

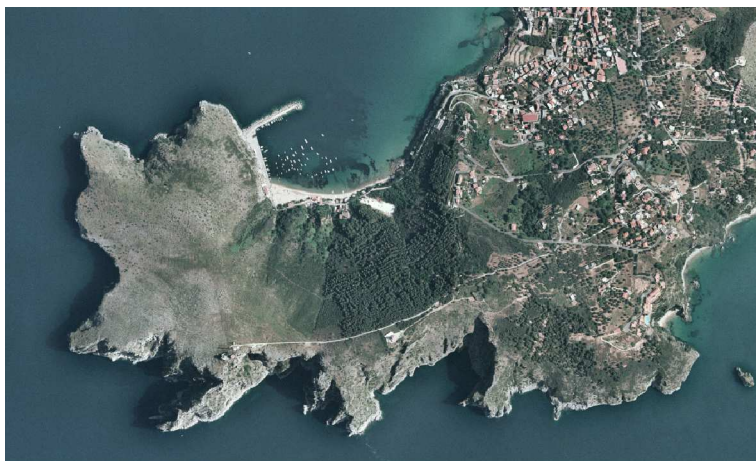
REGIONE CAMPANIA  
PROVINCIA DI SALERNO



COMUNE DI CENTOLA

REALIZZAZIONE DEI SERVIZI MINIMI PER IL SETTORE PESCA  
NEL PORTO DI PALINURO

PROGETTO ESECUTIVO



Codice elaborato :

**R 03**

Titolo elaborato :

**RELAZIONE GEOTECNICA**

Scala:

Responsabile del Procedimento:

Ing. Francesco Sarnicola

Geologo:

Dr. Geol. Davide Pepe

Rif.

Data

DESCRIZIONE

Redatto:

Verificato:

Approvato:

GIUGNO 2019

EMISSIONE PER APPROVAZIONE

Note e commenti:



## **1. PREMESSA.**

La presente Relazione geotecnica è allegata al Progetto Definitivo dell'intervento di "Completamento infrastrutturale e dei servizi del porto turistico di Palinuro".

L'area interessata dallo studio in oggetto è localizzata nella Frazione Palinuro del Comune di Centola ed è riportata nella Carta Topografica D'Italia al Foglio n° 519 - Sezione II.

Trattandosi di territorio classificato come sismico (S6 = bassa sismicità), la presente indagine è stata condotta nel rispetto della normativa stabilita in materia antisismica (fig. n° 2).

La presente Relazione Geotecnica è stata redatta:

- in conformità alla Legge n° 64 del 02/02/1974;
- ai sensi della Circolare Ministeriale LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988;
- tenendo conto delle disposizioni per le aree a rischio di frana (D.L. 180/98 – L. 267/98 – D.P.C.M. 29/09/98 – L. 226/99).

Nell'approccio al lavoro si è inteso effettuare una prima analisi delle caratteristiche geotecniche dell'intera area, analizzando precedenti approfondimenti geognostici realizzati in occasione di precedenti interventi realizzati nell'area. A tale scopo, nel presente studio, vengono riportate le risultanze di n° 1 Sondaggio a carotaggio continuo, di n° 1 sondaggio sismico a rifrazione e di n° 3 sondaggi penetrometrici dinamici, tramite attrezzatura tipo "SUNDA DL 030", allo scopo di avere precise informazioni sulla stratigrafia locale.

## **2. CARATTERI GEOLOGICI DELL'AREA IN ESAME**

Limitatamente all'area di intervento, i rilievi di superficie, effettuati lungo i numerosi tagli naturali e artificiali presenti, hanno evidenziato la presenza di una formazione in posto quaternaria, appartenente all' Unità del Monte Bulgheria e rappresentata litologicamente da **Calcarei con noduli e liste di selce in strati e straterelli regolari** appartenente alla **Formazione dei Calcarei con selce**.

Come ben si osserva nell'area, la stessa formazione è frequentemente sottoposta a spessori variabili di coperture quaternarie che ne impediscono l'affioramento. Tali terreni presentano a vari livelli stratificazione incrociata, sono costituiti da membri litologici appartenenti alla Serie Eolica e sono rappresentati da **Sabbie rosse pedogenizzate**.

