

**COMUNE DI BARLETTA**  
 Provincia di Barletta - Andria - Trani  
**OGGETTO**

INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SUOLO  
 SUL QUALE INSISTE L'EX MATTATOIO COMUNALE PER LA REALIZZAZIONE DEL  
 COMANDO DEI VIGILI DEL FUOCO

STUDIO TECNICO INGEO  
 "ASSOCIAZIONE TRA  
 PROFESSIONI  
 C.FISC: 06756730724  
 P.IVA: 06756730724

Via: Vico San Pietro 9  
 76121 Barletta (BT)  
 Email: studio-tecnico-ingeo@libero.it



**Data: FEBBRAIO 2015**

**IL COMMITTENTE**  
 COMUNE DI BARLETTA  
 SERVIZIO DEMANIO, PATRIMONIO E CASA

**Coordinatore gruppo di progettazione**  
 Dott. Ing. Claudio DE ANGELIS

**I Progettisti**

Dott. Arch. Ing. Alessandro PALLADINO

Dott Ing. Michele ROSATI

**Il Geologo**

Dott. Geol. Pietro Salvatore CAPOZZA

**RELAZIONE GEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE  
 GEOTECNICA**

## Premessa

Lo scrivente, a seguito dell'incarico ricevuto dal Servizio Demanio, Patrimonio e Casa del Comune di Barletta, attraverso la determinazione dirigenziale **nr. 1969 del 29 dicembre 2014**, per la redazione di uno studio geomorfologico e geotecnico, meglio specificato in oggetto, presso l'ex mattatoio Comunale di Barletta, sito in via Andria, sulla SS. n° 170dir tratto Barletta – Andria, per la realizzazione del Comando dei Vigili del Fuoco, ha eseguito una campagna di indagini e prove in situ, al fine di acclarare l'assetto morfologico e geolitologico dell'area prescelta, nonché per acquisire i parametri per la caratterizzazione geotecnica dei terreni dell'immediato sottosuolo.

In ottemperanza alla normativa vigente (**Legge N. 64 del 2 Febbraio 1974** (e successivi aggiornamenti, **artt. 1 e 13**; **D.M. del 11 Marzo 1988 n° 47** - regolamento ed istruzioni emanate dal **Ministero dei LL.PP.**, con circolare del **3 Giugno 1981, N. 21597**), sono stati effettuati rilievi diretti e riferimenti a situazioni similari.

Lo scrivente, per il progetto di che trattasi, nel far riferimento ai dati della cartografia geologica ufficiale ed alle note scientifiche pubblicate in letteratura specifica, relativamente alle formazioni affioranti nel territorio di **Barletta**, ha ritenuto opportuno avvalersi, anche, delle relazioni geologico - tecniche già eseguite per studi di piani territoriali o per per la costruzione di edifici pubblici o privati, che hanno interessato la zona di studio, quali utili strumenti di orientamento e correlazione nella risoluzione delle problematiche specifiche connesse alla realizzazione della costruzione di cui all'oggetto.

I risultati delle indagini, degli studi e dei calcoli geotecnici completano lo studio geologico e ne costituiscono parte integrante e comprende i seguenti elaborati tecnici:

- relazione geologico-tecnica;
- stralcio planimetrico geomorfologico;
- successione litostratigrafica;
- istogrammi delle prove penetrometriche in situ;
- prospezione geosismica (Vs30 in base al D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)).

Con l'indagine in oggetto si sono potuti fornire ai progettisti i dati conoscitivi di base a carattere geologico e geotecnico al fine di una corretta progettazione delle strutture di fondazione relative allo edificio a realizzarsi e per definire la fattibilità geomorfologica e geotecnica dell'area.

Lo studio geomorfologico e la caratterizzazione geotecnica é stato perciò articolato seguendo lo schema consigliato dalle normative vigenti, con riferimento alle norme ed alle istruzioni del:

**D.M. 21.3.1988 n° 47;**

**D.M. 20.3.03 n° 3274;**

**D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).**

La conoscenza geologica e la caratterizzazione geotecnica del suolo e del sottosuolo, della zona interessata al progetto, sono state ottenute mediante rilievi, indagini geognostiche (scavi e saggi) e prove, basando la scelta dei coefficienti di sicurezza su fattori connessi sia alle proprietà dei terreni che alla ricorrenza probabilistica di eventi naturali.

- La caratterizzazione geotecnica é stata ottenuta con le indagini in situ (prove penetrometriche, indagini geosismiche, saggi), e risulta coerente con la ricostruzione geologica e litostratigrafica. I dati rilevati sono riportati nella apposita documentazione allegata.

- L'ampiezza delle indagini é stata proporzionata alle dimensioni ed alle caratteristiche strutturali delle opere da realizzare, tenendo conto anche della personale conoscenza della zona.

### **Lineamenti geomorfologici del territorio**

I lineamenti geomorfologici di seguito riportati riguardano l'intero territorio del **Comune di Barletta**, compreso interamente nel **Foglio n. 176 "Barletta"** della Carta Geologica d'Italia, in scala **1 : 100.000**.

L'aspetto topografico dominante è quello caratteristico dei terrazzi marini, dolcemente degradanti verso la linea di costa.

Il territorio, verso mare, è caratterizzato da numerose zone pianeggianti, talvolta di notevoli estensioni, che costituiscono gli ultimi lembi residui dell'azione marina in fase di colmamento (regressione).

Tali pianori possono essere talvolta fittamente incisi da solchi erosivi non sempre perpendicolari alla linea di costa.

Verso monte l'agro del **Comune di Barletta** è caratterizzato da rilievi collinari, con altezza media di **40 - 50 m s. l. m.**, con morfologia mammellonata, solcati da incisioni paleotorrentizie (lame) orientate verso nord-ovest, con tendenza verso il fiume **Ofanto**, o in direzione nord-est, cioè verso la linea di costa.

I rilievi degradano verso il mare, raccordandosi alle spiagge attuali a mezzo di piani, dati da vecchi terrazzi marini che assumono un orientamento **SE-NW**, ossia parallelo alla linea di costa, mentre il raccordo fra le strutture morfologiche dei pianori e delle spiagge attuali, avviene con un cambio repentino di pendenza e con salti di pochi metri.

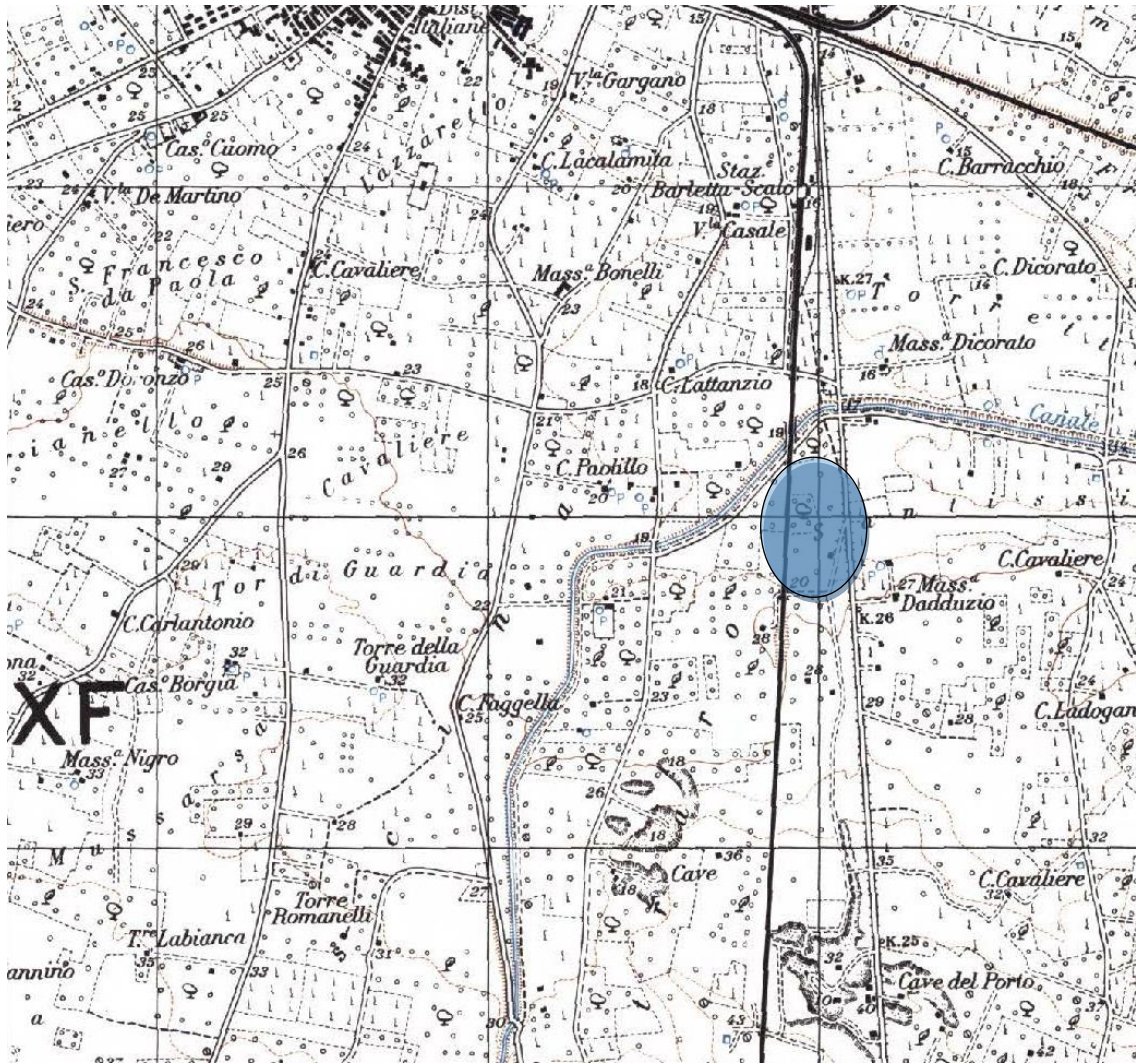
Il dato più importante, che si rileva dall'analisi del territorio posto a sud-est dell'area di studio è l'esistenza di estesi pianori che risultano contornati da orli di terrazzo, per caduta di pendio, ed abbracciano una zona, morfologicamente depressa, che si orienta verso il vallone "**Camaggi**", ossia verso la ferrovia **Bari-Nord** e la **S.S. 170** per **Andria**.

I lineamenti topografici del territorio sono condizionati in maniera determinante dalla natura delle rocce clastiche e l'acclività, più o meno accentuata, risulta strettamente legata allo stato di aggregazione ed all'assetto dei litotipi affioranti.

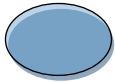
I materiali presenti sono, in generale, facile preda degli agenti erosivi e pertanto le forme del territorio sono in continua evoluzione.

Tale caratteristica accentua l'intensità di alcune zone in pendio, specie di quelle in cui compaiono litotipi scarsamente cementati a grana fine.

In particolare l'area in esame si colloca su isoipse **18-19** metri sul livello mare.



**UBICAZIONE DEL SITO TAVOLETTA I.G.M. 1:25000**



# STRALCIO AEREOFOTOGRAMMETRICO



# UBICAZIONE DEL SITO

## GEOLOGIA DEL TERRITORIO

### Indagini geognostiche.

#### **A)** Mezzi d'indagine.

- Rilevamento geologico della zona.
- Scavi con mezzi meccanici.
- Sondaggi geognostici.
- Prove penetrometriche dinamiche (SPT)
- Prospezione geosismica attraverso il metodo MASW (Vs30 in base al D.M. 14.01.2008 (Nuove Tecniche per le Costruzioni)).
- Prospezione geosismica attraverso la sismica a RIFRAZIONE

#### **B)** Descrizione.

Per la realizzazione della carta della geologia del territorio, su cui ricade l'area oggetto di studio, è stato necessario esaminare non solo la natura litologica dei terreni affioranti, ma anche le loro caratteristiche fisiche macroscopiche, quali la granulometria e lo stato di addensamento (compattezza).

Il territorio, dal punto di vista geologico, è costituito prevalentemente da una successione di depositi marini, riferibili al **Plio-Pleistocene**, ed alluvionali, riferibili all'**Olocene**.

I depositi marini del **Plio-Pleistocene** si presentano con giacitura sub-orizzontale, con lieve inclinazione, generalmente inferiore a **10°**, data dal normale degrado verso la linea di costa, posta a **nord**.

Nella carta geologica ufficiale l'insieme di tali depositi di età pleistocenica e olocenica vengono individuati con la simboleggiatura **Q<sub>m</sub>** e **a1**.

Per quest'ultimi (**a1**) precedenti studi a carattere litostratigrafico e morfologico condotti sui depositi quaternari, affioranti nella **Tavoletta F.176 1° N-O Barletta** e quindi anche nella zona in studio, consentono di ritenere i terreni in esame come sedimenti marini di paleolaguna o comunque di bacini chiusi in parte sovrapposti, giustapposti o sottostanti a depositi di facies prevalentemente terrigena eluviale ed alluvionale.

Questa semplice schematizzazione non soddisfa, comunque, da un punto di vista tecnico applicativo, in quanto non discrimina, all'interno dell'unica formazione, le differenti litofacies.

Le eterogeneità delle singole unità del deposito, infatti, comportano una diversa risposta geomeccanica del sedimento e quindi un differente approccio conoscitivo.



Morfologicamente la zona studiata, compresa tra il **IV°** ed il **V°** ordine di terrazzo, si configura con una tipica depressione strutturale del substrato, in gran parte ricolmata dai depositi post-pliocenici ed olocenici.

Non sono evidenziabili riprese dei fenomeni dislocativi in epoca recente ma é tuttavia da presumere una lenta azione di sollevamento, accompagnata da una maggiore attività erosiva e dal graduale spostamento del paleo-alveo verso sud.

*Questa formazione di depositi continentali sono cartografati nella parte sud-orientale della carta geolitologica allegata alla presente, da cui si evince che non interessano l'area d'intervento.*

Questi depositi alluvionali (**Olocene, a1**) sono di costituzione recente e sono dati da detriti sciolti di ciottolame calcareo inglobati in matrice sabbiosa e/o argillosa, derivanti dalle sedimentazioni fluvio-lacustri e dallo smantellamento del "pacchetto" plio- pleistocenico. Hanno una potenza variabile, a seconda della giacitura ed inclinazione del substrato, ma in generale crescente da **ovest** verso **est**.

I ciottoli risultano poco arrotondati e poco appiattiti, con dimensioni via via decrescenti dall'alto verso il basso; si hanno intervallati frequenti lenti sabbiose e rare lenti argillose; la stratificazione è irregolare e poco inclinata; la composizione si presenta eterogenea ed il colore è spesso ocraceo o rossastro.

Mentre la morfologia del "pacchetto" pleistocenico, é quella tipica dei terrazzi marini costieri, ossia bassi ripiani con andamento parallelo alla linea di costa, che si raccordano alle spiagge attuali a mezzo di gradini o scarpate, di altezza non superiore ai **3-4 mt**.

La caratterizzazione geologica più importante del territorio è data da questa successione stratigrafica di terreni del ciclo sedimentario regressivo plio-pleistocenico, che si evidenziano, dall'affioramento di strati di sabbie limose, intercalate da livelli di argille ossidate grigio-verdi, a volte tendenti al marrone, e livelli di calcarenite grossolana poco cementata.

