

**Dr. Geol. Filomena Miragliuolo**

ISCRIZIONE ALBO GEOLOGI REGIONE CAMPANIA N°1400

VIA S. ANTONIO, 9

80075, FORIO (NA)

TEL E FAX 081/983450; 3283334413 ; E-MAIL : filomenamiragliuolo@libero.it

**COMUNE DI SERRARA FONTANA (NA)**

**LOCALITÀ PIANO TREDICI**

**OGGETTO :**

Realizzazione di una centrale geotermoelettrica mediante impianto pilota, con potenza nominale installata non superiore a 5 MW, ai sensi del D. Lgs. 11 febbraio 2010 n.22, come modificato dal D. Lgs. 3 marzo 2011 n.28.

---

***Relazione Geologica***

---

IL COMMITTENTE:

**Spett.le "IschiaGeoTermia S.r.l."**

IL GEOLOGO:

**Dott.ssa Filomena Miragliuolo**

*Filomena Miragliuolo*



# Indice

**Premessa**

**Inquadramento geologico strutturale generale**

**Inquadramento geomorfologico dell'area**

**Considerazioni sulla stabilità dell'ambito morfologico significativo dell'area di intervento**

**Inquadramento geolitologico dell'area**

**Inquadramento idrologico e idrogeologico**

**Vincoli e inquadramento dell'intervento nel contesto dello studio geologico di cui agli artt 11, 12 e 14 della L.R. 8/83**

**Caratterizzazione dei terreni**

- Indagini
- Modello geologico dell'area
- Rischio liquefazione

**Caratterizzazione sismica del sito**

**Conclusioni sulla compatibilità dell'intervento con le disposizioni del vigente PSAI in riferimento agli aspetti geologici di competenza**

**Bibliografia Consultata**

**Allegati:**

- Stralcio di Carta Geolitologica tratta dal PAI dell'Autorità di Bacino N.O.
- Sezione geologica
- Certificati indagini penetrometriche eseguite dalla Inge s.r.l.
- Certificati Masw

## Premessa

Su incarico della "**IschiaGeoTermia S.r.l.**" è stato elaborato il seguente studio geologico per il progetto di realizzazione di una "*Centrale geotermoelettrica a ridotto impatto ambientale mediante sperimentazione di impianto pilota con reiniezione del fluido geotermico nella stessa formazione di provenienza, e comunque con emissioni di processo nulle, con potenza nominale installata non superiore a 5 MW*", ai sensi dei D. Lgs. 11 febbraio 2010 n.22, come modificato dal D. Lgs. 3 marzo 2011 n.28.

L'area su cui sono previste le opere in oggetto (Fig. 1), ricade in una porzione del territorio comunale di Serrara Fontana, individuata nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) dell'Autorità di Bacino della Campania Centrale, adottato con delibera del Comitato Istituzionale n. 1 del 23/02/2015, e pubblicato sul BURC n.20 del 23/03/2015, come **area a rischio moderato da frana R1** (Fig. 2).

Pertanto nella stesura della presente si è tenuto conto dei "Criteri per la Redazione dello Studio di Compatibilità Geologica nelle Aree a Rischio Frana (art. 36 N.d.A.)", obbligatorio per gli interventi ricadenti in tale aree e finalizzato a verificare la compatibilità geologica dell'intervento in progetto, con le disposizioni del vigente PSAI.

Lo studio geologico è stato redatto in conformità alle prescrizioni normative previste dal D.M.14 gennaio 2008, par. 6.2.1 e alle istruzioni applicative del paragrafo C.6.2.1. della circolare n. 617 (caratterizzazione e modellazione geologica del sito).

In accordo con il suddetto D.M. 14/01/2008, lo studio, riguarda una zona significativamente estesa, in relazione al tipo di intervento e al contesto geologico in cui questo si colloca; definisce i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici del sito e fornisce gli elementi necessari ai tecnici progettisti per effettuare le scelte e gli approfondimenti ritenuti più opportuni.

Per la ricostruzione del modello geologico sono state utilizzate, oltre ad osservazioni di campagna e dati bibliografici, le indagini penetrometriche dinamiche pesanti

DPSH eseguite dalla Inge S.r.l. nell'area in oggetto. Di queste si allegano i certificati e l'ubicazione delle stesse.

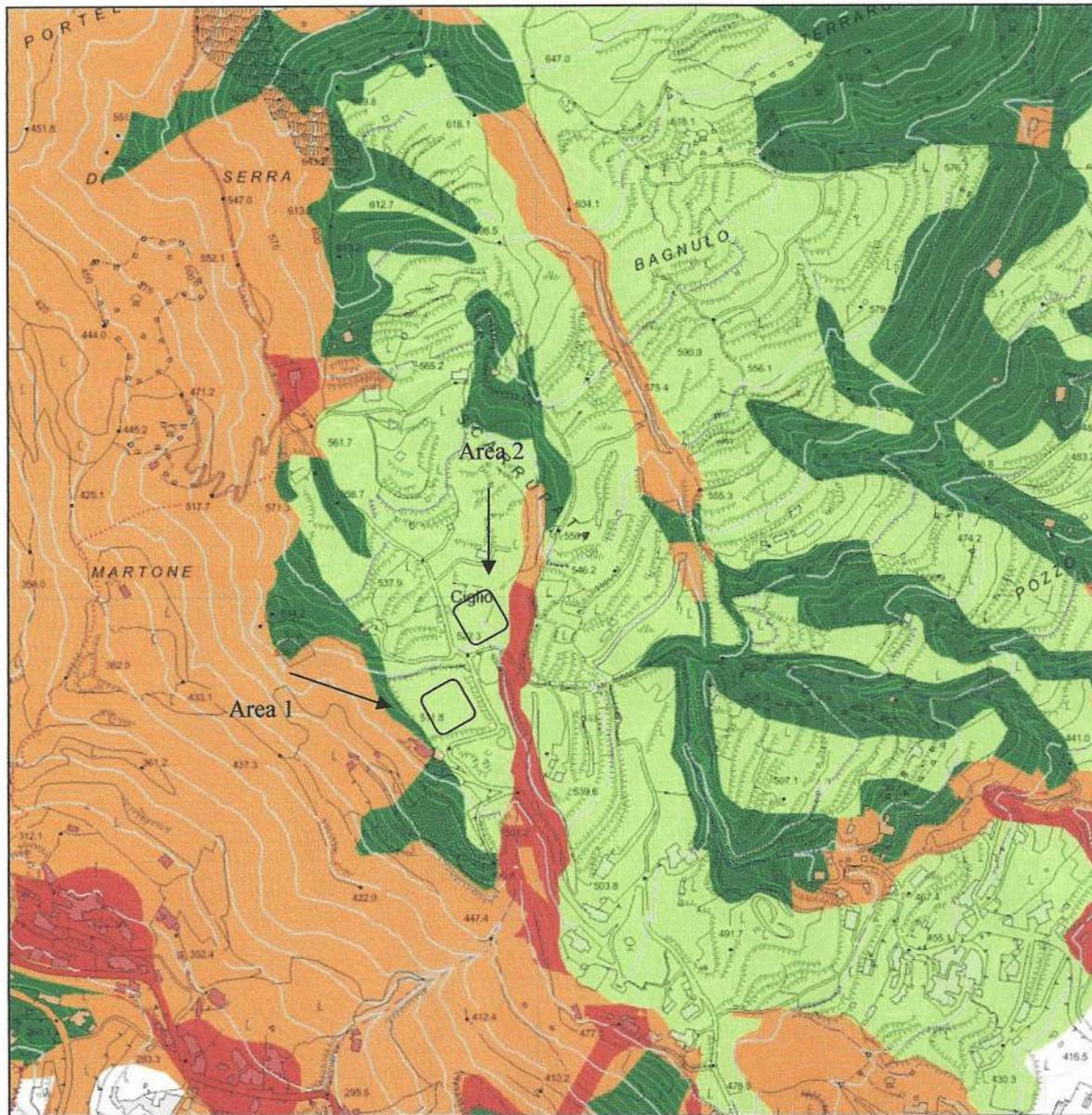
Si compone inoltre di un capitolo sulla modellazione sismica del sito (C10.1) per la ricostruzione del quale è stata utilizzata una prova sismica Vs30 Metodo MASW, realizzata nell'area in studio e di cui si riportano, in allegato, i certificati redatti.