## **3. SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO**

Al fine di eseguire una esauriente parametrizzazione geotecnica delle litologie affioranti, all'interno delle aree oggetto di intervento per la redazione del progetto per il completamento del Porto della Frazione Palinuro del Comune di Centola, il Dr. Geol. Marcello Ferrigno titolare della ditta Geoconsol ha eseguito una campagna geognostica di seguito descritta.



Sono stati eseguiti n° 01 sondaggio a carotaggio continuo nel sito scelto in modo da riuscire ad indagare, in forma puntuale, le principali litologie affioranti nell'area interessata dal progetto.

I sondaggi sono stati effettuati con una sonda idraulica a rotazione CMV 420.

Il prelievo della campionatura continua è stato effettuato generalmente con carotiere doppio  $\Phi$  101 ed in minima parte con carotiere semplice  $\Phi$  101.

La stabilizzazione della parte iniziale dei fori è stata ottenuta con una tubazione di rivestimento a recuperare  $\Phi$  127.

La campionatura continua è stata sistemata in apposite cassette catalogatrici in P.V.C..

Il sondaggio n° 1, eseguito sulla banchina del molo di attracco del Porto di Palinuro, ha visto indagate, per una profondità totale di perforazione pari a 10.00 metri da piano di campagna (1,00 M. s.l.m.), i livelli delle coperture quaternarie fino al raggiungimento delle litologie prequaternarie della formazione di base.

L'esatta ubicazione del sondaggio appena descritto è riportata sugli Allegati n° A

Per un maggior dettaglio della stratigrafia riscontrata nel sondaggio appena descritto, si rimanda all'Allegato A

#### **6.1. indagini penetrometriche e assetto stratigrafico locale (Grafici, Tabulati e ubicazione di dettaglio ALLEGATO A)**

In base a quanto emerso dalla prima fase di indagini di campagna, mirata al rilevamento delle condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche generali dell'area, si è ritenuto opportuno eseguire un approfondimento geognostico per la definizione dell'andamento geostratigrafico degli orizzonti significativi e dei relativi spessori.

Sono state così eseguite delle indagini geognostiche puntuali, consistenti in prove penetrometriche dinamiche, la cui distribuzione, condizionata anche dalla accessibilità dei luoghi, è stata mirata a investigare nella maniera più efficace possibile l'area in esame in relazione alle caratteristiche geomorfologiche e alle finalità del presente lavoro.

Tali indagini sono state effettuate tramite un'attrezzatura leggera del tipo *Sunda L30*, che attualmente costituisce lo standard internazionale delle prove penetrometriche dinamiche leggere.

Com'è noto, questo tipo di indagine consente di determinare indirettamente le caratteristiche geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo, incoerenti o coerenti, mediante una procedura standardizzata che permette la misura dell'energia necessaria all'infissione nel terreno di una punta conica a perdere.

Quest'ultima, costituita da un cono di acciaio con angolo di 60° e da un'area di base di circa 10 cm<sup>2</sup>, viene infissa nel terreno mediante una batteria di aste di acciaio, di diametro di 20 mm e peso di 2.4 Kg/m, alla cui estremità superiore viene esercitata un'energia d'impatto costante, rappresentata dalla caduta di un maglio di 30 Kg di peso dall'altezza di 20 cm (58.86 Joule).

Le prove consistono nel misurare il parametro ***N<sub>10</sub>***, rappresentato dal numero di cadute del maglio (***numero di colpi***) necessarie all'infissione nel terreno della batteria di aste per 10 cm. La punta conica ha un diametro di circa 35



mm, superiore a quello delle aste che la seguono, pertanto quest'ultime sono soggette durante l'infissione ad un attrito laterale trascurabile, soprattutto in corrispondenza di terreni incoerenti e per profondità non elevate.

Nella fattispecie, l'attrezzatura penetrometrica utilizzata consta di un gruppo motore che aziona una pompa ad olio; l'olio in pressione, attraverso una tubazione di mandata e una di ritorno, aziona un motore idraulico che, mediante un manovellismo, solleva e lascia cadere liberamente la massa battente di 30 Kg sul piatto di battuta, situato in testa alla batteria di aste. La frequenza di cadute del maglio è di circa 55 colpi/minuto.

Le prove vengono spinte fino alla profondità di interesse, difficilmente superiore ai 15 m, o comunque fino alla profondità alla quale il numero di colpi diventa molto elevato; generalmente si adotta il valore di 100 colpi, per il quale si ritiene che sussista il "rifiuto" alla penetrazione.