Tale formazione, prevalentemente siltosa, ha spesso come copertura una crosta calcarea molto fratturata, di spessore variabile tra i **30** ed i **50** centimetri. Il livello superficiale, prettamente sabbioso, di questa formazione presenta uno spessore complessivo tra i **3.00** ed i **4.00** metri. Questo strato é costituito da sabbie quarzose e calcaree, spesso cementate, di colore giallastro e di spessore variabile; si trovano in posizione sottostante la crosta calcarea di cui sopra, mentre giacciono a mo' di copertura sui limi sabbiosi, sulle argille sabbiose ed argille sottostanti.

Difficile risulta stabilire il passaggio esatto tra le sabbie e le argille, verso il basso, e tra le sabbie e la crosta calcarea, verso l'alto. A tal uopo si sono prodotte indagini in sito



(rilevamento geologico, sondaggi geognostici e indagini geofisiche), oltre ad avvalersi della conoscenza della stratigrafia di pozzi, per l'utilizzo dell'acqua di falda.

Le sabbie di questo orizzonte contengono livelli arenacei molto diagenizzati, concrezioni calcaree nodulari, e limo calcareo polverulento; verso il basso le sabbie assumono una componente limo-argillosa e presentano concrezioni gessose, grigio-biancastre.

*Particolare attenzione si è rivolta alla caratterizzazione geotecnica di questi terreni sabbiosi poiché, a differenza della crosta calcarea di superficie, sono il substrato del piano di sedime delle fondazioni su cui insisteranno le fondazioni .*

I contatti o limiti geologici del passaggio fra le formazioni plio-pleistoceniche (sabbie) e i depositi alluvionali olocenici sono di difficile individuazione, con il semplice rilevamento di campagna, per la presenza di fitta vegetazione, che riveste la superficie di questi terreni, e di urbanizzazioni lungo gli orli di terrazzo, come già accennato.

Solo grazie alle indagini geofisiche, alle ispezioni effettuate in zone "pulite" lungo i paleoalvei di qualche solco erosivo, ed all'individuazione degli spessori del "pacchetto" plio-pleistocenico, affiorante in sbancamenti prodotti da mezzi meccanici, si è avuta la possibilità di effettuare correlazioni topografiche, individuando e trasferendo cartograficamente i presumibili limiti geologici

#### ORTOFOTO SATELLITARE CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

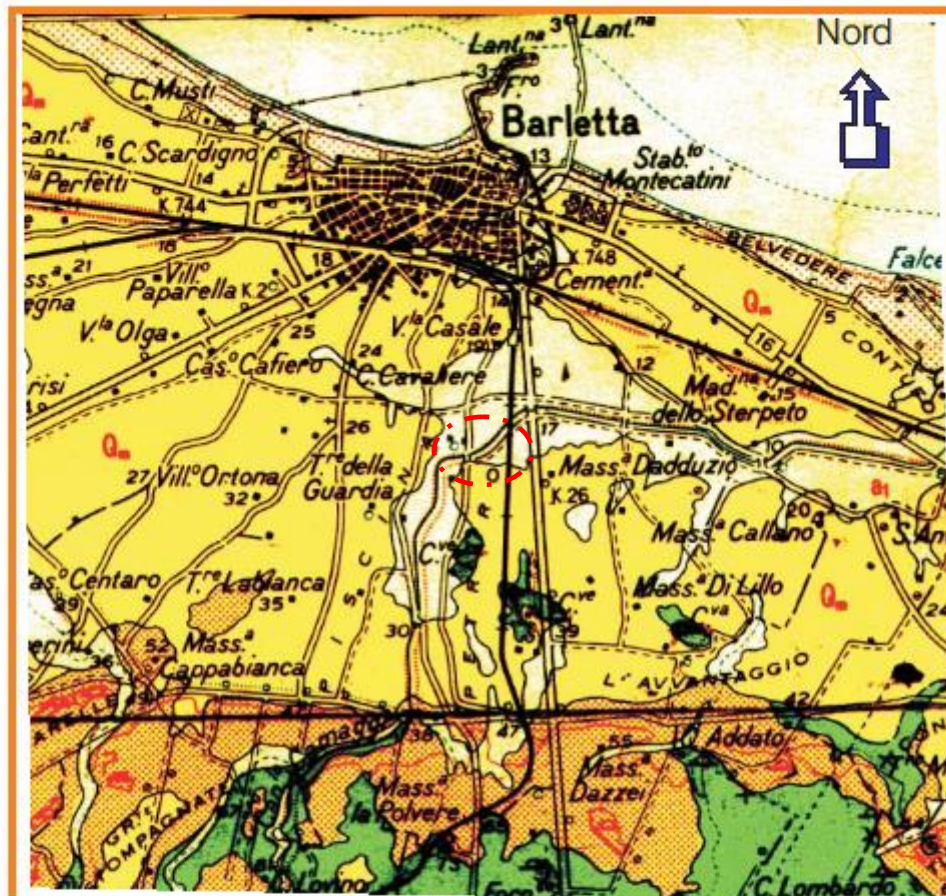


MASW= PROSPEZIONE GEOSISMICA ATTRAVERSO IL METODO MASW

SR= SISMICA A RIFRAZIONE

P1= PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (SPT)

CARTA GEOLITOLOGICA ( scala 1 : 50.000) da Carta Geologica d'Italia F. 176



q   
Sabbie delle  
spiagge attuali

a   
Alluvioni

Qm   
Depositi sabbiosi-argillosi

  
Calcareni  
(Tufi)

  
Calcari

  
Area dell'intervento

### **Litostratigrafia dell'area in esame**

I depositi in precedenza descritti rappresentano i sedimenti sui quali è sorta e poggia l'abitato di Barletta, in particolare l'area nella quale dovranno sorgere i manufatti. Essi sono ubicati alla quota media di **+ 19,00** metri sul livello del mare ad assetto orizzontale.

La situazione stratigrafica e sedimentologica, deriva dall'aver analizzato ed interpretati sondaggi geognostici e scavi d'assaggio eseguiti dagli scriventi in zone prossime al perimetro delle erigende strutture e in ogni caso poste a distanza geologicamente significativa dai luoghi in oggetto, la cui ubicazione è riportata in allegato.

In particolare essi hanno evidenziato dalla perforazione eseguita il 16 Gennaio 2015 la seguente successione stratigrafica:

- da 0,00 mt a - 1,00 mt terreno vegetale;
- da -1.00 mt a – 4,60 mt sabbia limosa;
- da -4,60 mt a -13,00 mt crosta carbonatica;
- da - 13,00 mt a -20,0 mt argilla di colore avana;
- da -20,0 mt a -25,0 mt sabbia limosa.

Dalla perforazione a distruzione continua eseguita il giorno 16 Febbraio 2015, è stata individuata la presenza di una falda tra la quota -20.00 m e la quota -25.00 m, dopo il superamento dello **STRATO ARGILLOSO**, evidenziando nel contempo una risalita dell'acqua nel foro di sondaggio di circa **8 mt** (ACQUA IN PRESSIONE), ovvero un livello piezometrico di **- 12.00 mt**.



Dott. Geol. Pietro Salvatore CAPOZZA - Vico San Pietro, 9 Barletta (BT) - Tel. 3206633416										
<b>SONDAGGIO: 1</b>			LUNGHEZZA (m): 25,0			LEGENDA:				
DAMETRI: 0,0 AMETRI: 25,0			Sonda tipo:			PROVE S.P.T.: PA Punta aperta - PC Punta chiusa				
Responsabile: GEOL. PIETRO SALVATORE CAPOZZA Operatore: Trivel Pali Stefano Miscioscia						CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier				
COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNE DI BARLETTA						R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.				
CANTIERE: EX MATATOIO COMUNALE DI BARLETTA						PIEZOMETRI: AAperito - C Casagrande - E Elettrico				
LOCALITA': BARLETTA						PERFORAZIONE: CS Carotiere semplice - CD Carotiere doppio - EC Elica continua				
DATA INIZIO: 16-2-2015 DATA FINE: 16-2-2015						STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento metallico				
QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.): 19						FB Fanghi bentonitici				
						% CAROTAGGIO ——— R.O.D. ———				
S.P.T. Prof. Tipo L. Valori	CAMPIONI Prof. Tipo	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carot. (%) R.O.D. (%)	Pocket Vane Test kg/cm <sup>2</sup>	FALDA Riu Stab	Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo Perf.ne	Metodo Stab.ne
12,2		TERRENO VEGETALE	1,0							
15,5 PA 10 18 24	1 2 3 4 5 6	SABBIALIMOSA	4,6							
		CROSTA CARBONATICA	5,0							
7,5 PA 9 18 20	7 8 9 10 11 12 13	SABBIADENSA	13,0							
15,0 PA 8 16 20	14 15 16 17 18 19 20	ARGILLA DI COLORE AVANA	20,0			12,0 ⊕				
	21 22 23 24 25	SABBIALIMOSA	25,0			20,0 ⊕				



Perforazione a distruzione continua

**COMPATIBILITA' DELLE PREVISIONI PROGETTUALI CON IL P.A.I. (Piano per L'assetto Idrogeologico - Regione Puglia)**

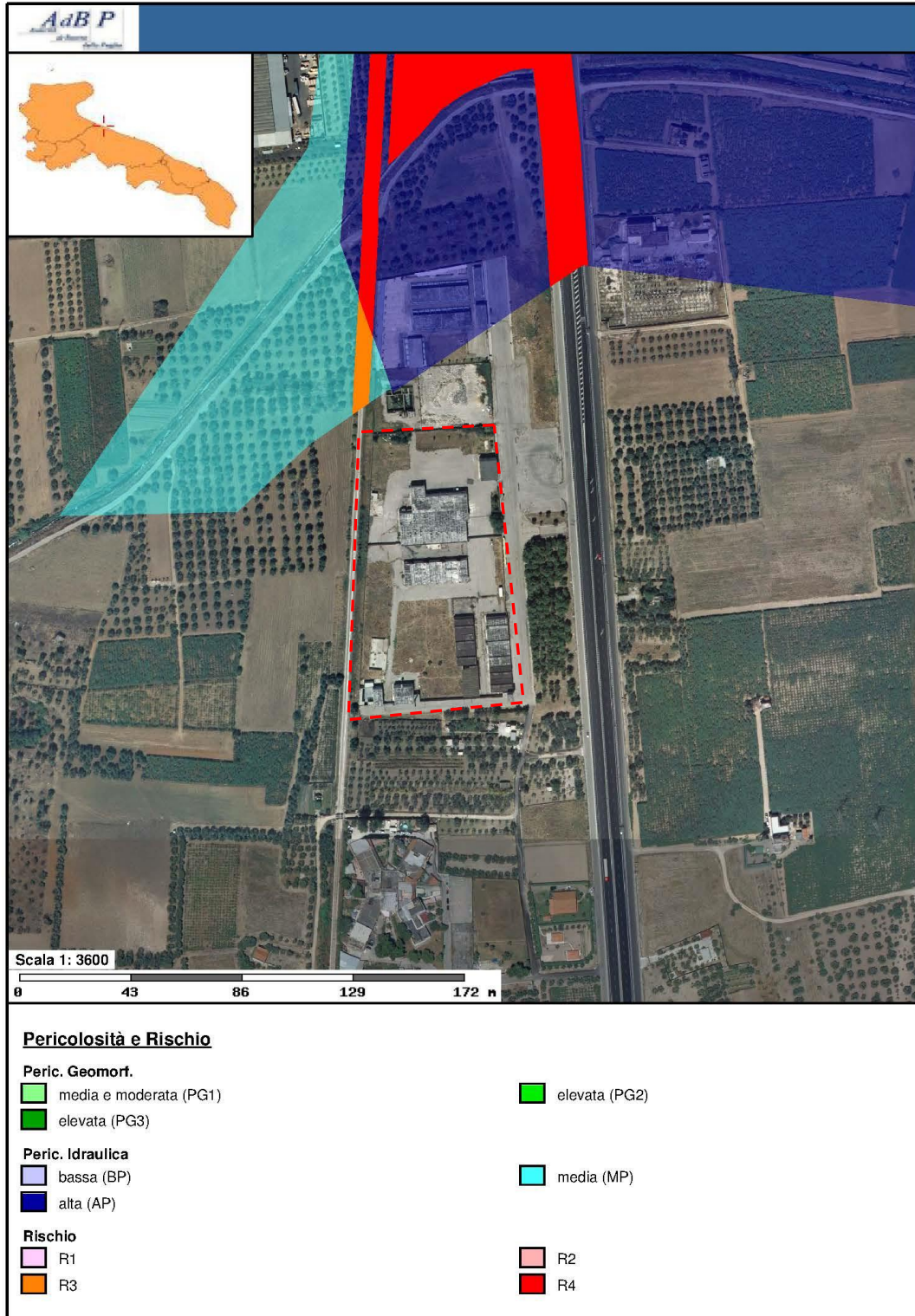
In merito alle condizioni di regime idraulico e di stabilità dei versanti il Piano di Assetto Idrogeologico, approvato con Delibera Istituzionale n°39 del 30/11/2005 dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, non individua aree a Pericolosità Idraulica e/o Geomorfologica in corrispondenza del sito oggetto d'intervento progettuale.

L'Autorità di Bacino della Regione Puglia ha prodotto, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (adeguato al Decreto Legislativo 42/2004), una Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese. Tale strumento, pur non avendo ancora valore formale in applicazione alle Norme Tecniche di Attuazione

del PAI, risulta una valida guida per accertare la presenza e l'andamento del reticolo idrografico sul territorio. A tal proposito, pur essendo presenti sul territorio comunale di Barletta alcune porzioni del reticolo idrografico, si è potuto verificare che l'area in esame, oggetto di intervento progettuale, non ricade all'interno di alcuna fascia di rispetto (potenzialmente inondabile) così come individuate all'art.6 comma 8 e all'art.10 comma 3 delle NTA del Piano per l'Assetto idrogeologico della Regione Puglia.

Pertanto sotto il profilo della pericolosità geologica l'area di interesse è di pericolosità geologica nulla.

Per quanto concerne la pericolosità idraulica l'area è perimetrata in pericolosità idraulica nulla (vedi Tav. perimetrazione delle aree del Sistema informativo territoriale dell'AdB Puglia).



***L'area in esame, oggetto di intervento progettuale, non ricade all'interno di alcuna fascia di rispetto (potenzialmente inondabile) così come individuate all'art.6 comma 8 e all'art.10 comma 3 delle NTA del Piano per l'Assetto idrogeologico della Regione Puglia.***



### **Giudizio sul potenziale di liquefazione**

Nell'ambito delle verifiche effettuate, poichè i terreni di fondazione risultano prevalentemente costituiti da sabbie e/o sabbie limose negli strati superficiali e da argille in profondità, assume significato la valutazione del potenziale di liquefazione.

Il potenziale di liquefazione viene definito attraverso i seguenti criteri o e/o metodi (vedi allegati grafici):

- Unità geomorfologiche e il tipo di deposito e sua età;
- Condizioni idriche e profondità della falda;
- Posizione deposito sedimentario
- Spessore dello strato sottostante le fondazioni e condizioni di drenaggio

Basando l'analisi su tali dati, è possibile definire un margine di sicurezza accettabile circa le opere da realizzare.

#### **a) CRITERIO DELL'UNITA' GEOMORFOLOGICA E TIPO DI DEPOSITO ED ETA'**

L'unità geomorfologica è pianeggiante con pendenza bassa e il tipo di deposito dell'area in esame è di età pleistocenica quindi di conseguenza la suscettibilità di liquefazione è bassa.