*Fig. 1) Area di ubicazione impianto*



Fig. 2) Stralcio della cartografia del Rischio Frane redatta dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale (Ex A.d.B. N. O. e Bacino Sarno), con ubicazione aree in studio

Fonte: Sito Istituzionale Autorità di Bacino Campania Centrale



### LEGENDA

- R4 - Rischio molto elevato
- R3 - Rischio elevato
- R2 - Rischio medio
- R1 - Rischio moderato
- Limite di bacino

## Inquadramento geologico strutturale generale

L'isola d'Ischia delimita la parte nord-occidentale del golfo di Napoli; con una superficie di 46,4 km<sup>2</sup>, rappresenta la parte emersa di un campo vulcanico molto più ampio dell'isola attuale, esteso per almeno 600 Km<sup>2</sup> nel quale di sono sviluppate decine di bocche eruttive, strutture calderiche e strutture risorgenti.

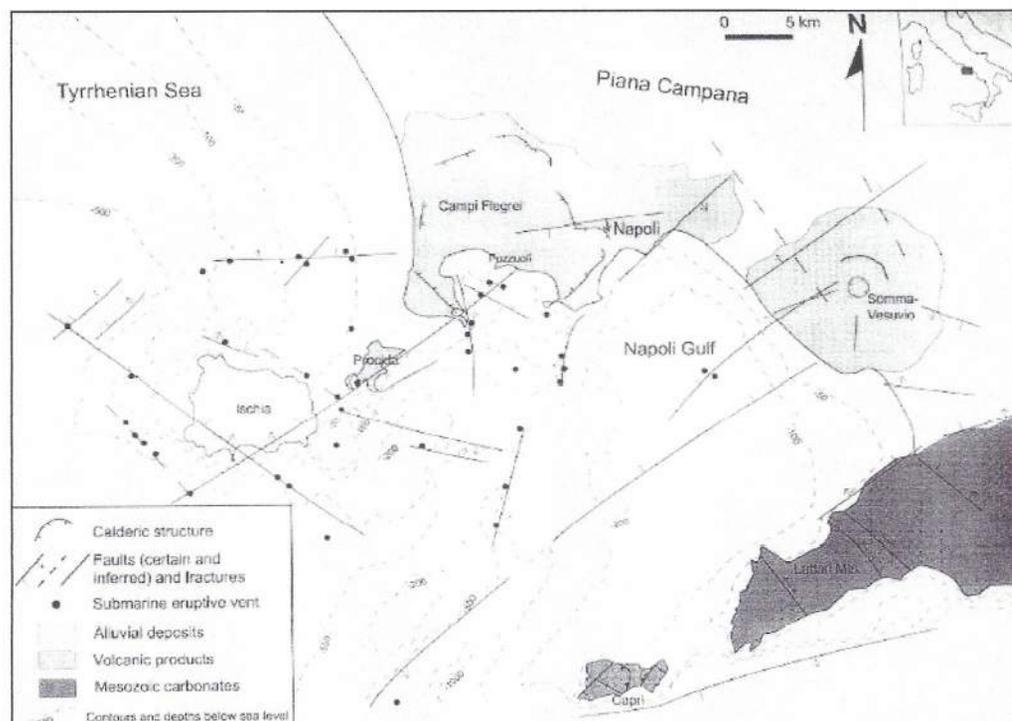


Fig. 3) *Mapa strutturale dell'area vulcanica napoletano. Acocella & Funiciello, 1999*

La storia vulcanica dell'isola d'Ischia è strettamente connessa alle fasi tettoniche distensive che hanno interessato il margine occidentale dell'Appennino tra il Pliocene e il Quaternario, causando il collasso della catena appenninica e la formazione del bacino del Tirreno e della Piana Campana ( Ippolito et al. 1973). L'estensione è avvenuta attraverso faglie normali ad andamento NW - SE e subordinatamente a sistemi di faglie da normali a strike slip, che separano il graben in blocchi e consentono ai magmi di risalire in superficie. (Fig.3)

La tettonica regionale ha guidato l'instaurarsi dell'attività vulcanica recente su alcune direzioni preferenziali nell'isola d'Ischia (Zuppetta et al. 1993); infatti le fratture

aventi direzione NE - SW che bordano l'allineamento Ischia-Procida-Campi Flegrei in parte controllano anche la storia tettonica ed eruttiva dell'isola.

L' espressione superficiale di questo sistema di fratture nella parte sud-orientale dell'isola è data dalla faglia sulla quale sono allineati gli edifici vulcanici di Vateliero, Molara e Cava Nocelle, (Fig. 4) attivi tra 2,6 e 1,9 ka b.p. (de Vita et al, 2006), mentre nel settore sud-occidentale, l'area morfologicamente depressa compresa tra S. Angelo e Citara è legata ad una faglia di direzione NW - SE.

