino ad assumere la caratteristica struttura a "tavolette", con laminazione piano-parallela.

Litologicamente si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore avana, compatti e tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, sui si alternano livelli di colore grigio-nocciola.

L'origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera vicino Ugento, lo spessore massimo si aggira intorno ai 640 metri. Alla base di tale formazione si rinvencono le "Dolomie di Galatina". Il passaggio fra le due formazioni avviene con molta gradualità, infatti con l'aumentare della profondità aumenta la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il suo ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo e più esattamente di piattaforma continentale. Inoltre, data la presenza di spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato nel tempo, per effetto di una costante subsidenza.

### ***Calcareniti di Gravina (Pleistocene inf.)***

Litologicamente si tratta di una calcarenite più o meno compatta, grigio chiara, cui si associano sabbioni calcarei (bianchi e giallastri) talora parzialmente cementati. Verso la base dell'unità si rinvencono alle volte delle breccie e conglomerati con estensione e potenza variabile.

Per quanto riguarda la stratificazione è spesso indistinta e quando essa appare si hanno strati poco potenti da qualche centimetro ad oltre un metro.

Il passaggio di essa verso le formazioni sottostanti avviene per trasgressione, lo testimoniano le breccie e i conglomerati che troviamo alla base di essa.

Le microfaune rinvenute nella formazione sono abbastanza indicative, insieme alla presenza di individui planctonici e la presenza di bentonici, che indicano un ambiente neritico, passante localmente e soprattutto verso l'alto al litorale.

Nella parte alta, le calcareniti sono costituite da sabbie poco cementate e con intercalati orizzonti centimetrici di calcareniti ben diagenizzate.

I depositi colluviali ricoprono le calcareniti e mascherano la primitiva morfologia.

### ***Formazione di Gallipoli (Pleistocene medio-sup.)***

Questa formazione è composta da sabbie al tetto e da argille in profondità.

Le argille in questione, bene si correlano, sia dal punto di vista litologico che stratigrafico, alle argille subappennine plio-pleistoceniche o alle argille grigio-azzurre Calabriane, rinvenibili in diverse zone della Puglia, dal Tavoliere alla fascia premurgiana della Fossa, alle Murge e al Salento.

Sostanzialmente i caratteri di tali argille sono largamente confrontabili lungo tutte le aree di affioramento.

Stratigraficamente, si pongono nella parte mediana del Ciclo sedimentario Plio-pleistocenico.

Esse poggiano, in continuità di sedimentazione sulle calcareniti plio-pleistoceniche (Calcareniti di Gravina).

Superiormente passano gradualmente, in linea generale, a depositi sabbiosi o calcarenitici calabriani, costituenti i termini di chiusura di detto Ciclo.

Nell'area in esame, i rilievi effettuati hanno messo in evidenza che il deposito, poggiante su calcareniti di Gravina, è costituito da argille marnose più

o meno siltose, di colore grigio-azzurro e giallo-grigiastro, quest'ultimo dovuto sia ad un aumento della frazione sabbiosa che a fenomeni di ossidazione da parte degli agenti atmosferici.

In passaggio alle successive formazioni risulta generalmente di carattere trasgressivo, rispetto ai depositi post-calabrianici calcarenitici.

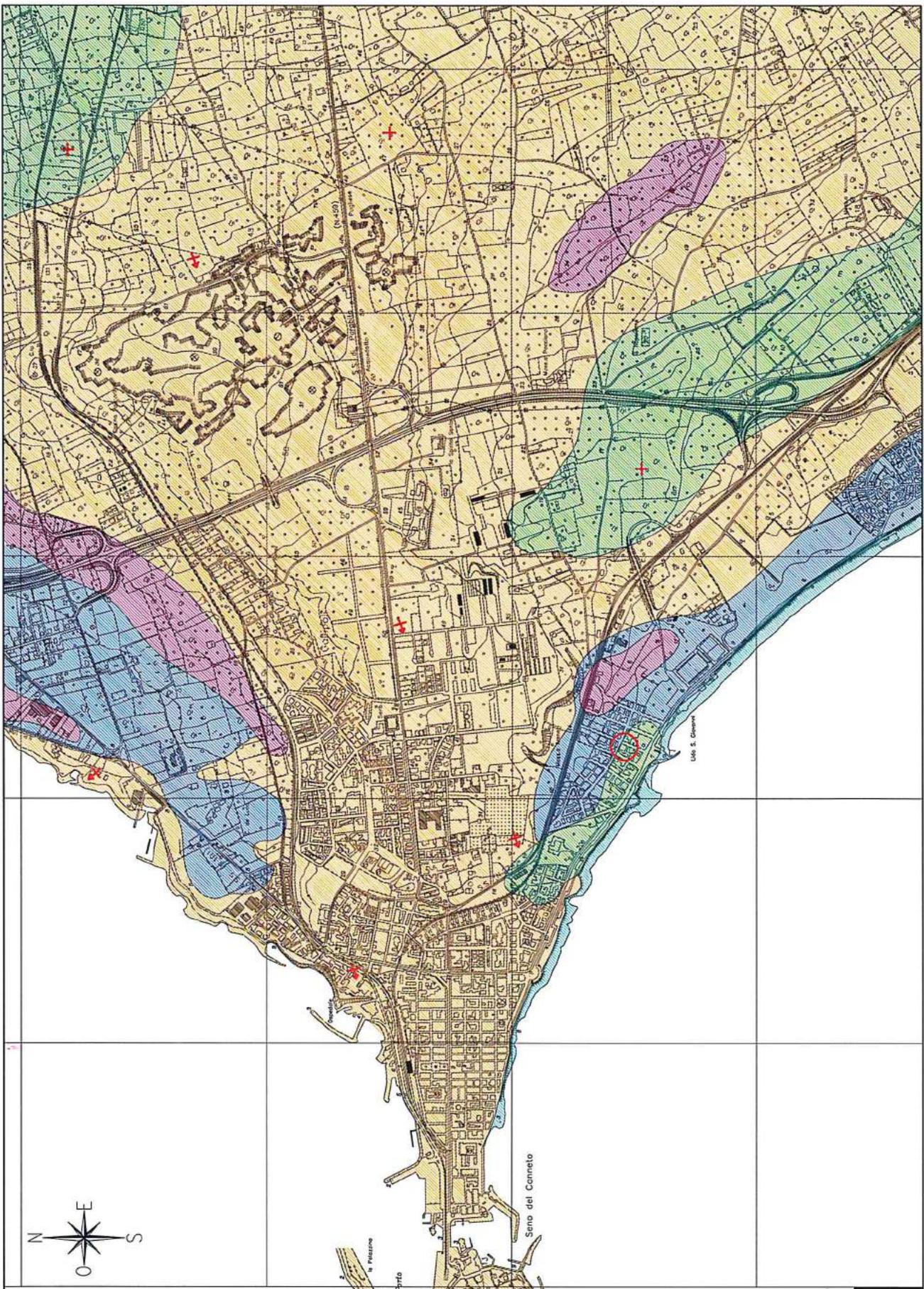
Come accennato, superiormente alle Argille-grigio-azzurre si rinvengono, con probabile passaggio graduale, dei depositi sabbiosi di natura calcareo-micacea.