#### **b) CRITERIO DELLE CONDIZIONI IDRICHE E PROFONDITA' DELLA FALDA**

Secondo questo criterio la possibilità del terreno a liquefarsi in caso di eventi dinamici sismici aumenta se il terreno di sedime si trova al disotto del pelo libero di falda acquifera.

Da quanto si evince dallo studio geologico e idrogeomorfologico nella zona sono presenti falde a quote superiori a 9 metri, per cui si esclude la possibilità che le fondazioni si possano trovare immerse nell'acqua di falda.

**A tali condizioni :** *la suscettibilità alla liquefazione*  
***debole – molto debole***

#### **c) POSIZIONE DEL DEPOSITO SEDIMENTARIO**

(pendenza ed inclinazione degli strati e della superficie topografica)

Per questo criterio si può subito affermare che la zona si trova su un piano altimetrico a pendenza bassa e gli strati sono in giacitura suborizzontale.

**Pertanto:** *possibilità alla liquefazione*  
***nulla – bassa***

**d) SPESSORE dello strato sottostante le fondazioni e CONDIZIONI DI DRENAGGIO.**

Secondo questo criterio la possibilità alla liquefazione aumenta se lo spessore dello strato è superiore ai tre metri con un contorno di strati impermeabili, che evitano il deflusso o drenaggio orizzontale.

La situazione registrata è favorevole al drenaggio libero, sia arealmente che verticalmente in quanto le sabbie presenti sono in continuità stratigrafica sia lateralmente che in profondità.

***Pertanto:*** possibilità alla liquefazione

***nulla – bassa***

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE METODI TABELLARI

TIPOLOGIA DEL DEPOSITO	ETA' DEL DEPOSITO			
	< 500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
<i>Depositi Continentali</i>				
Canali fluviali	Molto Alta	Alta	Bassa	Molto Bassa
Planure di sedimentazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Planure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto Bassa
Sabbiolate e terrazzi marini	---	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Deltaidi	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Lagune	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto Bassa
Ghiacciai	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Tufi	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Tephra	Alta	Alta	Sconosciuta	Sconosciuta
Terreni residui	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Sabbie	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
<i>Zone Costiere</i>				
Deltaidi	Molto Alta	Alta	Bassa	Molto Bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Litorali	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
<i>Riempiimenti Artificiali</i>				
Non compatibili	Molto Alta	---	---	---
Compatibili	Bassa	---	---	---

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione in funzione della profondità del deposito e della età del deposito (Youd et al., 1978)

UNITA' STRATIGRAFICA	PROFONDITA' DELLA FALDA		
	< 9 m	9-15 m	> 15 m
<i>Olocene recente</i>	Forte	Debole	Molto Debole
<i>Altro Olocene</i>	Moderata	Debole	Molto Debole
<i>Pleistocene recente</i>	Debole	Debole	Molto Debole
<i>Pleistocene antico e depositi anteriori</i>	Molto Debole	Molto Debole	Molto Debole

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione in funzione della profondità della falda (Youd et al., 1978)



**EPC LIBRI**

UNITA' GEOMORFOLOGICHE	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
<i>Alvei fluviali attuali e passati</i> Fiumi Arce denudate Fiumi interdunali	<i>LIQUEFAZIONE PROBABLE</i>
<i>Argini naturali</i> Dune di sabbia Piane inondate Spiagge altre Piane	<i>LIQUEFAZIONE POSSIBILE</i>
Terracci Colline Montagne	<i>LIQUEFAZIONE NON PROBABLE</i>

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione in funzione delle Unità Geomorfologiche  
(Youd et al., 1982; P. In. Geot. 666, T. C6, 1999)

## INDAGINI GEOSISMICHE

E' stata eseguita una campagna di indagini geofisiche *in situ*, attraverso il metodo **MASW** e la sismica a **RIFRAZIONE** al fine di acclarare l'assetto morfologico e geolitologico dell'area, sita nel Comune di Barletta.

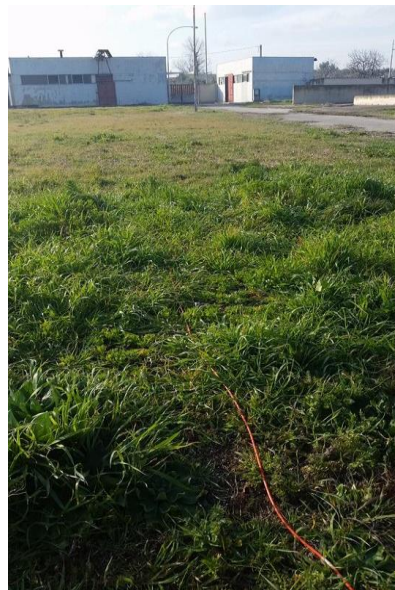
Nello specifico il piano d'indagine e consistito nell'esecuzione di:

1. **n. 1** prospezione sismica eseguita con tecnica **MASW**, al fine di stimare il valore delle Vs30 e quindi attribuire, al sottosuolo in esame, la categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche delle Costruzioni 2008;
2. **n. 2** prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde di compressione "P" e di taglio "S" con sismografo a 12 canali su basi da 12 geofoni, **SR1÷SR2**, tutte di lunghezza pari a 60.0 m.

L'area indagata comprende i seguenti elaborati tecnici:

- successione litostratigrafica;
- profili sismici;
- tabella parametri sismici;
- attribuzione della Vs30 *in base al D.M. 14.01.2008 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni)*.

Le indagini espletate sono state di tipo indiretto eseguendo delle indagini geosismiche, meglio descritta di seguito. Con la indagine geosismica si intende caratterizzare, dal punto di vista geomeccanico, uno spessore significativo del sottosuolo definirne l'omogeneità in senso verticale ed orizzontale o la presenza di discontinuità strutturali.



## **Indagine geosismica attraverso la tecnica MASW**

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### **Moto del segnale sismico**

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### **Onde di Rayleigh – “R”**

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### **Analisi del segnale con tecnica MASW**

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di

Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

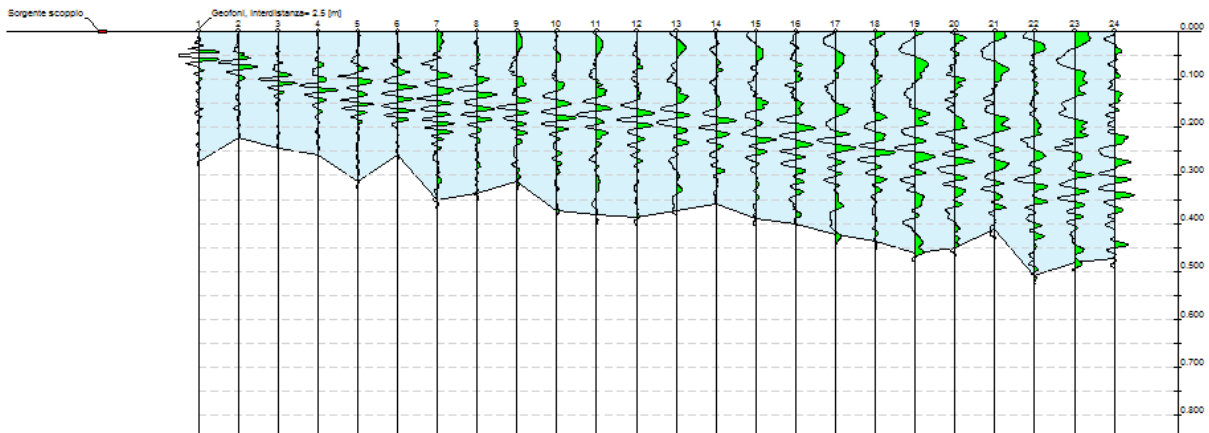
#### Dati generali

<b>Zona</b>	ZONA EX MATTATOIO COMUNALE DI BARLETTA
<b>Data</b>	FEBBRAIO 2015
<b>Latitudine</b>	41°17'56''
<b>Longitudine</b>	16°17'12''

#### Tracce

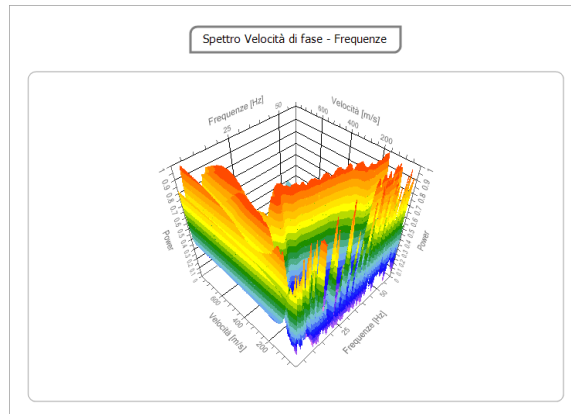
<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2000.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	2.5

**Periodo di  
campionamento [msec]** | 1.00



### Analisi spettrale

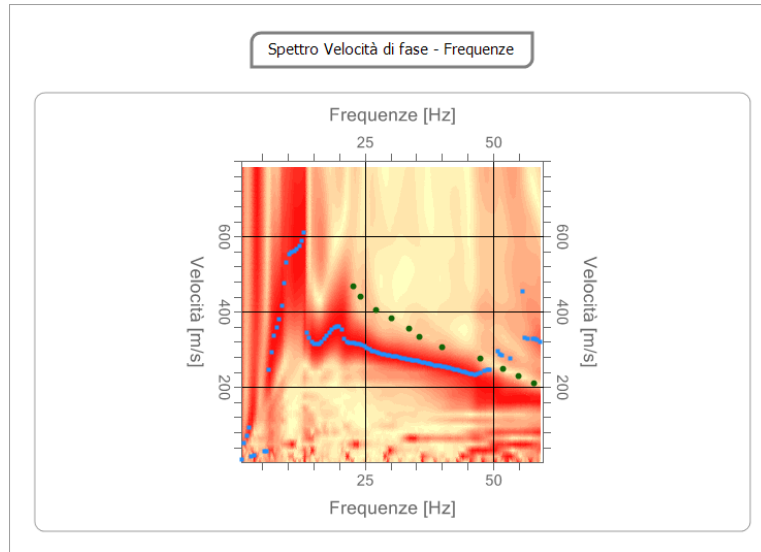
**Frequenza minima di  
elaborazione [Hz]** | 1  
**Frequenza massima di  
elaborazione [Hz]** | 60  
**Velocità minima di  
elaborazione [m/sec]** | 1  
**Velocità massima di  
elaborazione [m/sec]** | 800  
**Intervallo velocità  
[m/sec]** | 1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	22.8	466.8	0
2	24.1	440.3	0
3	27.2	404.9	0
4	30.2	381.3	0
5	33.6	354.8	0
6	35.6	334.2	0
7	40.1	304.7	0
8	47.5	275.2	0
9	51.8	248.7	0
10	54.8	228.0	0
11	57.9	210.3	0





### Inversione

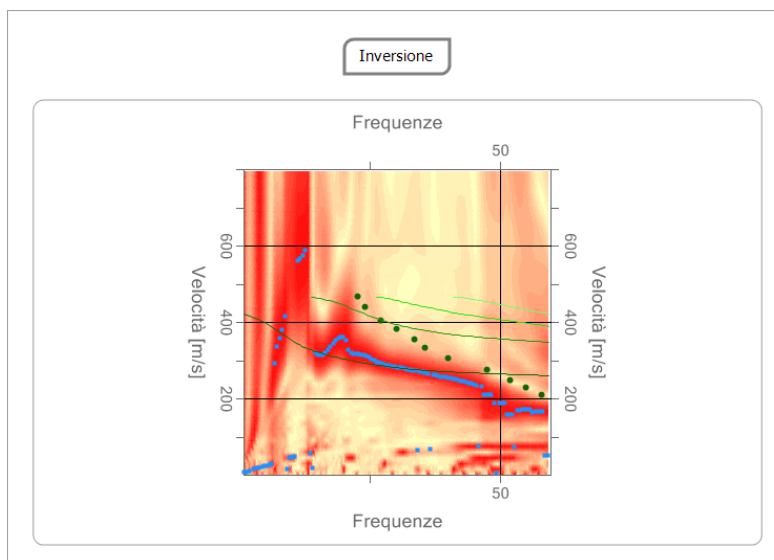
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	TER. VEGETALE	1.00	1.00	1800.0	0.4	No	551.6	225.2
2	SABBIA LIMOSA	5.00	4.00	1800.0	0.35	No	606.6	291.4
3	SABBIA DENSE	12.00	7.00	1800.0	0.3	No	669.3	357.7
4	ARGILLA DI COLORE AVANA	19.00	7.00	1800.0	0.4	No	1002.1	409.1
5	SABBIA LIMOSA	30.00	11.00	1800.0	0.35	No	969.2	465.6
6		oo	oo	1800.0	0.2	No	760.3	465.6