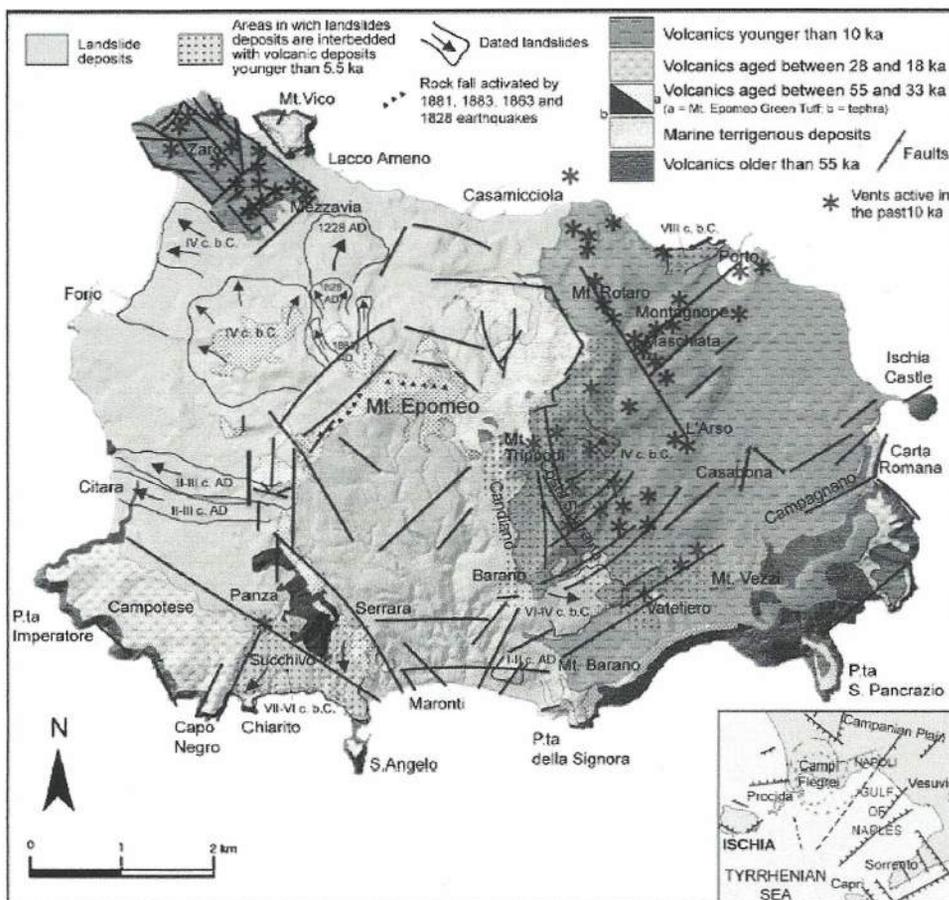


Fig. 4) Carta geologica dell'isola d'Ischia. Da de Vita et al, 2006

Oltre alle strutture tettoniche ad andamento regionale sono riconoscibili tutta una serie di faglie e fratture associate al sollevamento del blocco risorgente del Monte Epomeo.

Dal punto di vista strutturale, infatti, in letteratura tutti i lavori concordano nel ritenere Ischia una caldera risorgente. Le ricostruzioni eseguite da vari autori nel corso degli anni prevedono che la struttura calderica si sia formata durante un primo ciclo di attività vulcanica che si è concluso circa 75.000 anni fa ed il cui bordo è

delimitato dagli alti strutturali di Monte Vico, Panza e Monte Vezzi, Successivamente, circa 55.000 anni fa, la caldera si è riattivata con l'eruzione di una importante unità ignimbratica nota come "Tufo Verde del monte Epomeo".

La caldera presenta una forma ellittica con asse maggiore allungato ENE-WSW, e i recenti studi eseguiti da Berrino et alii (2008) e Paoletti et alii (2009), che individuano nel campo vulcanico ischitano una grande anomalia gravimetrica positiva associata ad anomalie magnetiche di notevole intensità, fanno ritenere che essa sia caratterizzata da un sistema di alimentazione molto superficiale riconducibile ad un complesso intrusivo trachitico superficiale di tipo laccolitico o sill. Ciò si traduce con la presenza di gradienti di temperatura in profondità di oltre  $180^{\circ}$  C/Km che, abbinati alla circolazione di fluidi idrotermali che funzionano da "mezzi di trasporto" del calore di origine magmatica, rendono Ischia una delle aree vulcaniche di maggiore interesse geotermico in Campania.

Fino a 28.000 anni fa la distribuzione dei centri eruttivi è avvenuta lungo la struttura calderica, tra 28.000 e 18.000 anni fa l'attività vulcanica si è invece spostata nel settore SW e lungo il bordo SE dell'isola. Tra i 10.000 anni fa e il 1302, anno dell'ultima eruzione (quella del centro eruttivo dell'Arso), l'attività si è concentrata nei settori orientali e settentrionali dell'isola con emissione di duomi e colate laviche.

Le modalità di sollevamento e deformazione del blocco del Monte Epomeo hanno influenzato la distribuzione dei centri vulcanici attivi degli ultimi 10.000 anni, i quali sono prevalentemente concentrati lungo i margini dello stesso.

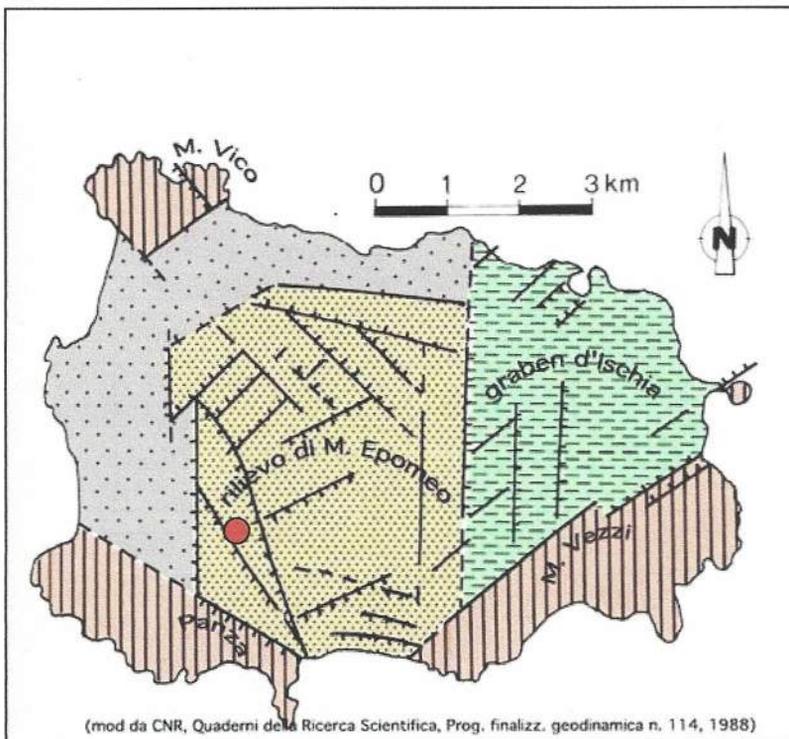
La struttura del blocco risorgente, rappresentato dal monte Epomeo, si trova in posizione centrale rispetto alla caldera ed ha in pianta una forma quadrangolare delimitata da faglie. Ne consegue che l'isola può essere suddivisa in quattro zone a seconda delle caratteristiche strutturali prevalenti (Fig.5):

- L'Horst (pilastro) vulcano tettonico del Monte Epomeo, dove gli elementi tettonici visibili sono esclusivamente connessi al suo sollevamento ed occupa la parte centro occidentale dell'isola;

- Il graben (fosso) di Ischia dove si intersecano le faglie dell'Horst, fratture e faglie ad andamento regionale e che occupa la parte nord orientale dell'isola;
- Gli alti strutturali di Monte Vezzi, Panza e Monte Vico costituiti da strutture ereditate dalla più antica attività vulcanica;
- Le aree depresse marginali che circondano l'horst e raggiungono il mare.