Il deposito sabbioso in questione si correla abbastanza bene dal punto di vista stratigrafico e litologico con le formazioni sabbiose del Ciclo plio-pleistocenico su menzionato.

Così come le argille grigio-azzurre calabrianiche, anche tale deposito sabbioso risulta variamente costituito e potente da luogo a luogo delle zone di affioramento, andando dall'area ofantina a quella premurgiana e a quella salentina. In quest'ultima area, l'articolazione e frammentazione dei bacini di sedimentazione, ha prodotto la differente costituzione litologica, con riferimento alla presenza e alla frequenza di livelli arenacei, limosi e/o argillosi, calcarenitici, nell'ambito dei depositi sabbiosi.

Per quanto riguarda specificatamente l'area rilevata, tale deposito è costituito da sabbie sciolte, solo localmente contenenti livelli cementati.

Il colore è giallo-paglierino, la grana prevalentemente fine ed uniforme.



**LEGENDA**

- DEPOSITI ALLUVIONALI**  
 Sabbie talora leggermente siltose ed argillose di colore grigiastro a grana media (Olocene)
- SABBIE**  
 Sabbie grigio-giallastre: dune costiere attuali e recenti. (Olocene)
- DUNE**  
 Sabbie grigio-giallastre a grana media e ad elementi calcarei arrotondati formati spesso da frammenti di molluschi. (Olocene)
- CARPARO**  
 Calcareniti di colore giallastro e avana giallognolo a grana medio-grossolana di norma massicce discretamente cementate e porose (Tirreniano)
- FORMAZIONE DI GALLIPOLI**  
 Formazione costituita essenzialmente da sabbie variamente cementate con intercalati banchi di calcare e passanti in profondità ad argille. (Pleistocene medio-superiore)

Sano S. Giorgio

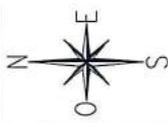
Gallipoli

Sero del Connetto

+ Strati orizzontali

+ Strati con pendenza inferiore a 10°

Area indagata



**CARTA GEOLOGICA**



## INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 14.01.2008 ed è stata finalizzata alla raccolta di tutti i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera dopo la realizzazione dell'intervento.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di un profilo sismico passivo e nell'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione.

### *Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor)*

Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione si è proceduto con l'esecuzione di un profilo sismico passivo.

La caratterizzazione sismica del terreno fondale è stata eseguita mediante l'analisi dei microtremori; essa viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, a 12 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30 Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

Si tratta di una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh.

Per rilevare onde sismiche trasversali, anche la sorgente energizzante deve generare onde a prevalente componente di taglio.

Per tale motivo è stato utilizzato un sismografo della Geometrics “modello GEODE” con geofoni da 4.5 Hz.

Recenti studi hanno consentito di creare un modello matematico anche per trattare le onde S, cercando di godere del vantaggio della elevata energia associata a questo tipo di propagazione.

L'analisi delle onde S mediante tecnica **ReMi** viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria, ecc.

L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

L'elaborazione del segnale consiste, nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f (fig.1).

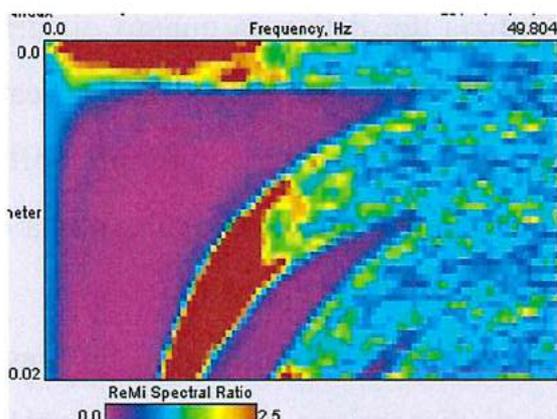


Fig. 1 Esempio di spettro di potenza p-f.