Percentuale di errore

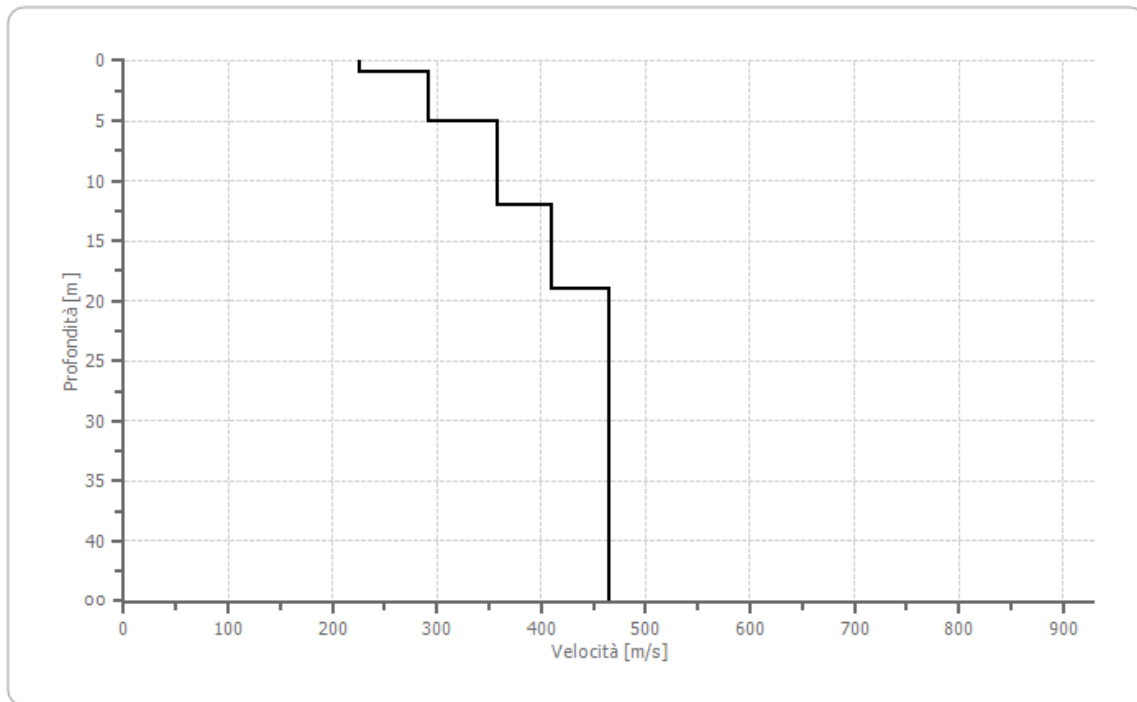
7.011 %

Fattore di disadattamento della soluzione

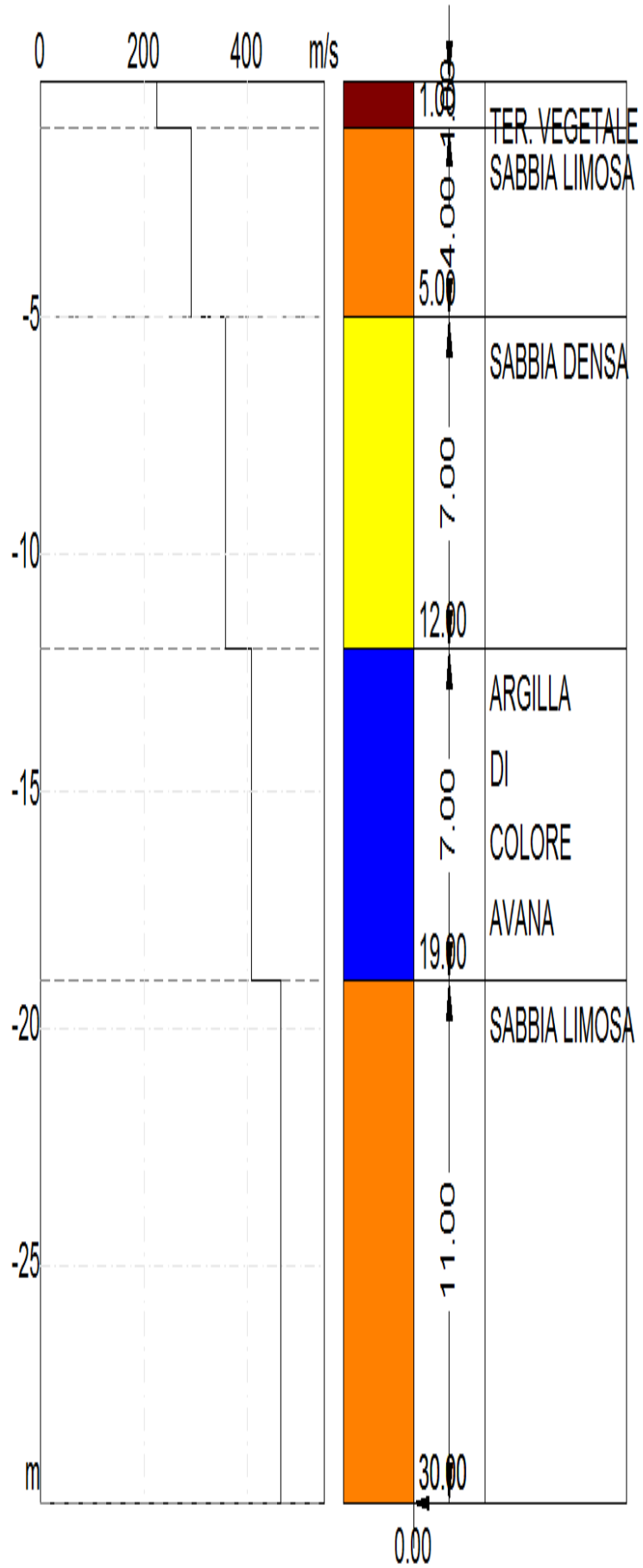
0.230



## Profilo di velocità



**SISMOSTRATIGRAFIA**



**Risultati**

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.50
<b>Vs30 [m/sec]</b>	397.16
<b>Categoria del suolo</b>	B

Suolo di tipo 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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

**Altri parametri geotecnici**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	225.18	551.57	1700.00	0.40	86.20	517.19	402.26	241.36	N/A	1379.94
2	5.00	4.00	291.42	606.64	1850.00	0.35	157.11	680.82	471.34	424.20	N/A	N/A
3	12.00	7.00	357.74	669.27	1900.00	0.30	243.16	851.04	526.84	632.20	N/A	N/A
4	19.00	7.00	409.10	1002.09	1800.00	0.40	301.25	1807.52	1405.84	843.51	N/A	N/A
5	30.00	11.00	465.59	969.19	1850.00	0.35	401.02	1737.77	1203.07	1082.76	N/A	N/A
6	oo	oo	465.59	760.30	1800.00	0.20	390.19	1040.49	520.25	936.44	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## Indagini geosismiche attraverso la sismica a rifrazione

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

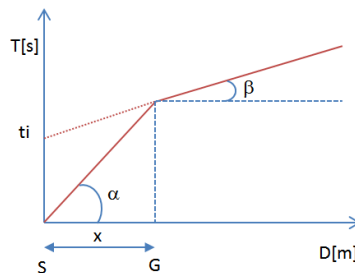
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

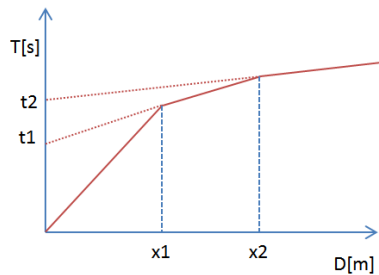
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_j$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

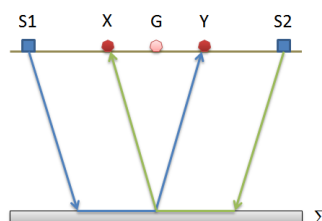


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifratore.



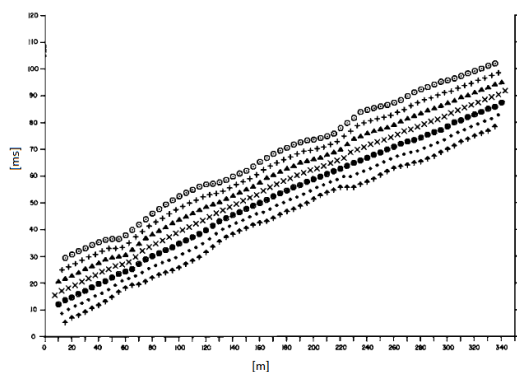
Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione



tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



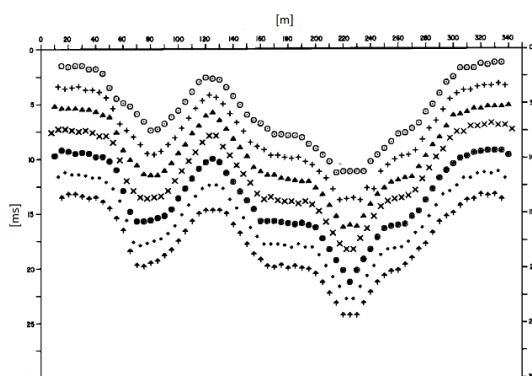
dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente  $S_1$  ad  $X$  e dalla sorgente  $S_2$  ad  $Y$  mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio  $S_1$  ed  $S_2$ , esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_v$  è il tempo calcolato su un geofono  $G$  posto tra  $X$  ed  $Y$ , non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_v$  viene eseguito per ogni valore di  $XY$  compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l' $XY$  ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

#### PROFILO SISMICO SR1

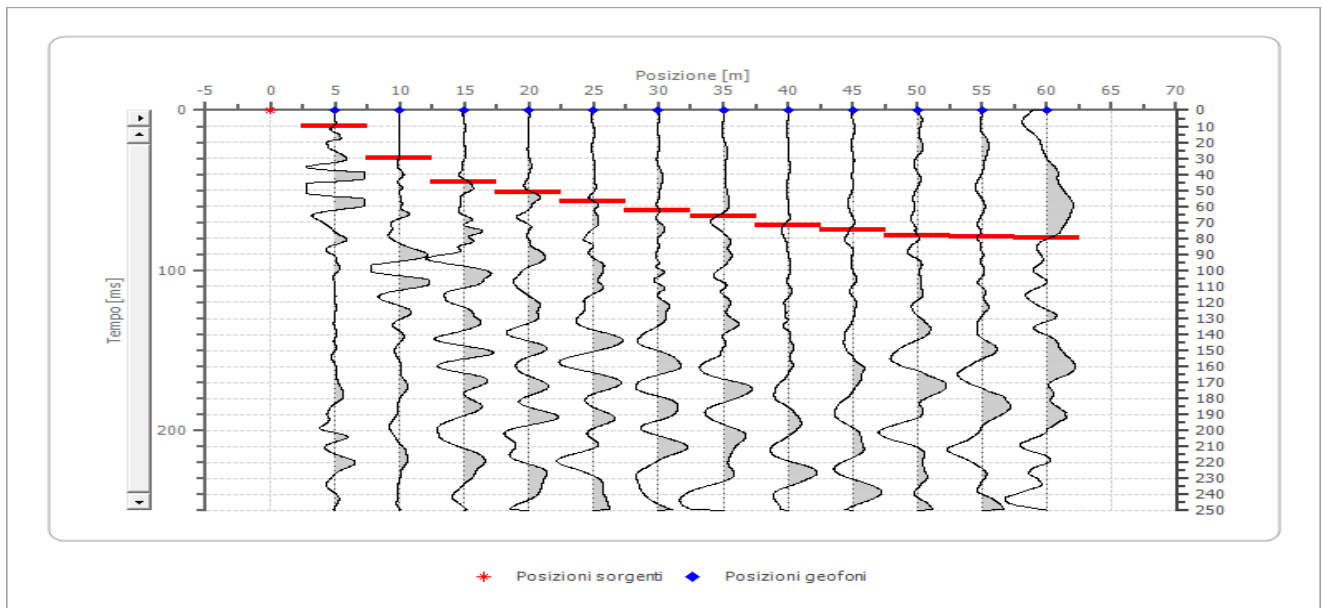
<b>Zona</b>	ZONA EX MATTATOIO COMUNALE DI BARLETTA
<b>Data</b>	FEBBRAIO 2015
<b>Latitudine</b>	41°17'56''
<b>Longitudine</b>	16°17'12''
<b>Geometria geofoni</b>	

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	5.0	0.0
2	10.0	0.0
3	15.0	0.0
4	20.0	0.0
5	25.0	0.0
6	30.0	0.0
7	35.0	0.0
8	40.0	0.0
9	45.0	0.0
10	50.0	0.0
11	55.0	0.0
12	60.0	0.0

## Dati battute

### Battuta 1

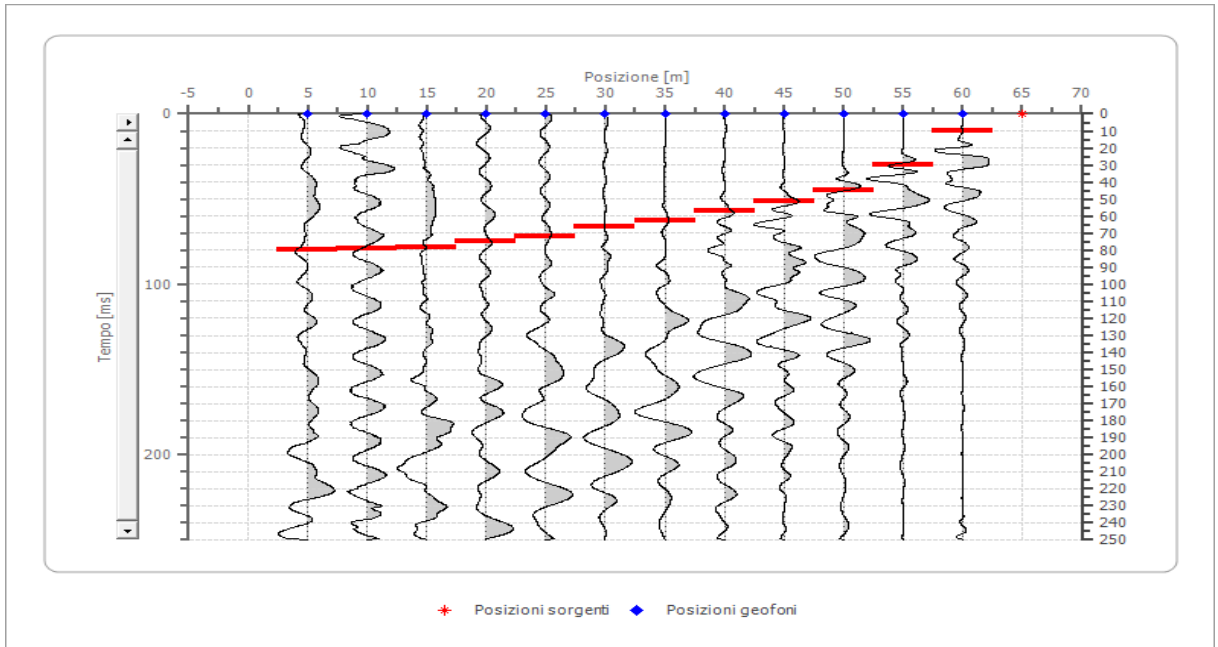
Posizione sorgente X      0 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]



## Battuta 2

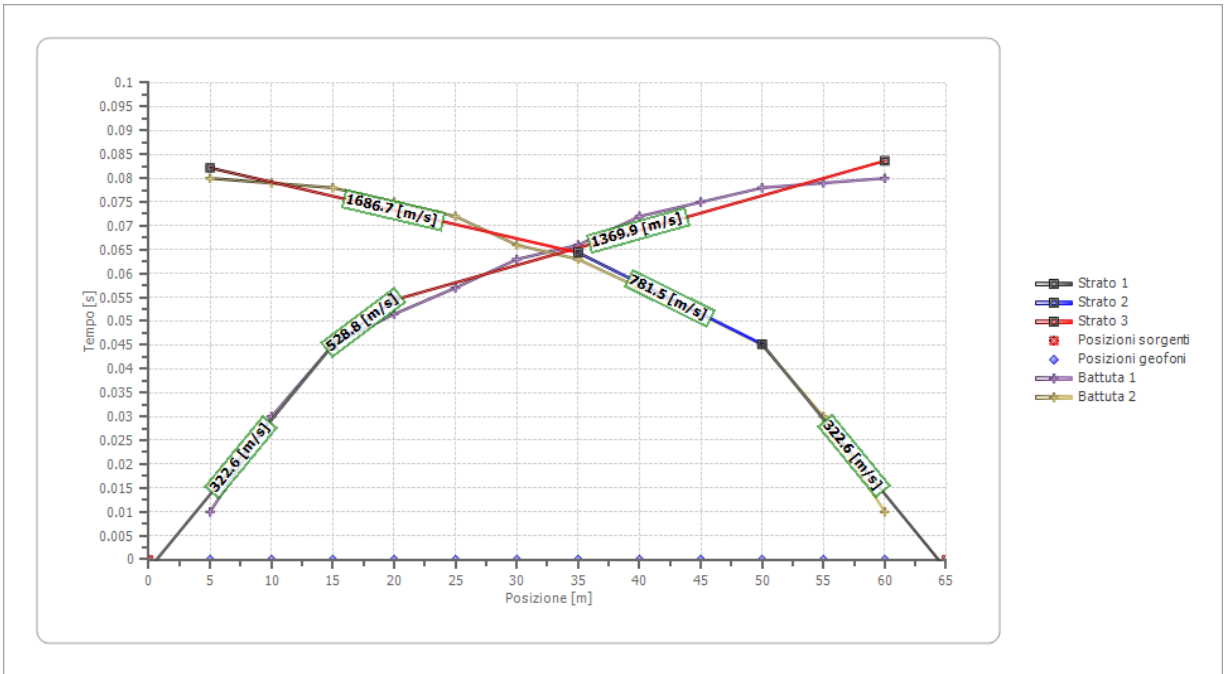
Posizione sorgente X 65 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