Il valore di rifiuto può essere raggiunto in varie condizioni:

- a) la punta raggiunge un substrato roccioso non penetrabile;
- b) la punta raggiunge un trovante roccioso nell'ambito dei terreni attraversati non penetrabile;
- c) la punta raggiunge un livello i cui terreni sono dotati di uno strato di addensamento o di una consistenza molto elevate, rispettivamente se i terreni sono incoerenti o coerenti.

Il risultato finale delle prove penetrometriche dinamiche è una misura, discretizzata per intervalli di 10 cm, di una proprietà meccanica del terreno ( $N_{10}$ ), correlabile alle principali caratteristiche geomeccaniche dei terreni; esse, pertanto, sono prove che consentono un elevato dettaglio stratigrafico (*log penetrometrico*) e offrono la possibilità di effettuare buone correlazioni stratigrafiche.

Com'è noto dalla letteratura tecnico-scientifica, le prove penetrometriche effettuate con il penetrometro dinamico leggero sono correlabili alle più diffuse prove penetrometriche **SPT** (Standard Penetration Test), per le quali sono state provate sperimentalmente, e riconosciute a livello internazionale, le relazioni tra il numero di colpi necessario ad infiggere un campionatore standard per 30 cm nel terreno ( $N_{SPT30}$ ) e le principali caratteristiche geomeccaniche del terreno.

Quindi, conoscendo la relazione tra  $N_{10}$  e  $N_{SPT30}$ , anche attraverso le prove penetrometriche dinamiche, eseguite con attrezzatura leggera, si possono ricavare gli stessi parametri geomeccanici; ciò, peraltro, è possibile anche mediante le correlazioni empiriche fornite dalle stesse case costruttrici dei penetrometri dinamici leggeri.

Per la caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica dei terreni presenti nell'area, sono state eseguite tre prove penetrometriche, denominate rispettivamente **Sp1**, **Sp2**, **Sp3**, in corrispondenza di punti rappresentativi di settori del versante in esame.

La rappresentazione grafica dei *logs penetrometrici* e le informazioni geologiche ottenute dal rilevamento di superficie hanno consentito di evidenziare l'assetto stratigrafico locale e di apprezzare l'entità spaziale degli orizzonti stratigrafici significativi.

In particolare è stata riconosciuta, partendo dall'alto verso il basso, la seguente successione litologica:

**Orizzonte "A":** Depositi di Sabbie litologicamente costituiti da sabbie sciolte continuamente movimentate .  
Lo spessore nei punti di indagine è risultato estremamente variabile: da un minimo di circa 0.70 mt. in Sp1 ad un massimo di circa 1.30 mt. in Sp3.



**COMUNE DI CENTOLA**  
**REALIZZAZIONE DEI SERVIZI MINIMI PER IL SETTORE DELLA PESCA NEL PORTO DI PALINURO**  
**Progetto Esecutivo: Relazione geotecnica**

**Orizzonte "B":** Depositi di Sabbie litologicamente costituiti da sabbie mediamente addensate. Lo spessore nei punti di indagine è risultato variabile da un minimo di circa 1.30 mt. in Sp1 ad un massimo di circa 3.30 mt. in Sp3.

**Orizzonte "C":** Intercettato dai sondaggi penetrometrici, rispetto all'attuale p.c., a profondità rispettivamente di 2,60 mt. in Sp1, e di 3,50 mt. in Sp3, costituisce le sabbie a stratificazione incrociata più o meno cementate. Lo spessore dello strato non è stato definito.

E' evidente che gli spessori degli orizzonti riconosciuti si riferiscono esclusivamente alle stazioni d'indagine e, quindi, per quanto attendibili, non possono considerarsi validi per tutta l'area di ingombro dell'opera da realizzare.

Prova	Profondità	NDL030	g	f	C	qa	Falda	Litologia
N°	(cm)	(medio)	(g/cm <sup>3</sup> )	(gradi)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(metri)	
1	3.50	12.3	1.75	27	0.08	1.06	-	Sabbie sciolta
2	1.50	2	1.75	28.2	0.2	1.25	-	Sabbie Mediamente addensata
3	4.20	27	1.8	30	0.6	1.82	-	Sabbie a stratificazione incrociata addensata

TABELLA f

Sintesi delle caratteristiche tecniche delle prove penetrometriche dinamiche e principali dati geotecnici e stratigrafici ricavati dalla loro interpretazione.