Nell'immagine di figura 1 è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo.

A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" (fig.2) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) per alcune frequenze.

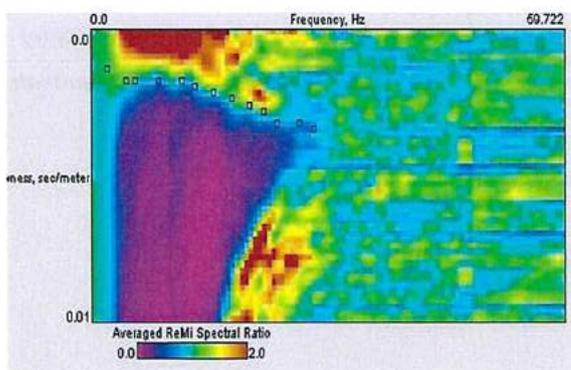
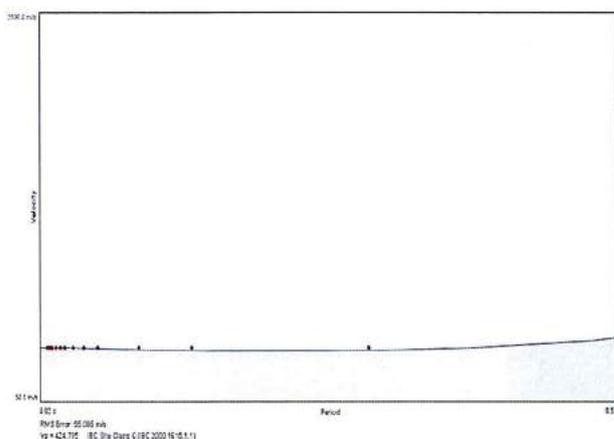


Fig. 2 Esempio di picking

Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.

La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati **ReMi**, consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze dell'utente più esperto.

I dati selezionati dall'immagine p-f vengono plottati su un diagramma, nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità nel modello, la curva di dispersione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking (fig.3).



*Fig.3:  
Modellizzazione diretta interattiva: curva di dispersione calcolata (grigio) e curva sperimentale con picking (puntinato rosso).*

La curva di dispersione calcolata, approssimativamente coincidente con la curva sperimentale, viene associata ad un modello sintetico.

Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e dipendentemente dal software usato può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale.

Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore.

La  $V_{S30}$  è stata calcolata con la seguente espressione

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum h_i/V_i}$$

Da tale relazione è emerso un valore di  $V_{S30}$  di **572** m/sec.

Indagine geognostica, sismica e relazione geologico-tecnica per il progetto di variante di un edificio turistico-residenziale (Hotel Victoria) sito alla via Petrarca nel Comune di Gallipoli