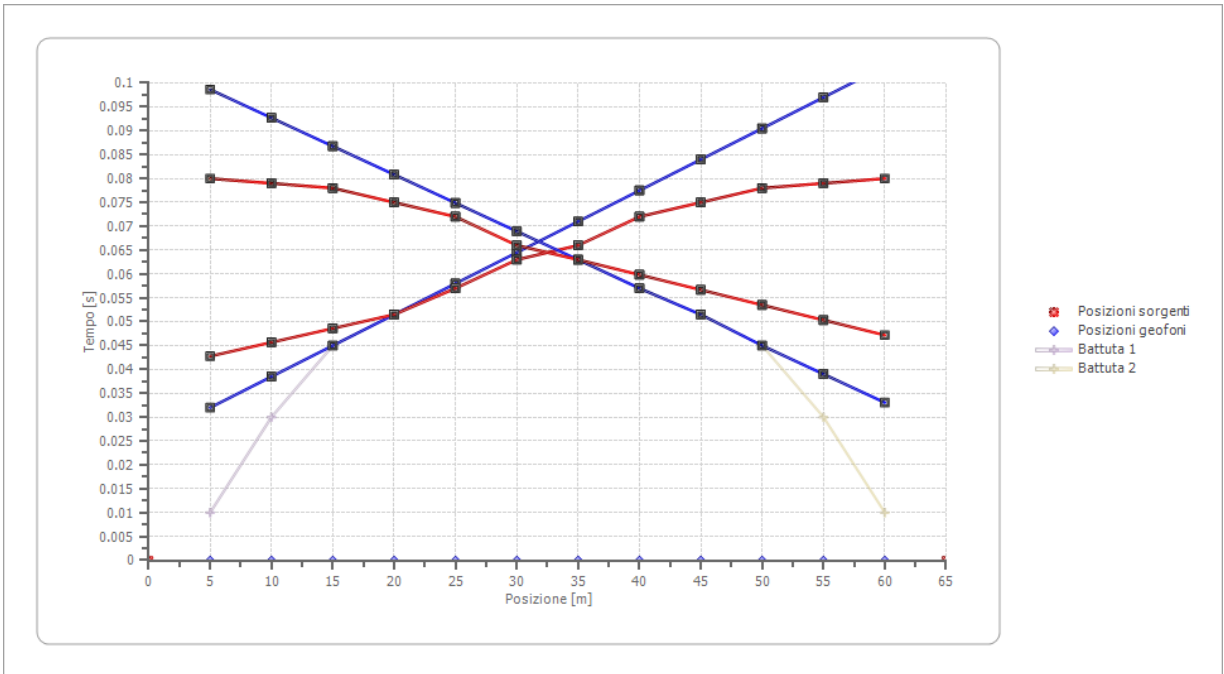


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
5.0	80.0000
10.0	79.0000
15.0	78.0000
20.0	75.0000
25.0	72.0000
30.0	66.0000
35.0	63.0000
40.0	57.0000
45.0	51.5000
50.0	45.0000
55.0	30.0000
60.0	10.0000

**Dromocrone**



**Dromocrone traslate**



### Interpretazione col metodo reciproco

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 5.0 [m]	4.1	9.8	16.6
G= 10.0 [m]	4.2	10.5	18.4
G= 15.0 [m]	4.3	11.3	20.3
G= 20.0 [m]	4.4	11.1	19.6
G= 25.0 [m]	4.5	12.1	19.0
G= 30.0 [m]	4.6	11.9	20.9
G= 35.0 [m]	4.7	11.7	18.2
G= 40.0 [m]	4.8	12.9	20.0
G= 45.0 [m]	5.0	12.5	18.0
G= 50.0 [m]	5.0	12.4	17.3
G= 55.0 [m]	5.1	11.2	13.8
G= 60.0 [m]	5.1	9.9	10.3
Velocità [m/sec]	322.6	802.9	1428.4
Descrizione	TERRENO VEGETALE 1 MT E SABBIA LIMOSA	SABBIA DENSA	ARGILLA DI COLORE AVANA

### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.40
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1850.00	1900.00	1800.00
Vp [m/s]	322.58	802.88	1428.39
Vs [m/s]	154.96	429.16	583.14
G0 [MPa]	44.43	349.93	612.09
Ed [Mpa]	192.51	1224.77	3672.54
M0 [MPa]	148.08	874.84	3060.45
Ey [Mpa]	119.95	909.83	1713.85

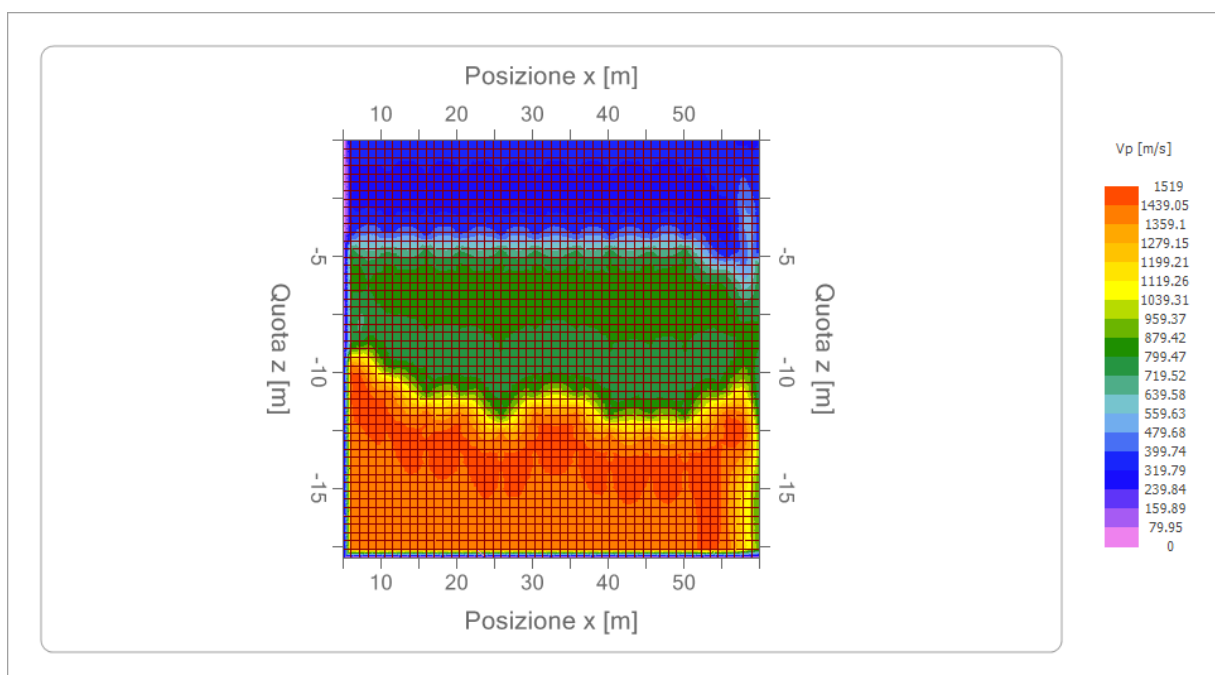
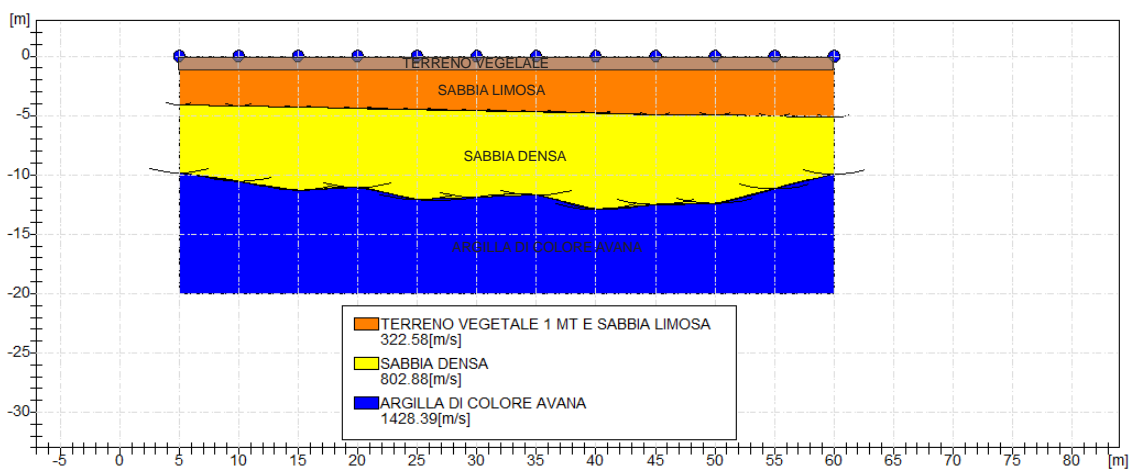
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

### SISMOSTRATIGRAFIA SR1



### PROFILO SISMICO SR2

<b>Zona</b>	ZONA EX MATTATOIO COMUNALE DI BARLETTA
<b>Data</b>	FEBBRAIO 2015
<b>Latitudine</b>	41°17'56''
<b>Longitudine</b>	16°17'12''

### Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	5.0	0.0
2	10.0	0.0
3	15.0	0.0



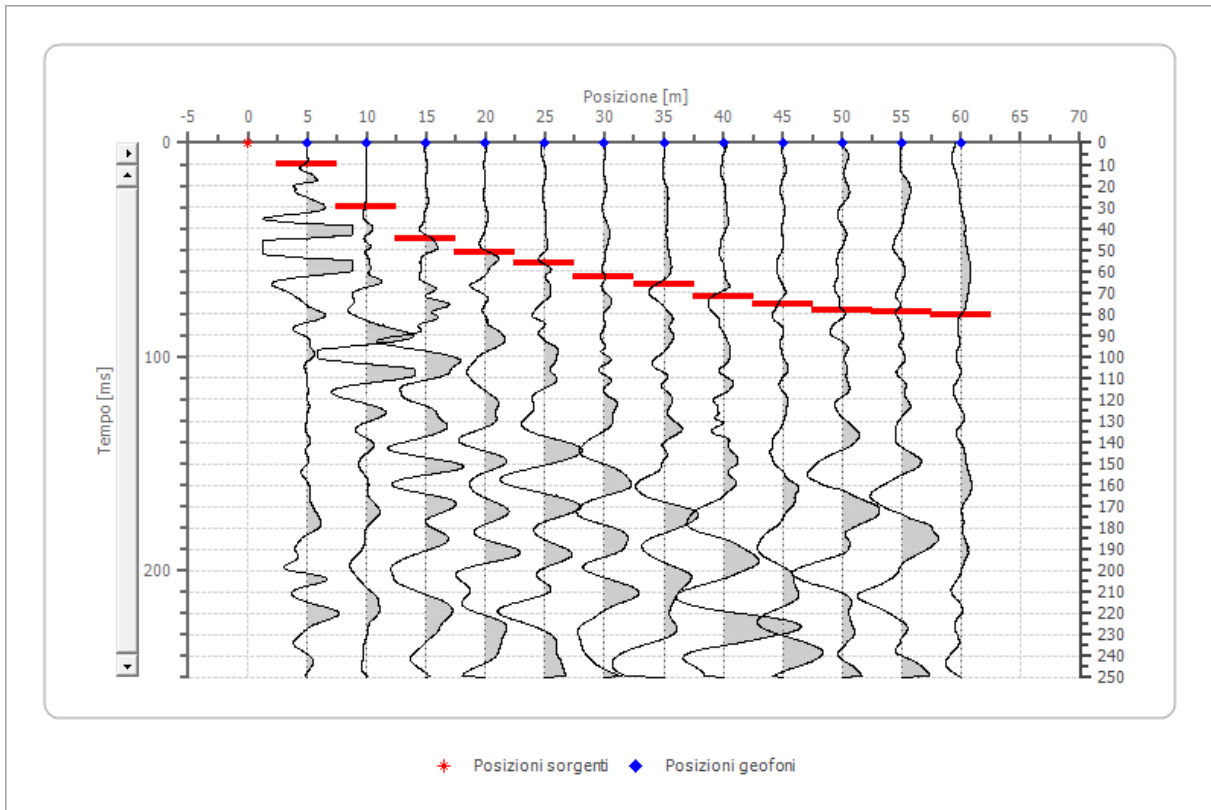
4	20.0	0.0
5	25.0	0.0
6	30.0	0.0
7	35.0	0.0
8	40.0	0.0
9	45.0	0.0
10	50.0	0.0
11	55.0	0.0
12	60.0	0.0

### Dati battute

#### Battuta 1

Posizione sorgente X      0 [m]

Posizione sorgente Z      0 [m]

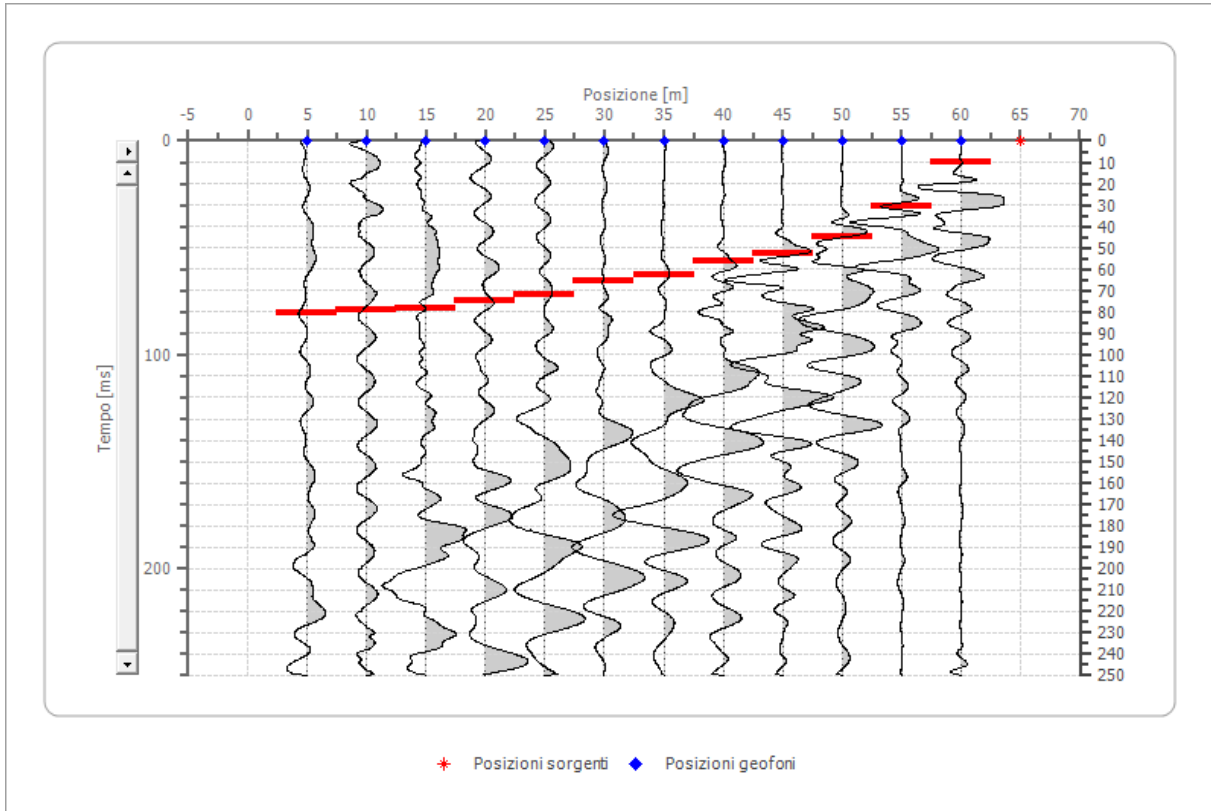


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
5.0	10.1000
10.0	30.1000
15.0	45.0000
20.0	51.5000
25.0	56.0000
30.0	62.8400
35.0	65.9000
40.0	72.2000
45.0	75.2000
50.0	78.2000
55.0	79.2000
60.0	80.2000