In particolare l'area in studio [●] si colloca nel settore centrale del blocco risorgente

Fig. 5) Schema strutturale



che si sviluppa a partire dal crinale del Monte Epomeo fino al litorale dei Maronti.

L'area è delimitata da un sistema di faglie che hanno permesso alla struttura di sbloccarsi verso l'alto (faglie dirette N-S ed E-W), nonché da tutto un sistema di faglie a direzione prevalente NE-SW che ne hanno permesso il successivo collasso, andando a costituire quello che viene

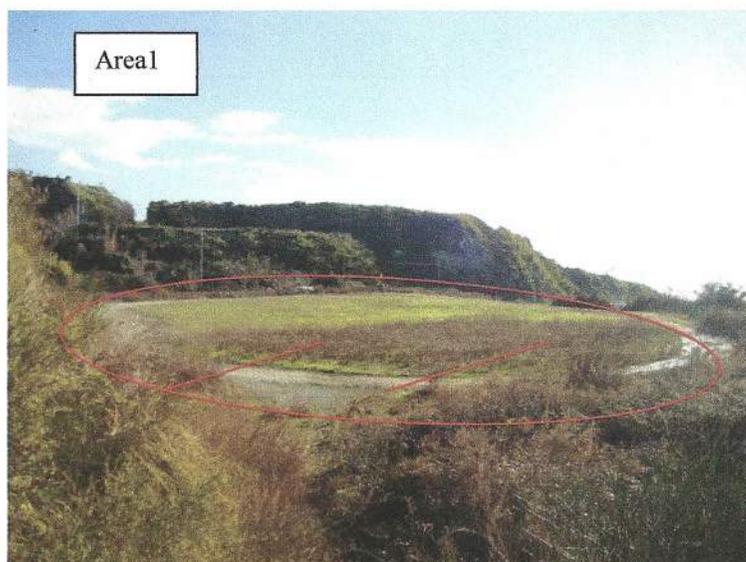
definito "Bacino di Fontana" (Fig. 6), un 'area depressa a forma di anfiteatro,



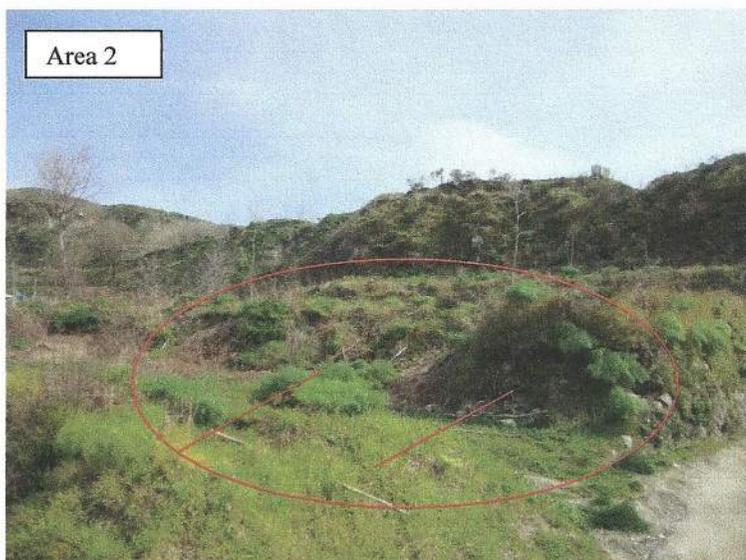
delimitata al coronamento da tufo verde e dissecata da un gran numero di solchi di erosione torrentizia, che con andamento dendritico sfociano sul litorale dei Maronti.

## Inquadramento geomorfologico dell'area

Le aree su cui sono previste le opere indicate in premessa, consistenti in pozzi esplorativi (da ora definita **area 1**) e torri di raffreddamento (**area 2**), sono localizzate sulla sommità del versante strutturale sud-occidentale del monte Epomeo (Fig.1) e sono raggiungibili tramite via Falanga, una piccola stradina carrabile che si inerpicia sul versante da via Lorenzo Fiore, nel territorio comunale di Serrara Fontana.



L'area 1, coincide con un pianoro, denominato Piano Tredici, ubicato alla quota di circa 511 m s.l.m., il cui attuale assetto pianeggiante è stato ottenuto attraverso interventi antropici con locali riporti di materiale.



L'area 2, anch'essa sub pianeggiante, si inserisce alla base di un anfiteatro naturale e risulta delimitata nel settore orientale da una parete sub verticale di altezza pari a circa 30 m; il pianoro, presenta un aspetto vagamente terrazzato, legato all'utilizzo agricolo. Attualmente, però, risulta in stato di abbandono e caratterizzato da superfici incolte e

colonizzate da vegetazione spontanea di tipo arbustivo. La quota media del terreno risulta, sulla base della CTR Elemento 464072 "Serrara Fontana", (Fig.7) variabile dai 522 ai 526 m s.l.m.