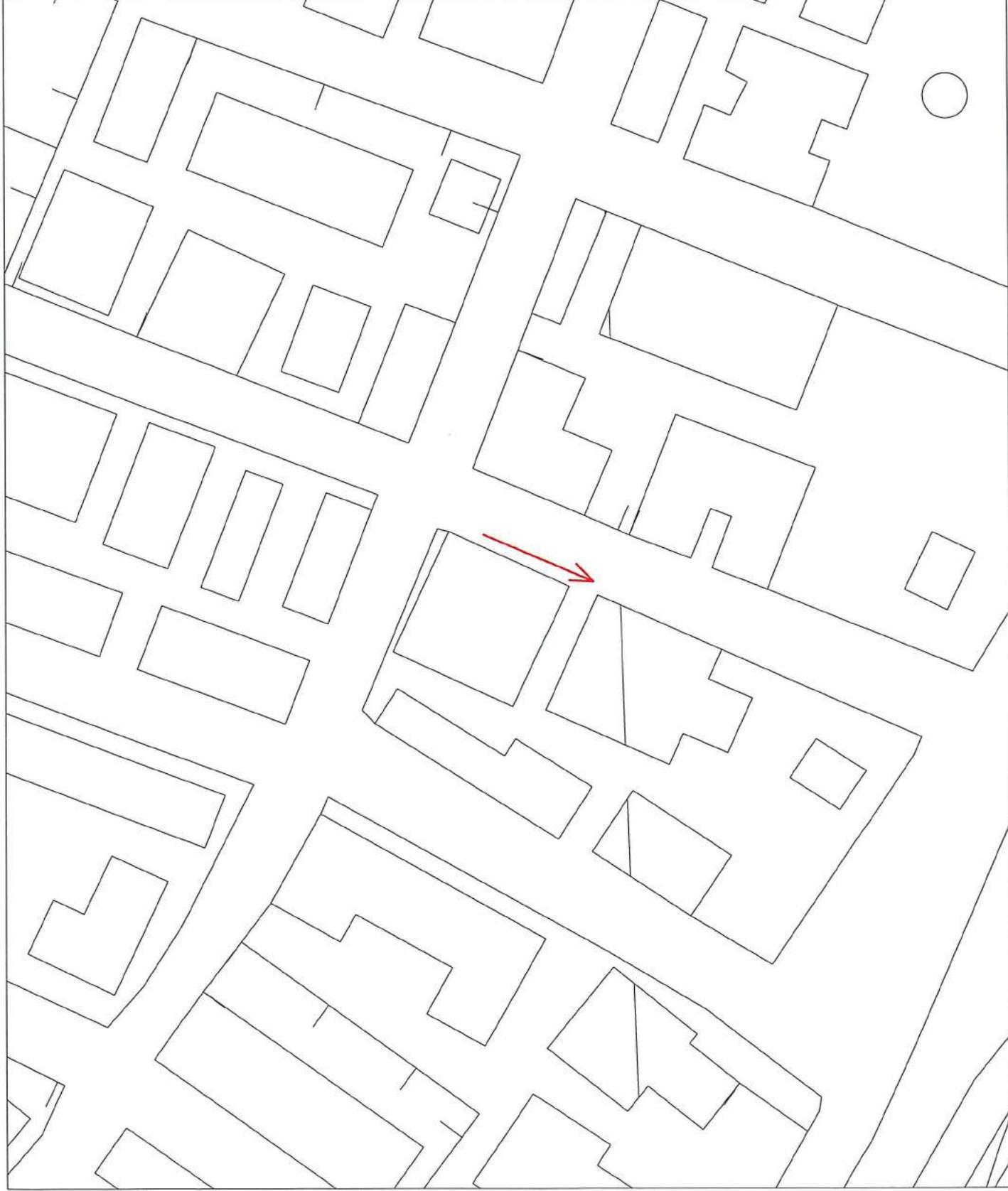
Esecuzione indagine sismica ReMi

UBICAZIONE PROFILO SISMICO RE.MI

Legenda

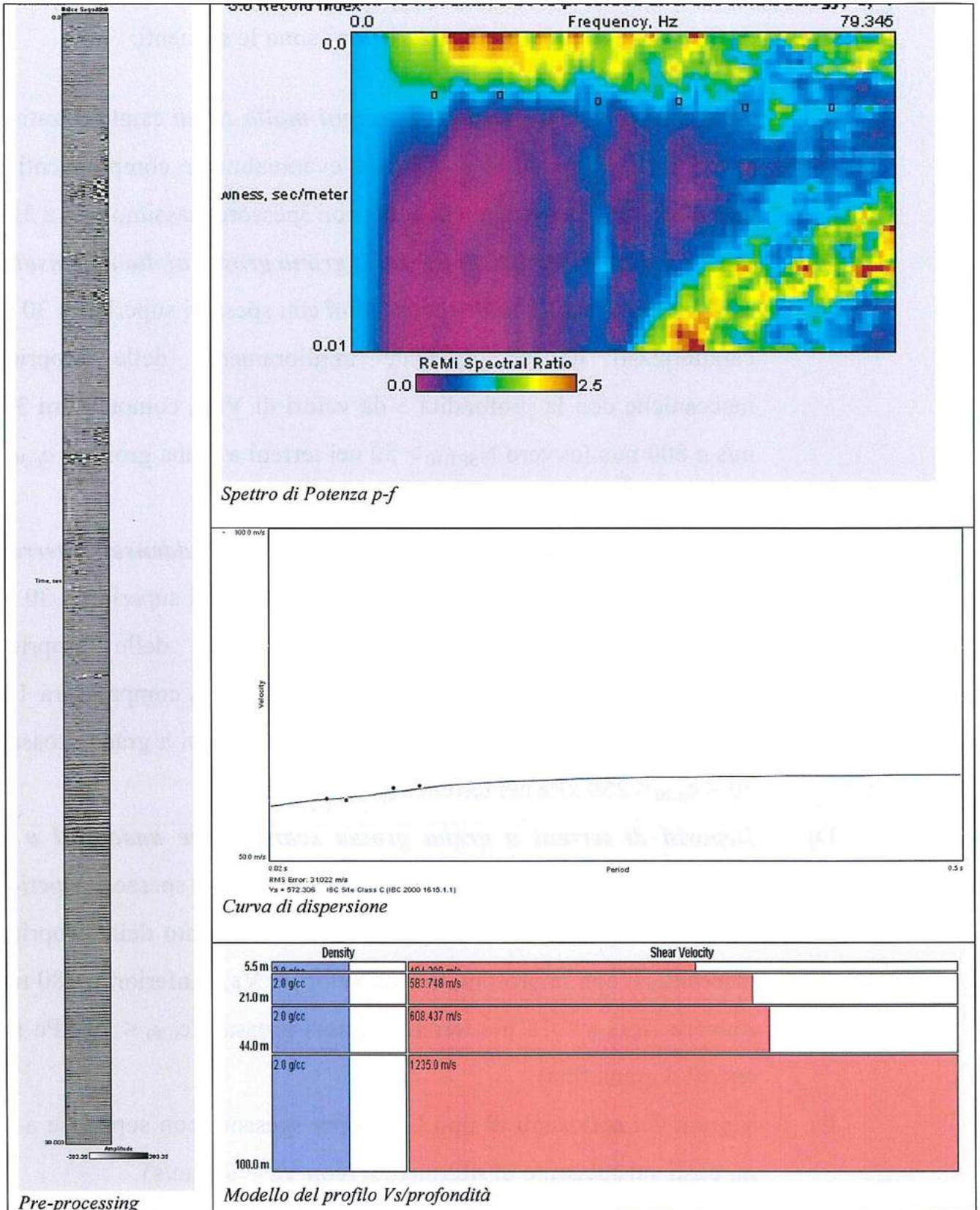


Profilo sismico Re.Mi



Scala 1:1000





Le categorie di suolo individuate dal Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le costruzioni" sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina) ;
- C) ***Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina);
- D) ***Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina)
- E) Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Il suolo di fondazione rientra pertanto nella **categoria B** con valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 e 800 m/sec, mentre la categoria topografica risulta la T1, superfici pianeggianti.