## Battuta 2

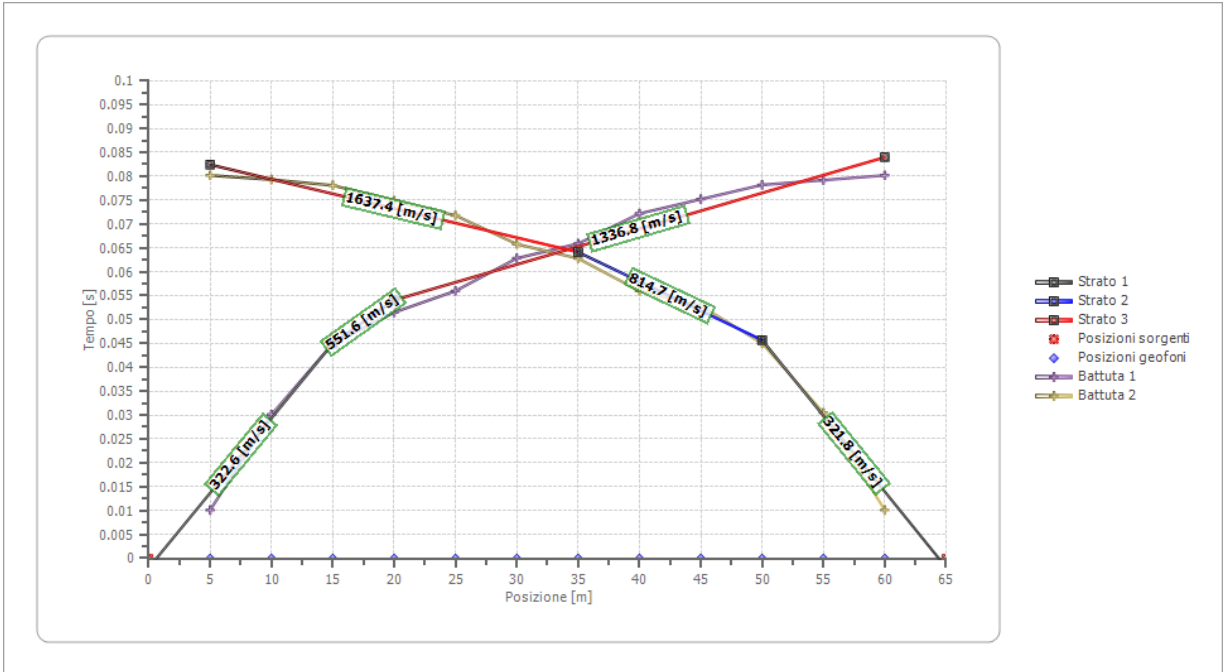
Posizione sorgente X      65 [m]

Posizione sorgente Z      0 [m]

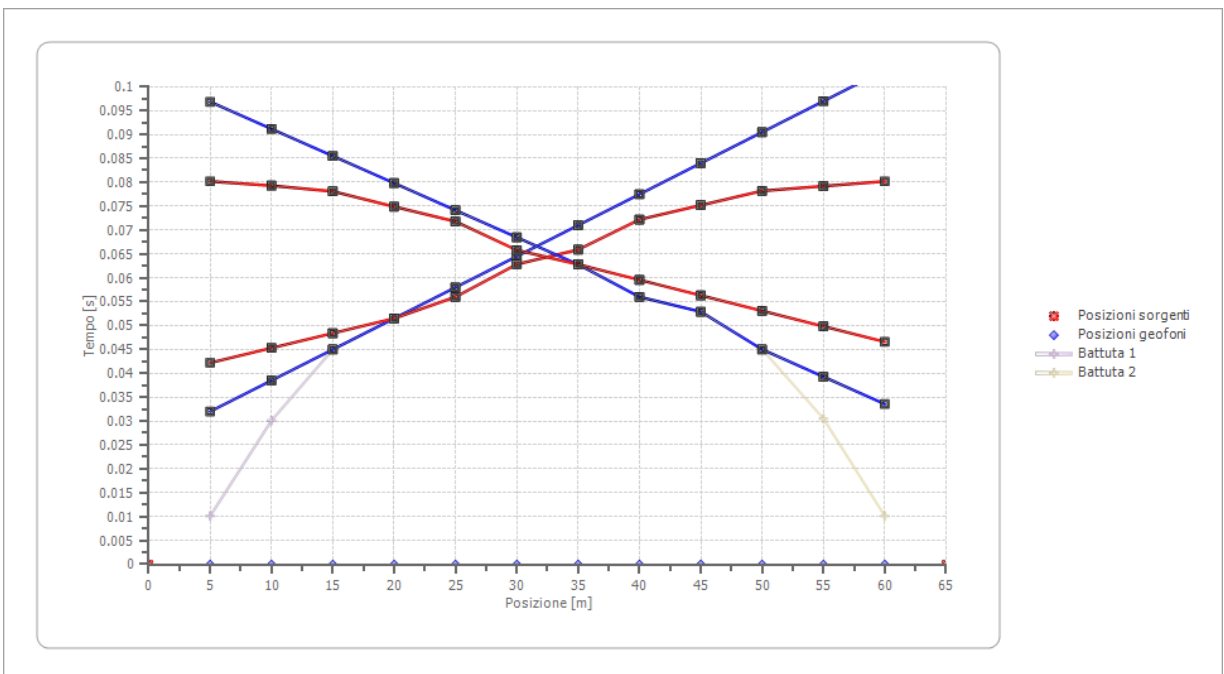


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
5.0	80.2000
10.0	79.3000
15.0	78.1000
20.0	74.9000
25.0	71.8000
30.0	65.8000
35.0	62.8000
40.0	56.0000
45.0	52.9000
50.0	45.0000
55.0	30.5000
60.0	10.1000

### Dromocrone



### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo reciproco

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 5.0 [m]	4.0	9.9	16.7
G= 10.0 [m]	4.1	10.7	18.6
G= 15.0 [m]	4.3	11.4	20.3
G= 20.0 [m]	4.4	11.0	19.5
G= 25.0 [m]	4.6	11.4	18.3
G= 30.0 [m]	4.7	11.5	20.6
G= 35.0 [m]	4.9	11.3	17.7
G= 40.0 [m]	4.8	12.9	20.0
G= 45.0 [m]	5.4	11.6	17.1
G= 50.0 [m]	5.2	12.0	16.8
G= 55.0 [m]	5.3	10.6	13.2
G= 60.0 [m]	5.4	9.2	9.5
Velocità [m/sec]	322.2	817.0	1398.9
Descrizione	TERRENO VEGETALE 1 MT E SABBIA LIMOSA	SABBIA DENSA	ARGILLA DI COLORE AVANA

### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.40
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1850.00	1900.00	1800.00
Vp [m/s]	322.17	817.03	1398.94
Vs [m/s]	154.76	436.72	571.12
G0 [MPa]	44.31	362.38	587.11
Ed [Mpa]	192.01	1268.32	3522.66
M0 [MPa]	147.70	905.94	2935.55
Ey [Mpa]	119.64	942.18	1643.91

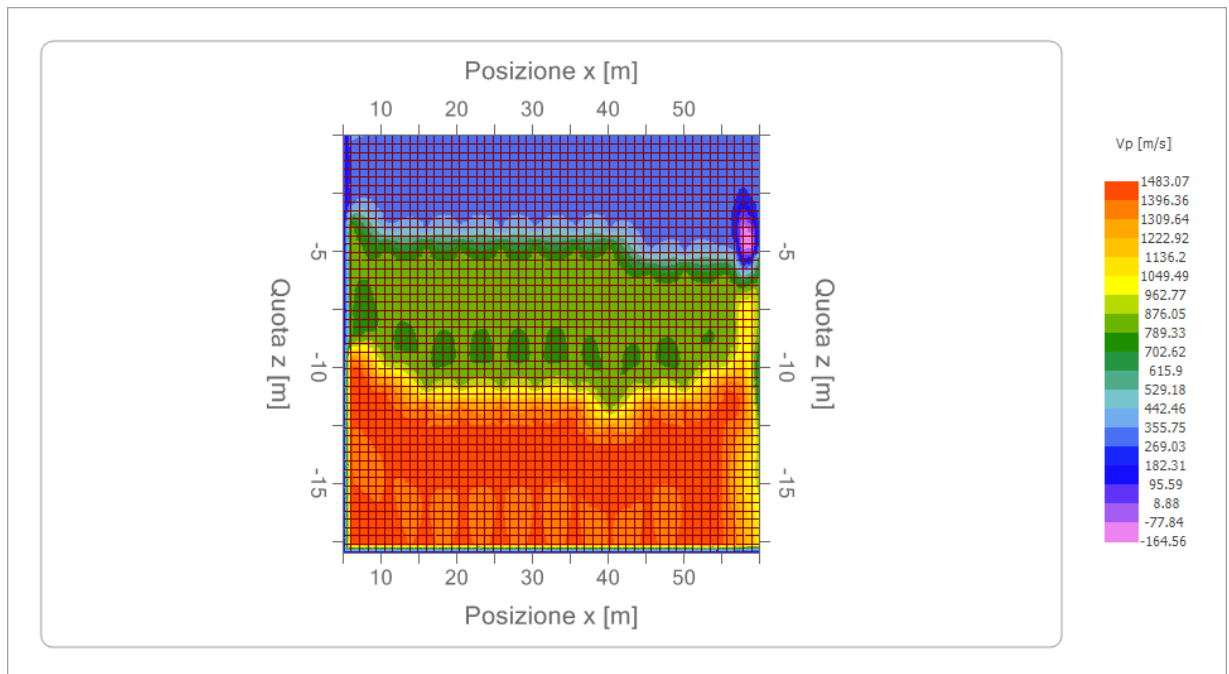
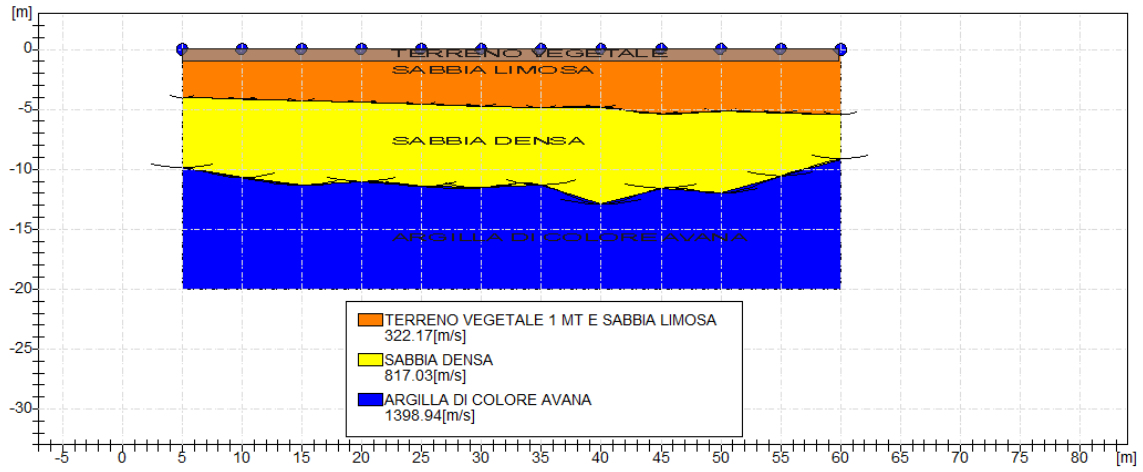
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## SISMOSTRATIGRAFIA SR2



## SISMICITÀ

Il territorio comunale di Barletta (Bt) è classificato dall' Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 in zona sismica 2.

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a <sub>g</sub> /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a <sub>g</sub> /g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente”** e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica (VEDERE LA RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA).

## ANALISI DEL TERRENO

Dalla indagine geosismica effettuata, è stato definito una  $V_{s,30}$  pari a 397.16 m/s, congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008, il sito in esame ricade, quindi, nella categoria di **sottosuolo B**

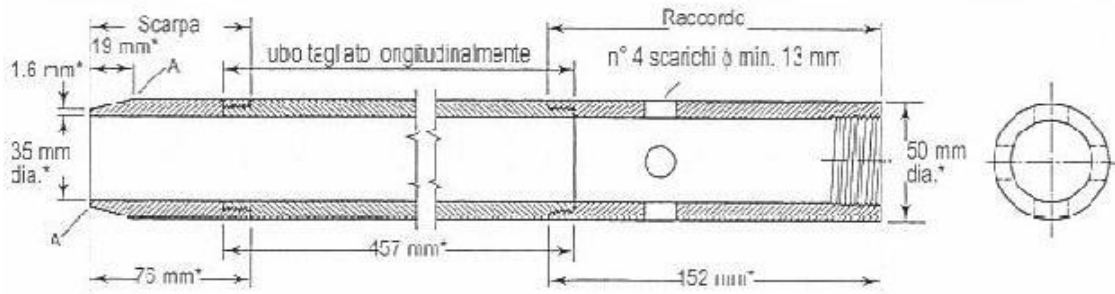
Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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 <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>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 <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>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 <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

Tabella 3.2.V – *Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$*

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

## Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica (S.P.T.)



Campionatore SPT  
secondo raccomandazione ISSMFE (1988)  
Note: Misure in mm

Il campionatore utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello



CAMPIONATORE SPT PROVA N.1  
- 0.5 MT



CAMPIONATORE SPT PROVA N.2  
- 1.5 MT



CAMPIONATORE SPT PROVA N.3  
- 7.5 MT

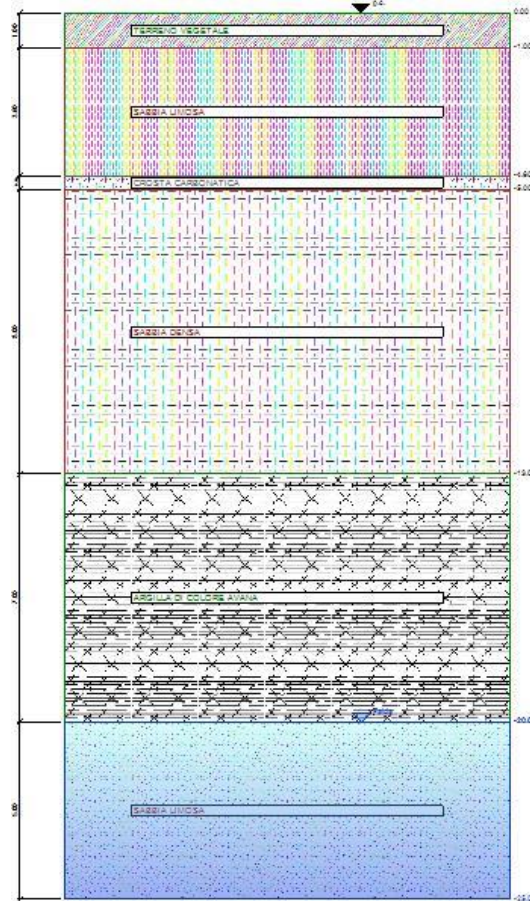


CAMPIONATORE SPT PROVA N.4  
- 15.0 MT



## Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 6 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).