Studio Geologico-geotecnico a corredo del progetto per "lavori di completamento porto di Palinuro".

## 6.2 sondaggi sismici a rifrazione

### 6.2.1 Principi e metodi della sismica a rifrazione

Lo scopo delle indagini di sismica a rifrazione è quello di determinare, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali, o onde P, le caratteristiche meccaniche dei terreni interessati e i rapporti geometrici tra i vari orizzonti a diverse caratteristiche meccaniche; in generale si osserva una diretta proporzionalità tra la velocità di propagazione delle onde sismiche e le caratteristiche meccaniche dei terreni.

Il metodo si basa sulla registrazione dei tempi impiegati dalle onde sismiche a percorrere la distanza intercorrente tra la sorgente delle onde sismiche (massa battente di 8 Kg.) al geofono (sensore che trasduce le vibrazioni del suolo in segnali elettrici); tale misurazione viene effettuata su distanze note via via crescenti e aventi passo di spaziatura costante, prima in una direzione (tiro diretto), poi invertendo la posizione del geofono rispetto alla linea di stendimento (tiro inverso).

La presenza nel sottosuolo di corpi geologici a diverso comportamento meccanico (diverse velocità di propagazione delle onde sismiche) induce il fenomeno della rifrazione delle onde elastiche grazie al quale, se il mezzo superficiale ha velocità di propagazione minore del sottostante, il raggio sismico viene rifratto verso l'alto ritornando in superficie in tempi minori di quello diretto, che ha attraversato solo il mezzo superficiale; infatti il primo attraversa per un tratto il secondo mezzo a velocità maggiore. La diagrammazione dei tempi di arrivo in funzione delle distanze mostra, a



meno di errori sperimentali e di anisotropie del sottosuolo, un allineamento dei punti secondo una linea spezzata in cui ogni segmento elementare (dromocrona) rappresenta il contributo di uno strato a diverse caratteristiche meccaniche. La velocità di propagazione di ogni strato è rappresentata dall'inverso della pendenza del segmento stesso ( $\text{Velocità} = \text{Spazio} / \text{Tempo}$ ). Applicando, tramite un programma di calcolo opportunamente implementato su calcolatore, il modello teorico di GARDNER, è possibile ricostruire i rapporti giacaturali tra i corpi geologici a diverso comportamento meccanico, in particolare gli spessori, e l'inclinazione degli orizzonti rifrangenti.

Le stratigrafie sismiche possono essere fornite in proiezione topografica piana e in proiezione topografica reale. Quest'ultima, nel caso non si abbia una linea di livellazione topografica di precisione su cui basare lo stripping dei tempi rifratti, è da ritenersi puramente qualitativa, infatti un errore di quota topografica può comportare un sensibile errore nella determinazione della profondità degli strati. Ad ogni modo, nello stendimento eseguito si è tenuto conto dei dislivelli topografici.

#### **6.2.2 Sondaggi di sismica a rifrazione, interpretazione sismostratigrafica e correlazione geologico-stratigrafica**

È stato effettuato uno stendimento della lunghezza di 50 m, (S1) coniugato (tiro diretto e inverso). Il passo di misurazione è stato scelto in 2 m, poiché ritenuto un giusto compromesso tra il potere risolutivo dell'indagine e gli scopi della stessa. La disposizione dello stendimento e la sua lunghezza sono state condizionate dalla situazione logistica locale. È stato utilizzato un sismografo a 12 canali, ECHODODICI della Sundageofisica ad incremento di segnale. Le indagini hanno raggiunto una profondità di circa 10.00 m, da ritenersi sufficiente per lo scopo del nostro lavoro.

Dai risultati dei sondaggi si evince, fino alla massima profondità di investigazione, un modello sismostratigrafico caratterizzato da tre strati. Di seguito si evidenzieranno i caratteri medi di questi strati, mentre per un approfondimento dei dati sperimentali, della loro interpretazione e della loro elaborazione si rimanda ai grafici e alle tabelle presenti nell'

#### **ALLEGATO B.**

Sondaggio	Lunghezza	I strato	I strato	II strato	II strato	III strato
	(m.)	Velocità (m/s)	Spessore medio (m)	Velocità (m/s)	Spessore medio (m)	Velocità (m/s)
<b>S1</b>	50 coniugato	377	1.55	837	6.75	2613

Tabella g1 riassuntiva dei risultati dei sondaggi di sismica a rifrazione

Dall'analisi del sondaggio, sintetizzati nella tabella precedente, si evince il quadro sismostratigrafico dell'area. Di seguito si evidenzieranno i caratteri salienti dei vari orizzonti sismostratigrafici e si correleranno alle situazioni litologiche locali.