I caratteri del moto sismico sono:

<b>Stato Limite</b>	<b>Tr (anni)</b>	<b>Ag (g)</b>	<b>Fo</b>	<b>Tc (s)</b>
Operatività (SLO)	30	0.016	2.371	0.162
Danno (SLD)	50	0.021	2.354	0.233
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.054	2.495	0.518
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.068	2.602	0.549
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Ag=accelerazione massima al sito; Fo=valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; Tc=periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Con i suddetti parametri si è proceduto al calcolo dei coefficienti sismici:

	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
<b>Ss</b> = amplificazione stratigrafica	1.20	1.20	1.20	1.20
<b>Cc</b> = Coeff. Funz. Categoria	1.58	1.47	1.25	1.24
<b>St</b> = Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

SLO= stato limite di immediata operatività; SLD= stato limite di danno SLV= stato limite di salvaguardia della Vita; SLC= stato limite di prevenzione collasso.

### ***Indagine sismica a rifrazione***

Per determinare la successione stratigrafica e le proprietà geotecniche del terreno fondale si è proceduto con l'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione.

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni, con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità ( $V_p$ ) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

E' stato eseguito un profilo sismico coniugato, adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra rettangolare

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod. Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

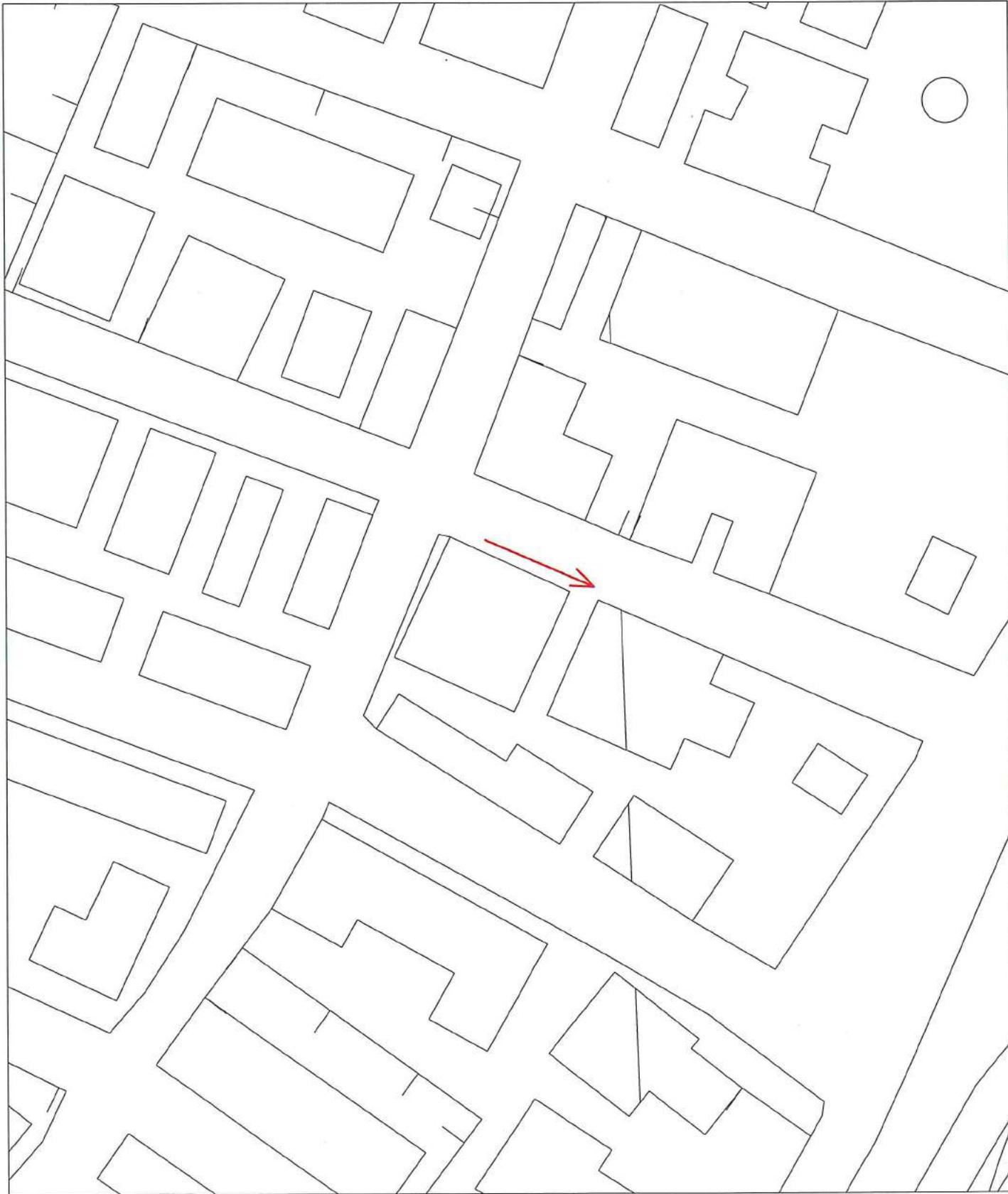
L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