Quote [m]	Descrizione litologica	$\gamma$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	OCR
0.00	TERRENO VEGETALE	0.0018	1.00
-1.00	SABBIA LIMOSA	0.0019	1.00
-4.60	CROSTA CARBONATICA	0.0021	1.00
-5.00	SABBIA DENSA	0.0019	1.00
-13.00	ARGILLA DI COLORE AVANA	0.0018	1.00
-20.00	SABBIA LIMOSA	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm <sup>2</sup> ]	Tensione efficace [daN/cm <sup>2</sup> ]	Pressione neutra [daN/cm <sup>2</sup> ]
-----------	--	--	---

0.00	0.00	0.00	0.00
-1.00	0.18	0.18	0.00
-2.00	0.37	0.37	0.00
-3.00	0.55	0.55	0.00
-4.00	0.74	0.74	0.00
-5.00	0.93	0.93	0.00
-6.00	1.12	1.12	0.00
-7.00	1.31	1.31	0.00
-8.00	1.50	1.50	0.00
-9.00	1.69	1.69	0.00
-10.00	1.88	1.88	0.00
-11.00	2.07	2.07	0.00
-12.00	2.26	2.26	0.00
-13.00	2.45	2.45	0.00
-14.00	2.63	2.63	0.00
-15.00	2.81	2.81	0.00
-16.00	2.99	2.99	0.00
-17.00	3.17	3.17	0.00
-18.00	3.35	3.35	0.00
-19.00	3.53	3.53	0.00
-20.00	3.71	3.71	0.00
-21.00	3.90	3.80	0.10
-22.00	4.08	3.88	0.20
-23.00	4.27	3.97	0.29
-24.00	4.45	4.06	0.39
-25.00	4.64	4.14	0.49

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -20.00 m e la quota -25.00 m.

### Dati prova

L'operatore Nome Operatore ha fatto penetrare il campionatore per tre tratti successivi di 15 cm registrando il numero di colpi del maglio, le cui caratteristiche sono quelle normalizzate secondo le raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana:

- Diametro cono: 5.1 cm
- Peso maglio: 63.5 kg
- Altezza di caduta: 76 cm
- Rapporto di energia delle aste: 60%

Il campionatore utilizzato ha lunghezza delle aste pari a 5 m ed è di tipo standard.

Sono stati eseguiti 4 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi  $N_{spt}$  per avanzare di 30 cm, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	$N_{spt}$	d50	Fc
0.00	2	0.400	4.0
-1.00	22	0.400	4.0
-2.00	22	0.400	4.0
-3.00	22	0.400	4.0
-4.00	22	0.400	4.0
-5.00	22	0.400	4.0
-6.00	19	0.400	4.0
-7.00	19	0.400	4.0
-8.00	19	0.400	4.0
-9.00	19	0.400	4.0
-10.00	19	0.400	4.0
-11.00	19	0.400	4.0
-12.00	19	0.400	4.0
-13.00	19	0.400	4.0
-14.00	18	0.400	4.0
-15.00	18	0.400	4.0
-16.00	18	0.400	4.0
-17.00	18	0.400	4.0
-18.00	18	0.400	4.0
-19.00	18	0.400	4.0
-20.00	18	0.400	4.0
-21.00	18	0.400	4.0
-22.00	18	0.400	4.0
-23.00	18	0.400	4.0
-24.00	18	0.400	4.0
-25.00	18	0.400	4.0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Al valore di  $N_{spt}$ , dato dalla somma di  $N_2$  e  $N_3$ , è stata apportata la correzione di Terzaghi e Peck (1948) per le sabbie limose nei casi in cui  $N_{spt}$  risulti maggiore di 15. Questo per tenere conto delle sovrappressioni interstiziali.

Il diametro di perforazione influenza la resistenza alla penetrazione. Skempton ha indicato di utilizzare un fattore di correzione paria a: 1.05

Un'ulteriore correzione è dovuta alla lunghezza delle aste, in questo caso il coefficiente è pari a: 0,85.

## Risultati

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono state determinate attraverso le correlazioni proposte da diversi autori (Schmertmann, Peck, Meyerhof,...) a partire dalle caratteristiche stratigrafiche dei terreni.

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

### DENSITA' RELATIVA Dr

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Meyerhof (1957)
- Bazaraa (1967)
- Cubrinowski e Ischiara (1988)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]							
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Meyerhof	Bazaraa	Cubrinowski & Ischiara	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0	0	0	0
-1.00	100	95	100	75	100	100	95
-2.00	88	89	90	63	98	93	87
-3.00	75	84	83	55	88	83	78
-4.00	66	80	78	50	82	77	72
-5.00	59	76	73	49	77	72	68
-6.00	50	69	64	44	69	64	60
-7.00	46	66	61	43	66	62	57
-8.00	43	64	58	42	64	60	55
-9.00	40	61	56	41	62	58	53
-10.00	38	59	54	41	60	56	51
-11.00	36	57	52	40	59	55	50
-12.00	34	55	50	39	58	54	48
-13.00	0	54	49	38	56	0	49
-14.00	0	51	46	37	54	0	47
-15.00	0	49	45	36	53	0	46
-16.00	0	48	44	36	52	0	45
-17.00	0	47	43	35	51	0	44
-18.00	0	46	42	35	51	0	44
-19.00	0	45	41	34	50	0	42
-20.00	24	41	38	32	47	44	38
-21.00	23	40	38	32	47	44	37
-22.00	23	39	38	32	47	43	37
-23.00	23	38	37	32	47	43	37
-24.00	22	38	37	32	46	43	36
-25.00	22	37	37	31	46	43	36

Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

### ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO FI

L'angolo di resitenza al taglio è stato calcolato con:

- Shioi e Fukuni R.B.S. (1982) - [RBS]
- Shioi e Fukuni J.N.R. (1982) - [JNR]
- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]
- Owasaki e Iwasaki - [O&I]
- Sowers (1961) - [SOW]
- Meyerhof (1965) (<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- De Mello (1971) - [DEM]
- Mitchell (1978) - [MIT]
- Hatanaka e Uchida (1996) - [H&U]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]
- Malcev (1964) - [MAL]

<b>ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -</b>							
<b>Quota [m]</b>	<b>RBS</b>	<b>JNR</b>	<b>PHT</b>	<b>O&amp;I</b>	<b>SOW</b>	<b>M&lt;5</b>	<b>M&gt;5</b>
0.00	20	28	28	0	0	0	0
-1.00	32	33	33	0	34	37	33
-2.00	32	33	33	0	34	37	33
-3.00	32	33	33	0	34	37	33
-4.00	32	33	33	0	34	37	33
-5.00	32	33	33	35	34	37	33
-6.00	31	32	32	34	33	36	32
-7.00	31	32	32	34	33	36	32
-8.00	31	32	32	34	33	36	32
-9.00	31	32	32	34	33	36	32
-10.00	31	32	32	34	33	36	32
-11.00	31	32	32	34	33	36	32
-12.00	31	32	32	34	33	36	32
-13.00	31	32	32	0	0	0	0
-14.00	31	32	32	0	0	0	0
-15.00	31	32	32	0	0	0	0
-16.00	31	32	32	0	0	0	0
-17.00	31	32	32	0	0	0	0
-18.00	31	32	32	0	0	0	0

-19.00	31	32	32	0	0	0	0
-20.00	30	31	31	0	32	35	31
-21.00	30	31	31	0	32	35	31
-22.00	30	31	31	0	32	35	31
-23.00	30	31	31	0	32	35	31
-24.00	30	31	31	0	32	35	31
-25.00	30	31	31	0	32	35	31
<b>ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -</b>							
<b>Quota [m]</b>	<b>DEM</b>	<b>MIT</b>	<b>H&amp;U</b>	<b>S75</b>	<b>S78</b>	<b>MAL</b>	<b>Media</b>
0.00	0	0	0	0	0	0	25
-1.00	0	0	50	47	42	29	37
-2.00	0	45	46	45	40	27	37
-3.00	45	45	43	43	38	26	37
-4.00	45	40	41	42	37	25	36
-5.00	45	40	40	41	40	25	36
-6.00	40	40	38	38	40	24	35
-7.00	40	40	37	37	39	24	34
-8.00	40	40	37	36	39	24	34
-9.00	40	0	36	35	38	23	34
-10.00	40	35	36	35	38	23	34
-11.00	35	35	35	34	38	23	33
-12.00	35	35	35	33	38	23	33
-13.00	35	35	35	33	0	0	33
-14.00	35	35	34	32	0	0	33
-15.00	35	35	34	31	0	0	33
-16.00	0	35	34	31	0	0	32
-17.00	0	0	33	31	0	0	32
-18.00	0	0	33	30	0	0	32
-19.00	30	0	33	30	0	0	31
-20.00	25	0	32	29	31	21	30
-21.00	25	0	32	29	31	21	30
-22.00	25	0	32	28	31	21	30
-23.00	25	0	32	28	31	21	30
-24.00	25	0	32	28	31	21	30
-25.00	25	0	32	28	31	21	30

Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

#### MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Stroud (1989)
- Burland e Burbidge (1985)
- Jamiolkowski (1988)
- Tornaghi ()
- Schmertmann (1978)
- D'Apollonia (1970)

- Schultze & Mezembach ()
- Webb ()

<b>MODULO ELASTICO [daN/cm<sup>q</sup>] - Tabella 1 -</b>					
<b>Quota [m]</b>	<b>Stroud</b>	<b>Burland &amp; Burbridge</b>	<b>Jamiolkoski</b>	<b>Tornaghi</b>	<b>Schmertmann</b>
0.00	0 - 0	0 - 0	0	0	0
-1.00	398 - 398	585 - 893	137	312	156
-2.00	398 - 398	585 - 893	145	312	156
-3.00	398 - 398	585 - 893	154	312	156
-4.00	398 - 398	585 - 893	160	312	156
-5.00	398 - 398	585 - 893	165	312	390
-6.00	344 - 344	471 - 720	147	290	337
-7.00	344 - 344	471 - 720	150	290	337
-8.00	344 - 344	471 - 720	152	290	337
-9.00	344 - 344	471 - 720	153	290	337
-10.00	344 - 344	471 - 720	155	290	337
-11.00	344 - 344	471 - 720	156	290	337
-12.00	344 - 344	471 - 720	157	290	337
-13.00	155 - 155	471 - 720	0	0	0
-14.00	147 - 147	435 - 666	0	0	0
-15.00	147 - 147	435 - 666	0	0	0
-16.00	147 - 147	435 - 666	0	0	0
-17.00	147 - 147	435 - 666	0	0	0
-18.00	147 - 147	435 - 666	0	0	0
-19.00	147 - 147	435 - 666	0	0	0
-20.00	298 - 298	383 - 588	141	270	117
-21.00	298 - 298	383 - 588	142	270	117
-22.00	298 - 298	383 - 588	142	270	117
-23.00	298 - 298	383 - 588	142	270	117
-24.00	298 - 298	383 - 588	142	270	117

-25.00	298 - 298	383 - 588	142	270	117
<b>MODULO ELASTICO [daN/cm<sup>2</sup>] - Tabella 2 -</b>					
<b>Quota [m]</b>	<b>D'Apollonia</b>	<b>Schultze &amp; Mezembach</b>	<b>Webb</b>	<b>Media</b>	
0.00	0	0	0	0	
-1.00	0	0	0	348	
-2.00	0	0	0	350	
-3.00	0	0	0	352	
-4.00	0	0	0	353	
-5.00	0	0	0	401	
-6.00	0	0	0	343	
-7.00	0	0	0	343	
-8.00	0	0	0	344	
-9.00	0	0	0	344	
-10.00	0	0	0	344	
-11.00	0	0	0	345	
-12.00	0	0	0	345	
-13.00	0	0	0	375	
-14.00	0	0	0	349	
-15.00	0	0	0	349	
-16.00	0	0	0	349	
-17.00	0	0	0	349	
-18.00	0	0	0	349	
-19.00	0	0	0	349	
-20.00	0	152	143	230	
-21.00	0	152	143	230	
-22.00	0	152	143	230	
-23.00	0	152	143	230	
-24.00	0	152	143	230	
-25.00	0	152	143	230	

Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.

**MODULO DI TAGLIO G**

Il modulo di taglio è stato calcolato con:

- Otha e Goto (1978)
- Ohsaki & Iwasaki
- Crespellani & Vannucchi

<b>MODULO DI TAGLIO [daN/cm<sup>2</sup>]</b>				
<b>Quota [m]</b>	<b>Otha &amp; Goto</b>	<b>Ohsaki &amp; Iwasaki</b>	<b>Crespellani &amp; Vannucchi</b>	<b>Media</b>
0.00	0	0	0	0
-1.00	360	1 102	503	655
-2.00	474	1 102	503	693
-3.00	557	1 102	503	721
-4.00	624	1 102	503	743
-5.00	796	1 102	503	800
-6.00	814	960	460	745



-7.00	865	960	460	762
-8.00	912	960	460	777
-9.00	956	960	460	792
-10.00	997	960	460	806
-11.00	1 036	960	460	819
-12.00	1 072	960	460	831
-13.00	0	0	0	0
-14.00	0	0	0	0
-15.00	0	0	0	0
-16.00	0	0	0	0
-17.00	0	0	0	0
-18.00	0	0	0	0
-19.00	0	0	0	0
-20.00	1 074	841	422	779
-21.00	1 095	841	422	786
-22.00	1 115	841	422	793
-23.00	1 135	841	422	799
-24.00	1 155	841	422	806
-25.00	1 174	841	422	812

Tabella 1.7: risultati del calcolo per il Modulo di Taglio.

**COESIONE NON DRENATA Cu**

La coesione non drenata è stata calcolata con:

- Design Manual For Soil Mechanics
- Sanglerat
- Shioi & Fukui (1982)
- Terzaghi & Peck (1948)

<b>COESIONE NON DRENATA [daN/cm<sup>2</sup>]</b>					
<b>Quota [m]</b>	<b>Terzaghi &amp; Peck</b>	<b>DM - 7</b>	<b>Sanglerat</b>	<b>Shioi &amp; Fukuni</b>	<b>Media</b>
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-4.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-5.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-6.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-7.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-8.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-9.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-10.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-11.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-12.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-13.00	0.000	2.106	0.000	0.843	1.474
-14.00	0.000	1.996	0.000	0.798	1.397
-15.00	0.000	1.996	0.000	0.798	1.397
-16.00	0.000	1.996	0.000	0.798	1.397

-17.00	0.000	1.996	0.000	0.798	1.397
-18.00	0.000	1.996	0.000	0.798	1.397
-19.00	0.000	1.996	0.000	0.798	1.397
-20.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-21.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-22.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-23.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-24.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-25.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabella 1.8: risultati del calcolo per la Coesione non Drenata.