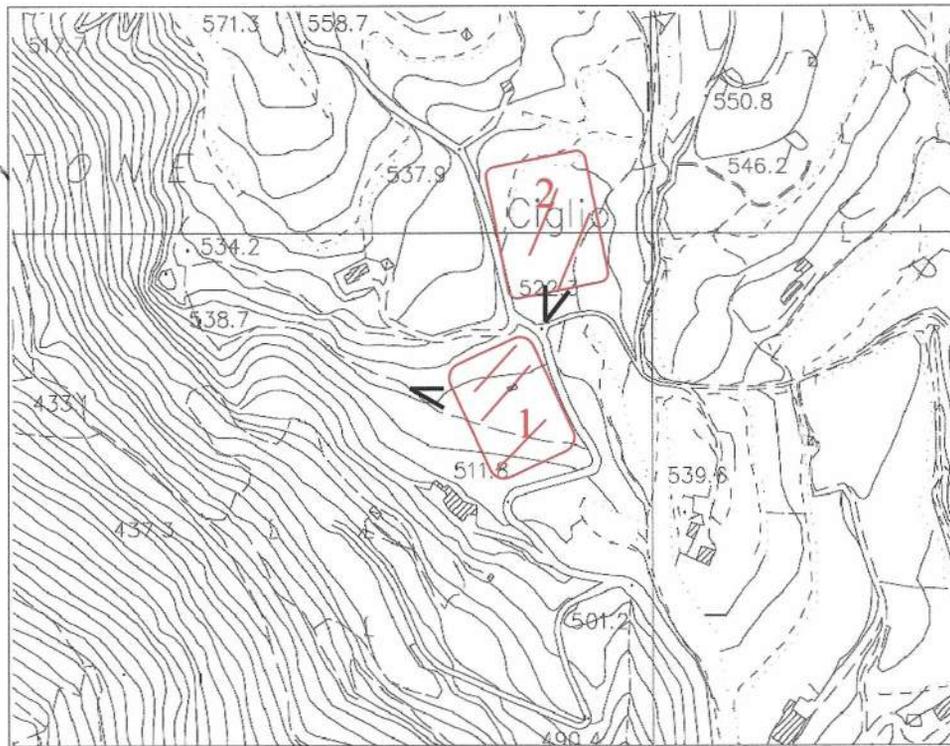
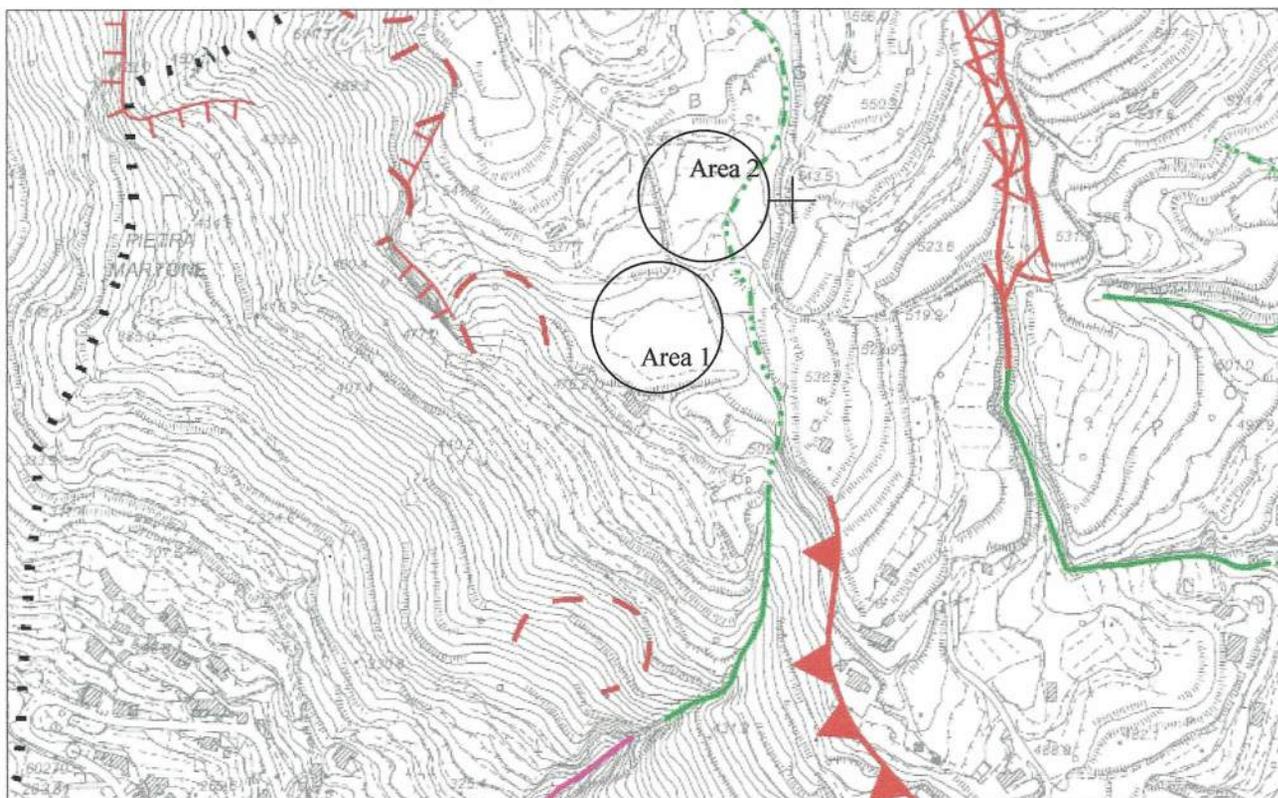


Fig. 7) Stralcio Aerofotogrammetrico con ubicazione aree e coni ottici di orientamento foto

L'assetto geomorfologico dell'area (Fig. 8) risulta strettamente legato alla evoluzione tettonica subita. Il sollevamento differenziato e la complessa strutturazione dei settori limitrofi hanno definito una configurazione morfometrica abbastanza aspra, con notevole esasperazione della pendenza del rilievo su terreni e unità geologiche dalle caratteristiche litotecniche e geomeccaniche abbastanza sfavorevoli (prevalentemente rocce deboli e/o incoerenti) e quindi predisposte al dissesto. (Carta Geologica, Foglio 464 Isola d'Ischia).

Il settore sudoccidentale è delimitato da versanti di faglia, (legati a faglie ad andamento SE - NW che svincolano il blocco in sollevamento del Monte Epomeo), su cui si sono sviluppate pareti acclivi, impostate sull'unità del Tufo Verde, che risultano disseccate e denudate in più punti a seguito di fenomeni franosi di varia entità e tipologia. Nel settore nord - orientale, è invece evidente la continuità latero-verticale della struttura vulcano tettonica del Monte Epomeo costituita dalle unità del substrato, Tufo Verde del Monte Epomeo ed unità epiclastiche, mascherate ed addolcite, procedendo verso SE da corpi detritici ed alluvionali s.l. della copertura superficiale.

Fig.8) Stralcio di Carta Geomorfologica tratto dal PAI dell'Autorità di Bacino della Campania Centrale (Ex AdB N.O. Campania)



## Legenda

### FORME DI ORIGINE VULCANO-TETTONICA E STRUTTURALE

-  Orlo di versante di faglia
-  Orlo di scarpata di faglia o di linea di faglia (a tratteggio, ove presunto)
-  Cornice, orlo di scarpata ripida influenzata dalla struttura (a tratteggio, ove presunto)

### FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI VERSANTE DI ORIGINE GRAVITATIVA

-  Relitto di coronamento di frana

### FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA AZIONE DELLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

-  Solco di ruscellamento concentrato
-  Tratto di alveo poco inciso
-  Tratto di alveo da moderatamente a molto inciso

### FORME DI ORIGINE COMPLESSA

-  Vallecola di origine fluvio-gravitativa

## Considerazioni sulla stabilità dell'ambito morfologico significativo dell'area di intervento

In merito alla stabilità delle aree 1 e 2, trattandosi di zone pressoché sub pianeggianti non si osservano dissesti in atto o potenziali che riguardano la stabilità dei terreni presenti, i quali si concentrano lungo i versanti che delimitano le aree stesse, sia a monte che a valle, e la cui distribuzione e tipologia risente delle caratteristiche litologico-tecniche e strutturali, nonché del grado di degradazione chimico-fisica connesso a fenomeni di alterazione idrotermale e fumarolizzazione, delle unità presenti.



In generale, tutte le unità si presentano fortemente alterate per fenomeni fisico-chimici ed in alcuni punti per alterazione idrotermale (Fig. 9).