UBICAZIONE PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

Legenda



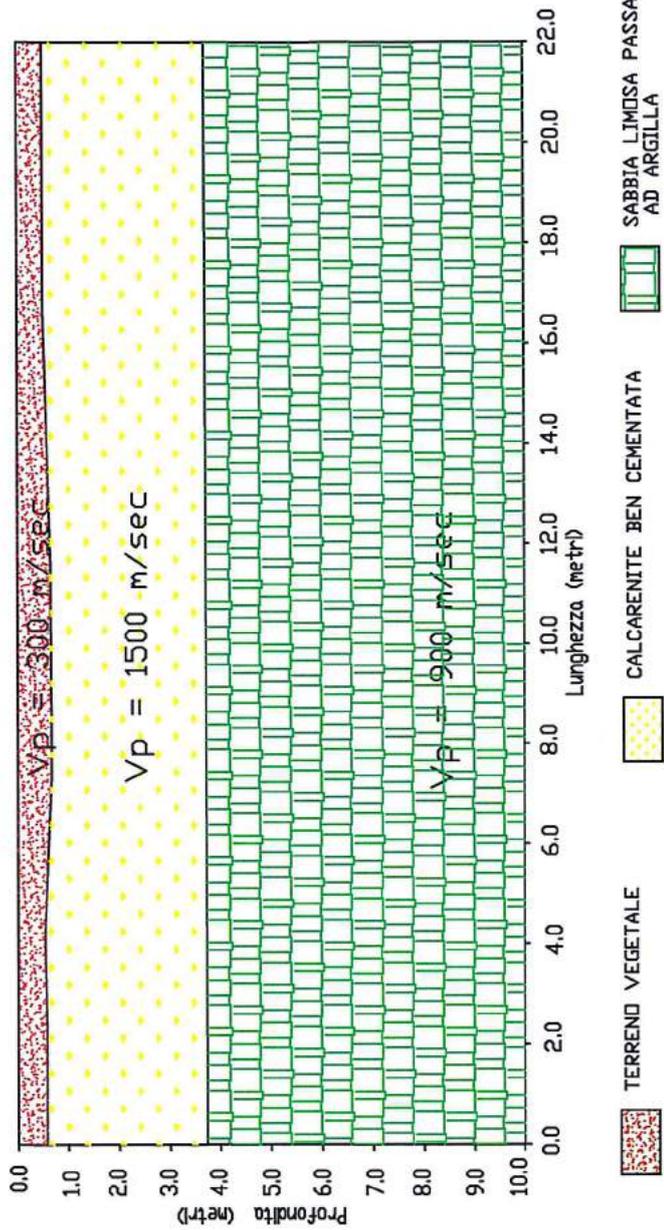
Profilo sismico a rifrazione



Scala 1:1000



PROFILLO SISMICO A RIFRAZIONE  
LOCALITA' VIA PETRARCA - COMUNE DI GALLIOLI





Dal profilo sismico ha evidenziato un modello a tre sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale che presenta una velocità di 300 m/sec, il secondo sismostrato è stato rilevato ad una profondità di 0.6 metri e presenta una velocità di 1500 m/sec ed è assimilabile ad una calcarenite ben cementata. Alla profondità di 3.8 metri è stata rilevata una sabbia limosa passante ad argille.

In sintesi la successione stratigrafica può essere così riassunta:

- da mt 0.00 a mt 0.60                      Terreno vegetale
- da mt 0.60 a mt 3.80                      Calcarenite ben cementata
- da mt 3.80 a mt 10.00                      Sabbie limose passanti ad argilla

Le caratteristiche geotecniche sono state determinate attraverso le velocità delle onde sismiche  $V_p$  e  $V_s$ , ed i parametri sono di seguito riportati:

#### ***Calcarenite***

- angolo di attrito interno                       $\phi = 35^\circ$
- coesione     $c = 0.06 \text{ kg/cmq}$
- peso per unità di volume                       $\gamma = 2.1 \text{ gr/cm}^3$
- poisson     $\eta = 0.38$

#### ***Sabbie limose passanti ad argilla***

- angolo di attrito interno                       $\phi = 19^\circ$
- coesione     $c = 0.09 \text{ kg/cmq}$
- peso per unità di volume                       $\gamma = 1.9 \text{ gr/cm}^3$
- poisson     $\eta = 0.41$

## VERIFICA DEGLI STATI ULTIMI (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismo di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alla condizione di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

### **SLU di tipo geotecnico**

- *collasso per carico limite*
- *collasso per scorrimento sul piano di posa*
- *stabilità globale*

### **SLU di tipo strutturale**

- *raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali*

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d$$

Dove  $E_d$  = valore di progetto delle azioni o effetto dell'azione

$R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico  
(terreno)

La verifica di detta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti:

- per le azioni (A1 e A2)
- per i parametri geotecnivi (M1 e M2)
- per le resistenze (R1, R2, R3)

### Azioni

Il valore di progetto ( $E_d$ ) delle azioni si calcola moltiplicando le azioni per i coefficienti della tabella 1

**Tabella 1: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni**

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE	EQU	(A1)	(A2)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

### Resistenze

La resistenza  $R_d$  del terreno si calcola utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnivi del terreno divisi per i coefficienti parziali  $\gamma_m$  della tabella 2:

**Tabella 2: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo resistenza al taglio	$\tan \varphi'k$	$\varphi'k$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'k$	$\gamma c'$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$C_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma\gamma$	1.0	1.0

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale ( $q_u$ ) deve essere applicato un coefficiente parziale di 1.6.