### MODULO DI DEFORMAZIONE EDOMETRICO M

Il modulo di deformazione edometrico è stato calcolato con:

- Farrent (1963)
- Menzebach & Malcev

<b>MODULO DI DEFORMAZIONE EDOMETRICO [daN/cm<sup>2</sup>]</b>			
<b>Quota [m]</b>	<b>Farrent</b>	<b>Menzebach e Malcev</b>	<b>Media</b>
0.00	0	0	0
-1.00	139	106	122
-2.00	139	106	122
-3.00	139	106	122
-4.00	139	106	122
-5.00	139	255	197
-6.00	120	225	172
-7.00	120	225	172
-8.00	120	225	172
-9.00	120	225	172
-10.00	120	225	172
-11.00	120	225	172
-12.00	120	225	172
-13.00	0	0	0
-14.00	0	0	0
-15.00	0	0	0
-16.00	0	0	0
-17.00	0	0	0
-18.00	0	0	0
-19.00	0	0	0
-20.00	104	89	96
-21.00	104	89	96
-22.00	104	89	96
-23.00	104	89	96

-24.00	104	89	96
-25.00	104	89	96

Tabella 1.9: risultati del calcolo per il Modulo di deformazione Edometrico.

### MODULO ELASTICO NON DRENATO $E_u$

Il modulo elastico non drenato è stato calcolato con:

- Stroud (1989)

<b>MODULO ELASTICO NON DRENATO [daN/cm<sup>2</sup>]</b>	
<b>Quota [m]</b>	<b>Stroud</b>
0.00	114 - 188
-1.00	1 253 - 2 069
-2.00	1 253 - 2 069
-3.00	1 253 - 2 069
-4.00	1 253 - 2 069
-5.00	1 253 - 2 069
-6.00	1 083 - 1 787
-7.00	1 083 - 1 787
-8.00	1 083 - 1 787
-9.00	1 083 - 1 787
-10.00	1 083 - 1 787
-11.00	1 083 - 1 787
-12.00	1 083 - 1 787
-13.00	1 083 - 1 787
-14.00	1 026 - 1 693
-15.00	1 026 - 1 693
-16.00	1 026 - 1 693
-17.00	1 026 - 1 693
-18.00	1 026 - 1 693
-19.00	1 026 - 1 693
-20.00	940 - 1 552
-21.00	940 - 1 552
-22.00	940 - 1 552
-23.00	940 - 1 552
-24.00	940 - 1 552
-25.00	940 - 1 552

Tabella 1.10: risultati del calcolo per il Modulo Elastico non Drenato.

### POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il potenziale di liquefazione è stato calcolato con:

- Seed & Idriss (1982)
- Iwasaki & Al. (1984)
- Seed & Al. (1985)

- Tokimatsu & Yoshimi (1983)

<b>POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE [-]</b>					
<b>Quota [m]</b>	<b>Seed &amp; Idriss</b>	<b>Iwasaki &amp; Al.</b>	<b>Seed &amp; Al</b>	<b>Tokimatsu &amp; Yoshimi</b>	<b>Media</b>
0.00	0	0	0	0	0
-1.00	0	0	0	0	0
-2.00	0	0	0	0	0
-3.00	0	0	0	0	0
-4.00	0	0	0	0	0
-5.00	0	0	0	0	0
-6.00	0	0	0	0	0
-7.00	0	0	0	0	0
-8.00	0	0	0	0	0
-9.00	0	0	0	0	0
-10.00	0	0	0	0	0
-11.00	0	0	0	0	0
-12.00	0	0	0	0	0
-13.00	0	0	0	0	0
-14.00	0	0	0	0	0
-15.00	0	0	0	0	0
-16.00	0	0	0	0	0
-17.00	0	0	0	0	0
-18.00	0	0	0	0	0
-19.00	0	0	0	0	0
-20.00	2	84	5	3	23
-21.00	2	82	5	3	23
-22.00	2	81	5	3	22
-23.00	2	79	4	3	22
-24.00	2	78	4	3	22
-25.00	2	76	4	2	21

Tabella 1.11: risultati del calcolo per il Potenziale di Liquefazione.

### **VALUTAZIONE GRADO DI ADDENSAMENTO**

Il grado di addensamento è valutato secondo le raccomandazione A.G.I. del 1977.

<b>VALUTAZIONE GRADO DI ADDENSAMENTO</b>	
<b>Quota [m]</b>	<b>Raccomandazioni A.G.I.</b>
0.00	Non valutata
-1.00	Moder. addensato
-2.00	Moder. addensato
-3.00	Moder. addensato
-4.00	Moder. addensato
-5.00	Moder. addensato
-6.00	Moder. addensato
-7.00	Moder. addensato
-8.00	Moder. addensato
-9.00	Moder. addensato
-10.00	Moder. addensato

-11.00	Moder. addensato
-12.00	Moder. addensato
-13.00	Molto consistente
-14.00	Molto consistente
-15.00	Molto consistente
-16.00	Molto consistente
-17.00	Molto consistente
-18.00	Molto consistente
-19.00	Molto consistente
-20.00	Moder. addensato
-21.00	Moder. addensato
-22.00	Moder. addensato
-23.00	Moder. addensato
-24.00	Moder. addensato
-25.00	Moder. addensato

## RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATO PER STRATO

Quote [m]	Descrizione litologica	$\gamma$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	OCR
0.00	TERRENO VEGETALE	0.0018	1.00
-1.00	SABBIA LIMOSA	0.0019	1.00
-4.60	CROSTA CARBONATICA	0.0021	1.00
-5.00	SABBIA DENSA	0.0019	1.00
-13.00	ARGILLA DI COLORE AVANA	0.0018	1.00
-20.00	SABBIA LIMOSA	0.0019	1.00

### Risultati medi strato per strato per la prova S.P.T.

Numero strato	Nspt	Densità relativa [%]	Angolo d'attrito [gradi]	Modulo elastico [daN/cm <sup>2</sup> ]	Modulo di taglio [daN/cm <sup>2</sup> ]	Coesione non drenata [daN/cm <sup>2</sup> ]	Modulo edometrico [daN/cm <sup>2</sup> ]	Potenziale di liquefazione [-]	Mod. elas non dren. [daN/cm <sup>2</sup> ]	Veloc. onde taglio [m/s]
Strato 1	2	0	20	0	0	0	0	0	151	0
Strato 2	22	88	33	398	504	0	139	0	1 661	0
Strato 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strato 4	19	60	32	351	931	0	122	0	1 463	0
Strato 5	18	49	0	148	0	2.011	0	0	1 370	0
Strato 6	18	43	31	298	1 125	0	104	0	1 246	0

## Risultati per la prova S.P.T.

Quote	Numero strato	Nspt	Densità relativa [%]	Angolo d'attrito [gradi]	Modulo elastico [daN/cmq]	Modulo di taglio [daN/cmq]	Coesione non drenata [daN/cmq]	Modulo edometrico [daN/cmq]	Potenziale di liquefazione [-]	Mod. elas non dren. [daN/cmq]	Veloc. onde taglio [m/s]
0.00	Strato 1	2.0	0	20		0	Non calcolat	0	Non calcolat	114-188	Non calcolat
-1.00	Strato 2	22.0	100	33		360	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-2.00		22.0	93	33		474	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-3.00		22.0	83	33		557	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-4.00		22.0	77	33		624	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-5.00	Strato 4	22.0	72	33		796	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-6.00		19.0	64	32		814	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-7.00		19.0	62	32		865	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-8.00		19.0	60	32		912	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-9.00		19.0	58	32		956	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-10.00		19.0	56	32		997	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-11.00		19.0	55	32		1036	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-12.00		19.0	54	32		1072	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-13.00	Strato 5	19.0	54	Non calcolat		0	2.106	0	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-14.00		18.0	51	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-15.00		18.0	49	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-16.00		18.0	48	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-17.00		18.0	47	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-18.00		18.0	46	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-19.00		18.0	45	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-20.00	Strato 6	18.0	44	31		1074	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-21.00		18.0	44	31		1095	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-22.00		18.0	43	31		1115	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-23.00		18.0	43	31		1135	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-24.00		18.0	43	31		1155	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-25.00		18.0	43	31		1174	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat

## **CRITERI GENERALI DI PROGETTO DELLE OPERE DI FONDAZIONE IN BASE AL D.M. 14 GENNAIO 2008**

Le scelte progettuali per le opere di fondazione devono essere effettuate contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevazione.

Le strutture di fondazione devono rispettare le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio e le verifiche di durabilità.

Nel caso di opere situate su pendii o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere verificata anche la stabilità globale del pendio in assenza e in presenza dell'opera e di eventuali scavi, riporti o interventi di altra natura, necessari alla sua realizzazione.

Devono essere valutati gli effetti della costruzione dell'opera su manufatti attigui e sull'ambiente circostante.

Nel caso di fondazioni su pali, le indagini devono essere dirette anche ad accertare la fattibilità l'idoneità del tipo di palo in relazione alle caratteristiche dei terreni e delle acque del sottosuolo.

### **FONDAZIONI SUPERFICIALI**

La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali.

Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua.

In situazioni nelle quali sono possibili fenomeni di erosione o di scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale, le fondazioni devono essere poste a profondità tale da non risentire di questi fenomeni o devono essere adeguatamente difese.

#### **Verifiche agli stati limite 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 meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e 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 alle condizioni 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 (GEO)***

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

***SLU di tipo strutturale (STR)***

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando che la condizione sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

**Combinazione 2:** (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle ***Tab.(a)*** e ***Tab.(b)***, per le azioni e i parametri geotecnici e nella ***Tab.(d)*** per le resistenze globali.

La rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle ***Tab.(a)***, ***Tab.(b)*** e ***Tab.(c)***, seguendo almeno uno dei due approcci:

**Approccio 1:**

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

**Approccio 2:**

- (A1+M1+R3).

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

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale  **$Q_u$**  deve essere applicato un coefficiente parziale  $\gamma_{qu}=1,6$ .

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

***Tab.(a)*** *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni*



CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	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

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tab.(b)** 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 di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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

**Tab.(c)** 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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

**Tab.(d)** Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ED ORIENTAMENTI PROGETTUALI PER LE FONDAZIONI**

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti si può affermare che i terreni di fondazione del sito, meglio specificato in oggetto, rappresentati da sabbie e/o sabbie limose, a partire dalla quota di circa 1.0/1.5 mt dal p.c, **risultano idonei** ad ospitare le opere previste dal progetto.

Durante la fase di realizzazione dovrà essere verificato che il piano di fondazione sia al disotto del terreno vegetale, inoltre è consigliabile non incidere con carichi concentrati puntuali, bensì adottare una struttura fondazionale a **trave rovescia**.

In relazione a quanto esposto è possibile esprimere un parere circa le condizioni del sito, sotto l'aspetto geosismico e geomeccanico, in funzione della destinazione dei terreni stessi ai fini edificatori.

Si può affermare infatti che, nel complesso, la situazione del sito è caratterizzata da una disposizione orizzontale di livelli sabbiosi e/o sabbiosi limosi.

Gli orizzonti dati dalle sabbie e/o sabbie limose potranno ospitare le strutture fondali e pertanto sono state valutate tutte le condizioni al contorno quali la stabilità, la posizione morfologica, la risposta sismica morfotettonica, ecc.

Dalla indagine geosismica effettuata (Metodo Indagine Masw), è stato definito una Vs30 pari a 397.16 m/s, quindi si può attribuire al sottosuolo una Cat. **di tipo “ B “(180 m/s<Vs30<360 m/s)** ((D.M. 3274 del 20/3/03 e D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Per la costante di sottofondo (Winkler) è consigliabile adottare un **K= 2.0 Kg/cmc**.

L'area in esame, non ricade all'interno di alcuna fascia di rispetto (potenzialmente inondabile) così come individuate all'art.6 comma 8 e all'art.10 comma 3 delle NTA del Piano per l'Assetto idrogeologico della Regione Puglia. Adottando per il calcolo e dimensionamento delle strutture di fondazione i seguenti parametri geotecnici e/o simili:

<b>Quote [m]</b>	<b>Descrizione litologica</b>	<b><math>\gamma</math> [daN/cmc]</b>	<b>OCR</b>
0.00	TERRENO VEGETALE	0.0018	1.00
-1.00	SABBIA LIMOSA	0.0019	1.00

-4.60	CROSTA CARBONATICA	0.0021	1.00
-5.00	SABBIA DENSA	0.0019	1.00
-13.00	ARGILLA DI COLORE AVANA	0.0018	1.00
-20.00	SABBIA LIMOSA	0.0019	1.00

## RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PER STRATO PER STRATO

Risultati medi strato per strato per la prova S.P.T.

Numero strato	Nspt	Densità relativa [%]	Angolo d'attrito [gradi]	Modulo elastico [daN/cm <sup>2</sup> ]	Modulo di taglio [daN/cm <sup>2</sup> ]	Coesione non drenata [daN/cm <sup>2</sup> ]	Modulo edometrico [daN/cm <sup>2</sup> ]	Potenziale di liquefazione [-]	Mod. elas non dren. [daN/cm <sup>2</sup> ]	Veloc. onde taglio [m/s]
Strato 1	2	0	20	0	0	0	0	0	151	0
Strato 2	22	88	33	398	504	0	139	0	1 661	0
Strato 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strato 4	19	60	32	351	931	0	122	0	1 463	0
Strato 5	18	49	0	148	0	2.011	0	0	1 370	0
Strato 6	18	43	31	298	1 125	0	104	0	1 246	0

### Risultati per la prova S.P.T.

Quote	Numero strato	Nspt	Densità relativa [%]	Angolo d'attrito [gradi]	Modulo elastico [daN/cm <sup>2</sup> ]	Modulo di taglio [daN/cm <sup>2</sup> ]	Coesione non drenata [daN/cm <sup>2</sup> ]	Modulo edometrico [daN/cm <sup>2</sup> ]	Potenziale di liquefazione [-]	Mod. elas non dren. [daN/cm <sup>2</sup> ]	Veloc. onde taglio [m/s]
0.00	Strato 1	2.0	0	20		0	Non calcolat	0	Non calcolat	114-188	Non calcolat
-1.00	Strato 2	22.0	100	33		360	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-2.00		22.0	93	33		474	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-3.00		22.0	83	33		557	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-4.00		22.0	77	33		624	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-5.00	Strato 4	22.0	72	33		796	Non calcolat	139	Non calcolat	1253-2069	Non calcolat
-6.00		19.0	64	32		814	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-7.00		19.0	62	32		865	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-8.00		19.0	60	32		912	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-9.00		19.0	58	32		956	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-10.00		19.0	56	32		997	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-11.00		19.0	55	32		1036	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-12.00		19.0	54	32		1072	Non calcolat	120	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-13.00	Strato 5	19.0	54	Non calcolat		0	2.106	0	Non calcolat	1083-1787	Non calcolat
-14.00		18.0	51	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-15.00		18.0	49	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-16.00		18.0	48	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-17.00		18.0	47	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-18.00		18.0	46	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-19.00		18.0	45	Non calcolat		0	1.996	0	Non calcolat	1026-1693	Non calcolat
-20.00	Strato 6	18.0	44	31		1074	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-21.00		18.0	44	31		1095	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-22.00		18.0	43	31		1115	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-23.00		18.0	43	31		1135	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-24.00		18.0	43	31		1155	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat
-25.00		18.0	43	31		1174	Non calcolat	104	Non calcolat	940-1552	Non calcolat