Sul versante sud-occidentale (posto alla base dell'area 1), nei punti esposti, evidente risulta la fratturazione a carattere pervasivo delle unità tufacee presenti, che contribuisce ad isolare blocchi monolitici di dimensioni considerevoli. Tale condizione naturale, costituisce un importante carattere predisponente all'innescio di fenomeni franosi del tipo crollo e crollo-rotolamento, soprattutto in condizioni dinamiche e/o in occasione di intense precipitazioni.

Attualmente la folta copertura vegetazionale e la difficoltà di accesso impediscono la visione delle reali condizioni geostrutturali dell'ammasso posto alla base dell'area 1, comunque in prospettiva di possibili ribaltamenti e/o distacchi di blocchi rocciosi in condizioni sismiche, con potenziale arretramento dell'orlo della scarpata, la soletta sulla quale poggerà la sonda di perforazione, i cui carichi sono comunque modesti

(massimo  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ ) sarà situata a circa 30 m dal ciglio della scarpata, in condizioni dunque di assoluta sicurezza.

Per quanto concerne le caratteristiche del versante orientale sub verticale che delimita l'area 2, questo presenta un' altezza massima di circa 30 m ed è costituito da depositi clastici molto grossolani in cui sono evidenti blocchi da metrici a decametrici di tufi immersi in matrice grossolana (Fig. 10). Anche in questo settore la presenza di una fitta vegetazione maschera le reali condizioni geostrutturali, ma l'incrocio di fattori geologici (la litologia presente) e morfologici (l'acclività) consente, in prima analisi, la definizione delle instabilità potenziali, riconducibili prevalentemente a fenomeni di *crolli s.l.* di blocchi tufacei eterometrici, isolati e svincolati dalla massa in cui sono immersi; tra le possibili cause di innesco di tali fenomeni, si possono considerare fenomeni di erosione differenziale della matrice più fine ad opera delle acque di corrivazione, effetto divaricatore delle radici delle specie arbustive presenti, aumenti di pressioni neutre, scuotimenti sismici, ecc.

Dai fenomeni di instabilità per crolli s.l., con il coinvolgimento di un volume maggiore di "terreno", si può passare a veri e propri fenomeni di scorrimento traslativo (*debris slide*) dove il movimento comporta uno spostamento per taglio lungo una o più superfici generalmente piane, o più o meno ondulate, corrispondenti a passaggi fra strati di materiale con diverse caratteristiche di resistenza (cioè tra la porzione alterata più superficiale e quella integra).



Fig. 10) Versante orientale dell'area 2; depositi di debris avalanche

Alla luce di tali considerazioni sarà opportuno in fase di progettazione esecutiva, effettuare un adeguato contenimento di tale parete, per assicurare la stabilità del versante e il dimensionamento delle opere.

Ai fini applicativi, va considerato che anche nei settori di versante apparentemente caratterizzati dalla presenza di elementi litoidi e coerenti, è comunque presente una variabilità strutturale che condiziona la qualità dell'ammasso. La presenza di fenomeni di alterazione superficiale con prevalente disgregazione di tipo granulare, fratture variamente orientate e inclinate che separano volumi anche di grosse dimensioni, determinano comportamenti assimilabili più ad una terra che ad una roccia per ciò che attiene ai possibili cinematismi di instabilità. Sarà quindi opportuno un approccio che tenga conto dell'instabilità globale dello stesso e quindi che per qualsiasi verifica, vengano utilizzati i criteri della meccanica delle terre e non della meccanica delle rocce.

*Fig. 11) dissesti presenti sulla parete occidentale dell'area2*



Lungo la parete settentrionale dell'area 1 e quella occidentale dell'area 2, le moderate altezze, nonché la presenza di depositi detritici meno addensati di quelli presenti nella parete di fig. 10, predispongono gli stessi a fenomeni di dissesto riconducibili a forme di erosione accelerata (Fig.

11), che avvengono soprattutto in concomitanza di forti precipitazioni pluviali e sono legate ad una diminuzione delle resistenze d'attrito della massa e della coesione.

## Inquadramento geolitologico dell'area

Come già accennato in precedenza, dal punto di vista litologico, sono visibili in affioramento lungo le pareti che delimitano i due pianori (Fig.10, Fig.11, Fig.12), depositi clastici molto grossolani prevalentemente massivi, di colore verde grigio

Fig. 12) Parete settentrionale dell'area 1



formati da blocchi e megablocchi (da metrici a decametrici) di tufi appartenenti alle unità tufacee idrotermalizzate del Monte Epomeo e rocce epiclastiche indurite, localmente immersi in una matrice grossolana di sabbie, lapilli e blocchi formata dagli

stessi tufi idrotermalizzati che ne costituiscono la massa prevalente.

Si tratta di depositi di *debris avalanche* (valanghe di detrito) formati sul versante meridionale del blocco risorgente del Monte Epomeo e definiti nella recente letteratura come "Unità di Bocca di Serra" (Carta geologica della Regione Campania, Foglio 464 "Isola d'Ischia"). L'anfiteatro di distacco della valanga è modificato dalle strutture di svincolo, faglie dirette subverticali, che hanno consentito il sollevamento del blocco centrale risorgente.

I terreni attribuiti a questa unità, che affiorano diffusamente all'interno del vasto anfiteatro del bacino di Serrara Fontana tra il Monte Epomeo a nord, il rilievo di Bocca di Serra ad Ovest e il litorale dei Maronti a sud, presentano spessori variabili tra i 10 e oltre 100 metri.

Nell'area in studio, la formazione in oggetto, ricopre in discordanza il Tufo Verde attraverso una superficie che immerge di circa 40° verso l'interno del bacino, con spessori variabili dai 5 ai 20m.

L'unità del *Tufo Verde del Monte Epomeo* (Fig. 13) è un deposito ignimbrico di colore variabile dal verde smeraldo al verde chiaro fino al giallo, massivo, con grado di litificazione variabile in funzione del grado di alterazione idrotermale subita,

Fig.13) Particolare del Tufo Verde



costituito da abbondanti pomici idrotermalizzate e da cristalli, principalmente di biotite e di sanidino, immersi in una matrice scarsamente vetrosa.

I prodotti di questa eruzione affiorano nella parte centrale del blocco risorgente del Monte Epomeo, dove ne costituiscono la parte apicale.

Con spessori variabili tra i 100 e i 200 m, si estendono da Punta Jetto fino a Pietra Martone, dove è evidente il contatto con la debris avalanche di Bocca di Serra.

Si evidenzia inoltre sui pianori la presenza di una *coltre eluvio-colluviale*, costituita da terreni da incoerenti a sciolti, a prevalente componente limo-sabbiosa con scheletro detritico grossolano, pedogenizzati a tetto, accumulatasi in seguito alla degradazione in posto o dopo aver subito un breve trasporto e rimaneggiamento dovuto alle acque di ruscellamento, delle formazioni affioranti. Presentano spessori variabili, da alcune decine di centimetri ad alcuni metri; sono estesamente diffuse in tutta l'area e obliterano la formazione sottostante, anche quando il loro spessore è limitato.