Il valore di progetto dei parametri di resistenza ( $c'$  e  $\varphi'$ ) devono essere impiegati sia per la determinazione dei fattori di capacità portante,  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ , sia per la determinazione dei coefficienti correttivi, ove tali coefficienti intervengono. I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito di approcci progettuali distinti ed alternativi.

### Approccio 1

Si basa sul concetto dei coefficienti di sicurezza parziale e considera due famiglie di combinazioni (una combinazione di tipo strutturale STR "scenario A1+M1+R1" e una combinazione di tipo Geotecnico GEO, "scenario A2+M2+R2" generalmente con le seguenti modalità:

- **combinazione 1 (A1+M1+ R1) combinazione di tipo strutturale STR**
- **combinazione 2 (A2+M2+R2) combinazione di tipo geotecnico GEO**

dove

A = coefficiente di amplificazione dei carichi;

M = coefficiente di riduzione dei parametri geotecnici;

R = coefficiente di riduzione delle resistenze (portanza, scorrimento ecc..)

La prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opera a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

## **Approccio 2**

In questo tipo di approccio è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche:

### **(A1 + M1 + R3) (STRU-GEO)**

In questo tipo di combinazione vengono incrementati le azioni permanenti e variabili (A1) con i coefficienti parziali sulle azioni, vengono lasciate inalterate le caratteristiche di resistenza del terreno (M1), mentre la resistenza (R3) assume valori ridotti o invariati in relazione al tipo di verifica (GEO-STR).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.

In definitiva, la norma dà la facoltà di scegliere in alternativa l'Approccio 1 verificando entrambe le combinazioni, oppure l'approccio 2 – combinazione unica.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1: combinazione 2: (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabella 1 e nella 3 per le azioni e i parametri geotecnici e dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  delle resistenze (tab. 4).

Le rimanenti verifiche (rottura per carico limite e per scorrimento) devono essere effettuate tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 1 , 2 e 3 seguendo almeno uno dei due approcci:

**Tabella 3: Coefficienti e al variare di  $\tan\theta$ , dove  $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right)$**

$\tan\theta$	FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE			COEFFICIENTI RIDUTTIVI		
	$N_{qE}$	$N_{\gamma E}$	$N_{cE}$	$e_q$	$e_\gamma$	$e_c$
0	16.51	23.76	26.86	1.00	1.00	1.00
0.807	12.86	15.34	20.55	0.78	0.65	0.77
0.176	9.84	9.45	15.31	0.60	0.40	0.57
0.268	7.30	5.36	10.90	0.44	0.23	0.41
0.364	5.12	2.61	7.14	0.31	0.11	0.27
0.466	3.21	0.88	3.83	0.19	0.04	0.14
0.577	1.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00

**Tabella 4: Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

Le opere fondali saranno attestate sulle sabbie limose, pertanto i parametri caratteristici di progetto sono riportati nella tab. 5.

**Tabella 5: Parametri caratteristici**

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_m$ <i>Calcarenite</i>		Coefficiente parziale $\gamma_m$ <i>Sabbia limosa passante a limo argilloso</i>	
	M1	M2	M1	M2
Tan $\phi'$	35	29	19	15
$c'$	0.06	0.048	0.09	0.072
$\gamma$	2.1	2.1	1.9	1.9

tan  $\phi'$  = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°);  
 $\gamma$  = peso dell'unità di volume (g/cmc);  $c'$  = coesione efficace (kg/cmq).

## CAPACITA' PORTANTE

Per il calcolo della capacità portante è stato applicato l'approccio 1 combinazione 2, combinazione di tipo geotecnica GEO (A2 + M2 + R2), nel nostro caso per la determinazione della capacità portante dei terreni è stata utilizzata la relazione di Meyerhof per fondazioni continue, orizzontali e senza inclinazione di carico. La formula è la seguente:

$$q_{lim} = cN_c s_c d_c + \gamma D N_q s_q d_q + 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

dove  $N_\gamma$ ,  $N_q$ ,  $N_c$  = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di attrito efficace  $\phi'$ ;

$s_\gamma$ ,  $s_q$ ,  $s_c$  = fattori di forma della fondazione;

$d_q$ ,  $d_c$ ,  $d_\gamma$  = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Ai fattori di capacità portante sono stati assegnati i valori proposti da VESIC (1975).

Il valore dei fattori di forma è stato calcolato mediante le relazioni:

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0,1 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$$

dove :

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

con :  $L$  = lunghezza della fondazione

$B$  = larghezza

Nei casi reali la fondazione è posta sempre ad una certa profondità  $D$  al di sotto del p.c..

Ciò comporta:

a) un effetto stabilizzante dovuto alla presenza del sovraccarico  $q' = \gamma D$  agente ai bordi della fondazione;

b) un effetto stabilizzante dovuto alla resistenza al taglio mobilitabile lungo la superficie di scorrimento.