Il primo strato ha una velocità di propagazione delle onde longitudinali compresa tra 320 e 434 m/s e corrisponderebbe al le sabbie sciolte e mediamente addensate.

Il secondo strato, avente velocità variabile tra i 762 e i 929 m/s, corrisponderebbe al materiale sabbioso a stratificazione incrociata.

Infine il terzo strato, con velocità tra i 2485 e i 2800 m/s, corrisponderebbe al substrato integro e poco alterato.

TABELLA g2

Sintesi delle caratteristiche tecniche delle indagini sismiche e principali dati geotecnica e stratigrafici ricavati dalla loro interpretazione.

Studio Geologico-geotecnico a corredo del progetto per "lavori di completamento porto di Palinuro".

St. sismico n°	Lun. stendiment (metri)	Strato	Vp (m/sec.)	Vs (m/sec.)	M.Young (Kg/cmq)	M. Rigidità ( Kg/cmq)	Mod. Poisson	Profondità strato Min - max
SS1	50	1	434	320	1470	545	0.350	0.60-2.50
		2	762	929	7616	2920	0.300	5.50-8.00
		3	2800	2485	73100	29240	0.250	indefinito

## 7. QUADRO SINOTTICO DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI ESAMINATI

Tab. H – Caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti

TABELLA H Schema riassuntivo delle caratteristiche geotecniche principali dei terreni affioranti											
					medio					x Y	
Sa scl.	1.75	2.2	27°50'	0.08	>20	0.96	25.08	320	0.249	0.93	12031
Sa m. add.	1.75	2.60	28°30'	0.2	>25	1.2	17.20	434	0.249	1.41	22194
Sa. Str. Incr.	1.8	2.82	30	0.6	>30	2.1	20.26	762	0.299	0.66	550

### Legenda:

Sigle litologiche: Sa scl. (sabbie sciolte); Sa m. add. (Sabbie mediamente addensate); Sa. Str. Incr. (Sabbie a stratificazione incrociata).

Y ( peso dell'unità di volume); Ps ( peso specifico dei grani); Phi (angolo di attrito interno); C (coesione); Nspt (n° colpi alla prova SPT); e(0) ( Indice dei vuoti naturale); Sr ( grado di saturazione); Vp (velocità di propagazione dell'onda elastica longitudinale); Mod. Poisson; Rs(rigidità o impedenza sismica); mr( modulo di rigidità)





## 8. CALCOLO DEL CARICO AMMISSIBILE

Per la capacità portante del terreno è stato fatto riferimento all'allegata relazione geologica

Del presente studio sono parte integrante e sostanziale gli allegati di seguito presentati.