Si rileva infine limitatamente all'area 1 (Piano Tredici) la presenza di *depositi di origine antropica e riporti* (di natura sabbiosa e con tracce di blocchi lapidei) accumulati sul piazzale in seguito alla sistemazione dello stesso. Presentano spessori

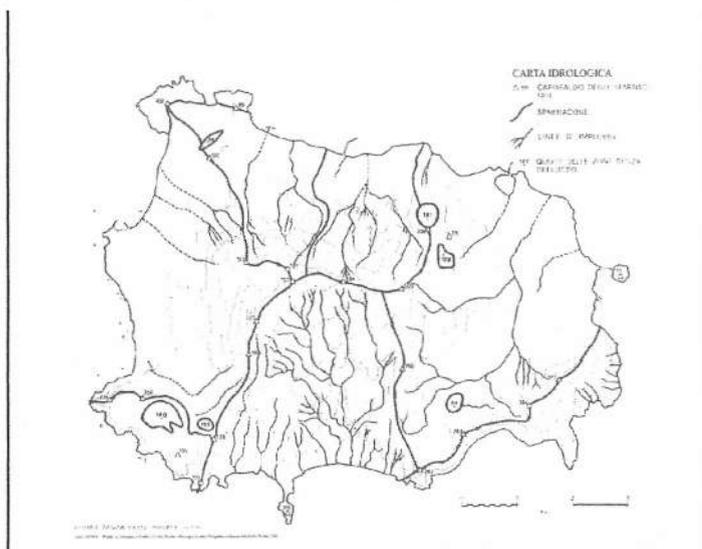
variabili da 1 a 2 metri e la loro presenza è circoscritta al settore meridionale del pianoro.

## Inquadramento idrologico e idrogeologico

### Circolazione idrica superficiale

I bacini imbriferi dell'isola d'Ischia possono essere raggruppati in cinque regioni, in ognuna delle quali essi presentano caratteristiche idrauliche e morfologiche strettamente dipendenti dalla litologia e dall'assetto strutturale come sintetizzato nella "Carta idrologica" redatta da Rittmann & Gottini (L'isola d'Ischia – Geologia, 1981).

Fig. 11) Carta Idrologica dell'isola



Il bacino della regione meridionale, in cui ricade l'area in studio, comprende il bacino di Fontana e l'altro secondario di Succhivo.

Il bacino imbrifero di Fontana è caratterizzato da un gran numero di "cave", cioè di burroni e gole incisi nel materiale detritico che riempie la conca di Fontana con uno spessore che localmente oltrepassa i 100 m. Hanno in media una direzione SSE, e per lo più sono asciutti; soltanto durante forti piogge si possono formare in essi effimeri torrenti. Rigagnoli perenni si trovano soltanto a valle delle sorgenti dell'Olmitello e di Nitrodi, rispettivamente a SW e NW di Barano d'Ischia.

Nel bacino imbrifero di Succivo, la direzione media dei solchi di erosione è S 15° W. La diversa direzione delle "cave" è presumibilmente legata all'esistenza di cupole di lava nel sottosuolo.

In linea di massima, la circolazione idrica superficiale, nell'area di pertinenza dell'impianto non si avvale di una rete drenante sviluppata, privilegiando modalità di deflusso laminare diffuso; le acque di precipitazione meteorica, vengono in massima parte assorbite dai terreni presenti, mentre l'aliquota di ruscellamento, seguendo le linee di massima pendenza tende ad incanalarsi verso embrionali solchi di erosione

spesso utilizzati come strade di accesso ai fondi agricoli.

Nel particolare, lungo il versante orientale dell'area 2 (Fig. 12), sono evidenti piccoli tratti soggetti ad erosione lineare con lo sviluppo di embrionali solchi di incisione che raccolgono le acque provenienti dalla stradina ubicata a monte dello stesso (che conduce alla "Pietra dell'Acqua" Fig. 13); rivoli embrionali che si perdono nella coltre detritica del pianoro.



### Caratteristiche di permeabilità dei litotipi

La permeabilità dei terreni detritici e delle coltri alluvionali presenti, del tipo per porosità, è di grado medio-basso, in funzione del rapporto granuli matrice e

dell'assortimento granulometrico di quest'ultima, con modalità di circolazione idrica sotterranea prevalentemente subverticale.

I tufi presentano caratteristiche di permeabilità del tipo per porosità e fessurazione di grado da medio a basso in relazione al grado di fratturazione e alterazione subitica. La capacità ricettiva nei confronti delle aliquote di apporto meteorico è comunque piuttosto bassa in funzione soprattutto della morfologia molto acclive dell'area di affioramento degli stessi.

#### Caratteristiche idrogeologiche - Circolazione idrica sotterranea

I dati disponibili in letteratura (Corniello et al., 1994; Celico et al., 1999), nonché i recenti studi condotti da Sbrana et alii, permettono di definire le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero vulcanico dell'isola d'Ischia. (Fig.14)

La presenza di prodotti effusivi (duomi e colate laviche) ed esplosivi (Tufo Verde del M. Epomeo, Tufo di Citara, scorie vulcaniche, pomici, etc.) ai quali sono intercalati e sovrapposti depositi continentali originati dal loro disfacimento, nonché formazioni sedimentarie di origine marina, le modalità di messa in posto nonché le vicissitudini vulcano tettoniche che li hanno interessati, si traducono con la presenza di un acquifero composito, costituito da una disordinata successione di orizzonti relativamente più permeabili, separati da livelli poco permeabili o addirittura impermeabili.

La presenza di faglie e fratture condiziona fortemente il deflusso idrico sotterraneo, permettendo la risalita localizzata di fluidi caldi profondi, testimoniati dalle diverse manifestazioni fumaroliche in superficie nonché dalla presenza di acque sotterranee calde (con temperature talora superiori agli 80 °C) fortemente mineralizzate.

Le conoscenze geologiche acquisite permettono di distinguere due zone principali caratterizzate da modalità di deflusso idrico differenti, coincidenti grosso modo con le maggiori strutture vulcano-tettoniche dell'isola: *il graben* di Ischia Porto e *l'horst* del M. Epomeo con le sue aree marginali.