Il primo è rappresentato nell'espressione  $q_{lim}$  dal termine  $(q'Nq)$ ; il secondo è ricavabile dall'espressione approssimata (Meyerhof, 1970):

$$d_c = 1 + 0,2\sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1\sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B}$$

dove:

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$$

con:  $D =$  profondità

$B =$  larghezza

Il carico di sicurezza,  $q_s$ , è stato ottenuto applicando alla capacità portante ultima ( $q_{lim}$ ) un coefficiente pari a 1.8

<b>Calcolo del Carico Limite con il metodo di Meyerhof</b>			
<b>Parametri geotecnici del terreno</b>			
Peso dell'unità di volume terreno di fondazione	$(\gamma)$	t/m c	<b>1.90</b>
Angolo di attrito interno	$(\varphi)$	°	<b>15.00</b>
Coesione	$(c')$	t/m <sup>2</sup>	<b>0.72</b>
$K_p$			<b>1.69840</b>
Peso dell'unità di volume terreno di riporto	$(\gamma_r)$	t/m c	<b>1.30</b>

<b>Caratteristiche geometriche della fondazione</b>			
Larghezza fondazione	B	m	<b>1.00</b>
Lunghezza fondazione	L	m	<b>5.00</b>

Eccentricità larghezza	$e_x$	m	0.000
Eccentricità lunghezza	$e_y$	m	0.000
Approfondimento	D	m	0.80
Inclinazione carico	i	°	0.00
Larghezza ridotta	B'	m	1.00
Lunghezza ridotta	L'	m	5.00

Coefficients di fondazione			
Nq		3.9411	$e^{(\pi \cdot \text{tg } \varphi)} \cdot \text{tg}^2 (45^\circ + \varphi/2)$
$N_\gamma$		1.1290	$(Nq - 1) \text{tg} (1,4 \varphi)$
Nc		10.9765	$(Nq - 1) \text{ctg} (\varphi)$

Fattori di forma			
$s_c$		1.0679	$1 + 0,2 \cdot Kp (B/L)$
$s_q = s_\gamma$		1.0340	$1 + 0,1 \cdot Kp (B/L)$

Fattori di profondità			
$d_c$		1.2085	$1 + 0,2 Kp^{1/2} \cdot D/B$
$d_q = d_\gamma$		1.1043	$1 + 0,1 Kp^{1/2} \cdot D/B$

Fattori di inclinazione del carico			
$i_q = i_c$		1.0000	$(1 - i^\circ/90)^\circ$
$i_\gamma$		1.0000	$(1 - i^\circ/\varphi)^\circ$

### Calcolo del carico limite

4.6799	$\gamma_r \cdot D \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$
1.2246	$0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$
10.1999	$c' \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c$

$q_d$		t/m <sup>2</sup>	16.1043	TOTALE
-------	--	------------------	---------	--------

Il carico ammissibile risulta pari a 0.9 kg/cmq

## CONCLUSIONI

Su incarico dell'Ing. Marco Fumarola per conto del Sig. Cesario Faiulo Amministratore Unico e Legale Rappresentante della Società "Hotel Victoria Srl", il sottoscritto ha eseguito un'indagine geognostica su un'area interessata dal progetto di variante di una struttura turistico-ricettiva denominata Hotel Victoria ubicata alla Via Petrarca nel Comune di Gallipoli.

Dai rilievi geologici di superficie e dalle indagini eseguite, è emerso quanto segue:

- litologicamente affiora la Formazione di Gallipoli composta da sabbie al tetto e da argille in profondità;
- morfologicamente l'area risulta pianeggiante ed è posizionata ad una quota topografica di circa 10 metri s.l.m.;
- dall'indagine sismica con metodologia Remi, è stata determinata una  $V_{s30}$  di 572 m/sec. La categoria sismica del suolo di fondazione è la B mentre con morfologia pianeggiante, la categoria topografica è la T1.
- Dal profilo sismico a rifrazione è risultata la seguente stratigrafia:
  - da mt 0.00 a mt 0.60                      Terreno vegetale
  - da mt 0.60 a mt 3.80                      Calcarenite ben cementata
  - da mt 3.80 a mt 10.00                      Sabbie limose passanti ad argilla

Le caratteristiche geotecniche sono state determinate attraverso le velocità delle onde sismiche  $V_p$  e  $V_s$ , ed i parametri sono di seguito riportati:

***Calcarenite***

-angolo di attrito interno	$\phi = 35^\circ$
-coesione	$c = 0.06 \text{ kg/cmq}$
-peso per unità di volume	$\gamma = 2.1 \text{ gr/cmc}$
-poisson	$\eta = 0.38$

***Sabbie limose passanti ad argilla***

-angolo di attrito interno	$\phi = 19^\circ$
-coesione	$c = 0.09 \text{ kg/cmq}$
-peso per unità di volume	$\gamma = 1.9 \text{ gr/cmc}$
-poisson	$\eta = 0.41$

- Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli strati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali, che risultano pertanto pari a:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_m$ <i>Calcarenite</i>		Coefficiente parziale $\gamma_m$ <i>Sabbia limosa passante a limo argilloso</i>	
	M1	M2	M1	M2
Tan $\phi'$	35	29	19	15
$c'$	0.06	0.048	0.09	0.072
$\gamma$	2.1	2.1	1.9	1.9

$\tan \phi' =$  tangente dell'angolo di resistenza al taglio ( $^\circ$ );  
 $\gamma =$  peso dell'unità di volume (g/cmc);  $c' =$  coesione efficace (kg/cmq).

- In considerazione dell'opera in progetto e dalle risultanze del presente studio, si consiglia di utilizzare fondazioni continue e di utilizzare un carico ammissibile pari a 0.9 kg/cmq.

Ruffano, dicembre 2016

Dott. geol. Marcello De Donatis