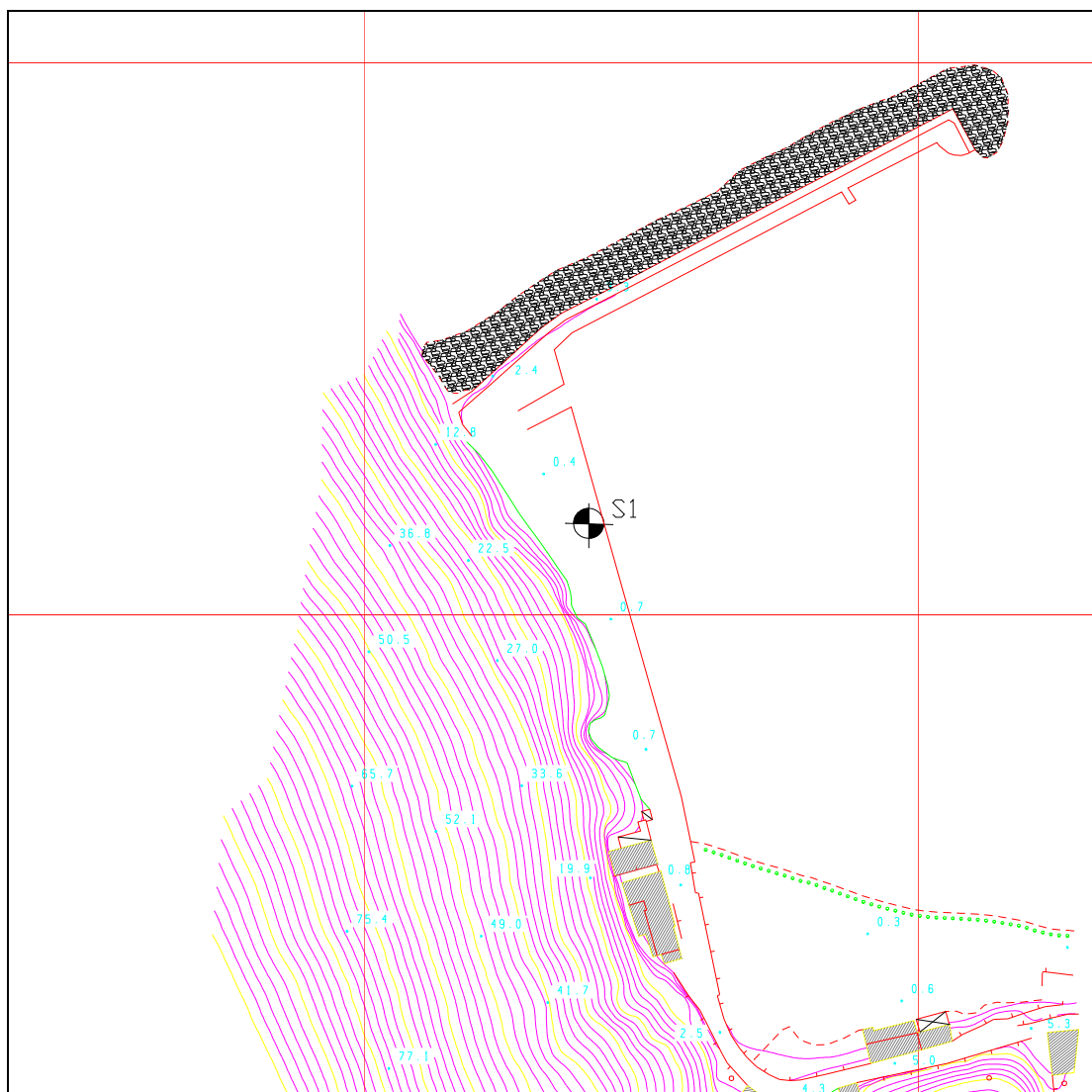


fig. n° 1 ubicazione planimetrica sondaggio a carotaggio continuo S1



Committente COMUNE DI CENTOLA		Scala sond. 1: 100		SONDAGGIO		FOGLIO	
Cantiere PORTO PALINURO		Quota (p. c.) 1.00		N° 1		1	
Metodo di perforazione ROTAZ. CAMPION. CONT.		Loc. Porto Palinuro					
data inizio 26/10/06		Data Finale 27/10/06		Geoconsol			

scala	stratigrafia	Descrizione	Potenza	Profondità	Test				Campione
					S. P. T.				
					20	40	60	80	
1		Massicciata stradale e riporto antropico della banchina del porto	4.50						
2									
3									
4									
5		Sabbie-limose plastiche di colore grigio con scheletro grossolano di clasti arrotondati più o meno abbondanti caoticamente inglobati	1.50						
6									
7		calcaricon noduli e liste di selce	4.00						
8									
9									
10									
11				10.00					
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									

Rilevamento acqua nel foro di sondaggio			NOTE: PC: penetrometro Punta Chiusa
I DATA I ORA I QUOTA p. c.			

fig. n° 2 – Colonna Stratigrafica sondaggio S1



**COMUNE DI CENTOLA**  
**REALIZZAZIONE DEI SERVIZI MINIMI PER IL SETTORE DELLA PESCA NEL PORTO DI PALINURO**  
*Progetto Esecutivo: Relazione geotecnica*



FOTO UBICAZIONE SONDAGGIO S1



FOTO N° 2 – CASSETTA CATALOGATRICE N° 1 DA 0.00 A 5.00 METRI



## COMUNE DI CENTOLA

REALIZZAZIONE DEI SERVIZI MINIMI PER IL SETTORE DELLA PESCA NEL PORTO DI PALINURO

*Progetto Esecutivo:* Relazione geotecnica



FOTO N° 3 – CASSETTA CATALOGATRICE N° 2 DA 5.00 A 10.00 METRI