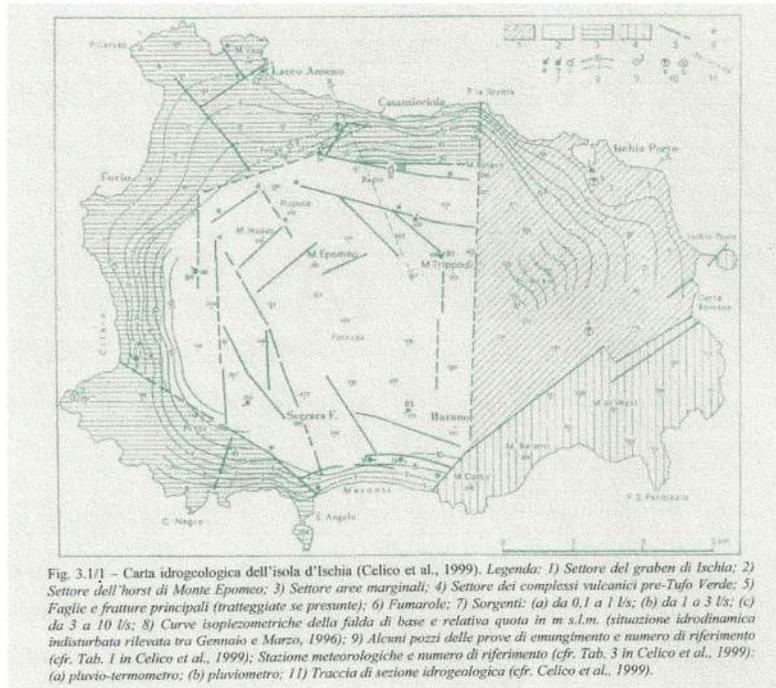
Nell'area del graben (Celico et al 1999), l'acquifero è costituito prevalentemente da lave fessurate e depositi piroclastici recenti a granulometria prevalente sabbioso-ghiaiosa, con una trasmissività variabile tra  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s e  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, e gradienti idraulici mediamente minori di 0,5%. La falda assume nell'insieme un deflusso radiale con recapito ultimo a mare.

Nell'area del M. Epomeo e lungo la fascia marginale, l'acquifero è costituito prevalentemente da tufi e lave fessurate e piroclastiti sciolte, localmente sono presenti depositi detritico-alluvionali e sedimenti di origine marina. Ciò si traduce in una circolazione idrica scomposta in falde sovrapposte con una trasmissività mediamente più bassa, variabile tra  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s e  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

Le pendenze piezometriche della falda di base, dove gioca un ruolo fondamentale l'alimentazione da parte del mare, risultano comprese tra 1% e il 3%, ma superano il 10% nel caso delle falde sospese, alimentate prettamente da acque piovane, che circolano nei materiali di frana ed alimentano sorgenti di portata ridotta (in media 0,002 m<sup>3</sup>/s), poste a varie altezze lungo i versanti e di difficile schematizzazione. Nell'insieme la circolazione idrica sotterranea è a deflusso radiale con recapito finale a mare.

Ai fini applicativi del presente studio, per l'area in esame, le indagini eseguite, nonché la bibliografia consultata, non indicano la presenza di falde freatiche superficiali (almeno per i primi 15 m dal p.c.) in grado di interferire nella risposta dei terreni alle sollecitazioni statiche e dinamiche.

Fig. 14) Carta idrogeologica dell'isola d'Ischia (Celico et al., 1999)



### Vincoli e inquadramento dell'intervento nel contesto dello studio geologico di cui agli artt 11, 12 e 14 della L.R. 8/83

Nell'ambito della cartografia allegata al PRG comunale nella **Carta della Stabilità** ricade dell'ambito delle *Aree interessate da dissesti profondi dovuti a scollamenti e scivolamenti di masse rocciose*.

L'area è **soggetta a vincolo idrogeologico** ai sensi del R.D. 30.12.1923 n°3267.

L'area è **sottoposta a vincolo paesaggistico** ai sensi del P.T.P. dell'Isola d'Ischia, approvato con D. M. 08/02/1999, pubblicato sulla G.U. n° 94 del 23/04/1999

L'area **non ricade in zona SIC** (Siti di Interesse Comunitario) o **ZPS** (Zone di Protezione Speciale).

L'area di ubicazione impianti **non ricade** in area a **vincolo archeologico**.

L'area di ubicazione impianti **non ricade** in zona classificata a **Rischio Idraulico**

L'area di ubicazione impianti **ricade** in zona classificata a **Rischio da Frana moderato R1** (Fig. 2) ai sensi del P.S.A.I dell'autorità di Bacino della Campania Centrale (Ex A.d.B. N.O. e Sarno).

## Caratterizzazione dei terreni

### - Indagini

Come indicato in premessa, per la ricostruzione del modello geologico, oltre a dati di carattere bibliografico e a osservazioni di campagna ci si è avvalsi di n. 5 prove penetrometriche dinamiche pesanti; DPSH 01, DPSH 02, DPSH 03 eseguite nell'area



1; DPSH 04, DPSH 05, eseguite sull'area 2, con il penetrometro dinamico pesante (Emilia 30) della Pagani, di cui si riportano in allegato i certificati redatti, , nonchè l'ubicazione esatta delle prove.

Le prove penetrometriche dinamiche consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.



Sono prove molto diffuse ed utilizzate nel territorio data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione e la loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il terreno attraversato con un'immagine in continuo.

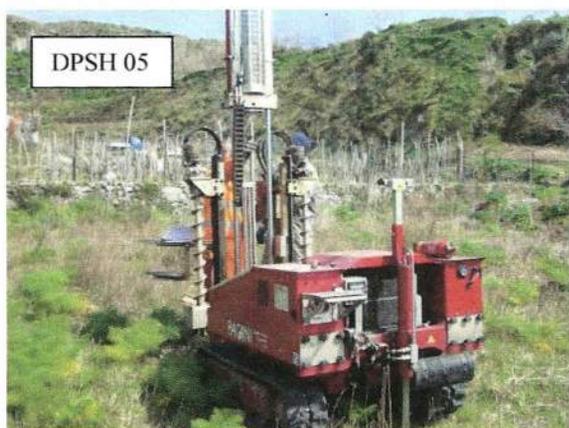


In particolare, nel caso in oggetto, si è scelta tale indagine, soprattutto per la verifica degli spessori dei terreni di riporto e delle coltri alluvionali superficiali che interessano le aree, mentre per il riconoscimento delle rocce

lapidee presenti in affioramento ci si è affidati alla propria esperienza personale, e a dati bibliografici esistenti.



Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) il penetrometro dinamico utilizzato presenta le seguenti caratteristiche tecniche: massa battente  $M = 63,5$  Kg, altezza di caduta  $H = 0,75$  m, avanzamento  $\delta = 30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50,5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento/fango assente. Coefficiente di correlazione con  $N_{SPT} = 1.01$



Le prove DPSH 01, DPSH 03, DPSH 05 sono state spinte fino al rifiuto strumentale ottenuto alle profondità rispettivamente di : 6,0 m per la DPSH 01 ; 10,20 m per la DPSH 03; 13,20 m per la DPSH 05.

La prova DPSH 02 è stata spinta fino alla profondità di 14,10 m dal p.c.

La prova DPSH 04 è stata spinta fino alla profondità di 10,20 m dal p.c.

I dati ottenuti, elaborati tramite correlazioni indirette, sono stati successivamente confrontati con dati di letteratura.

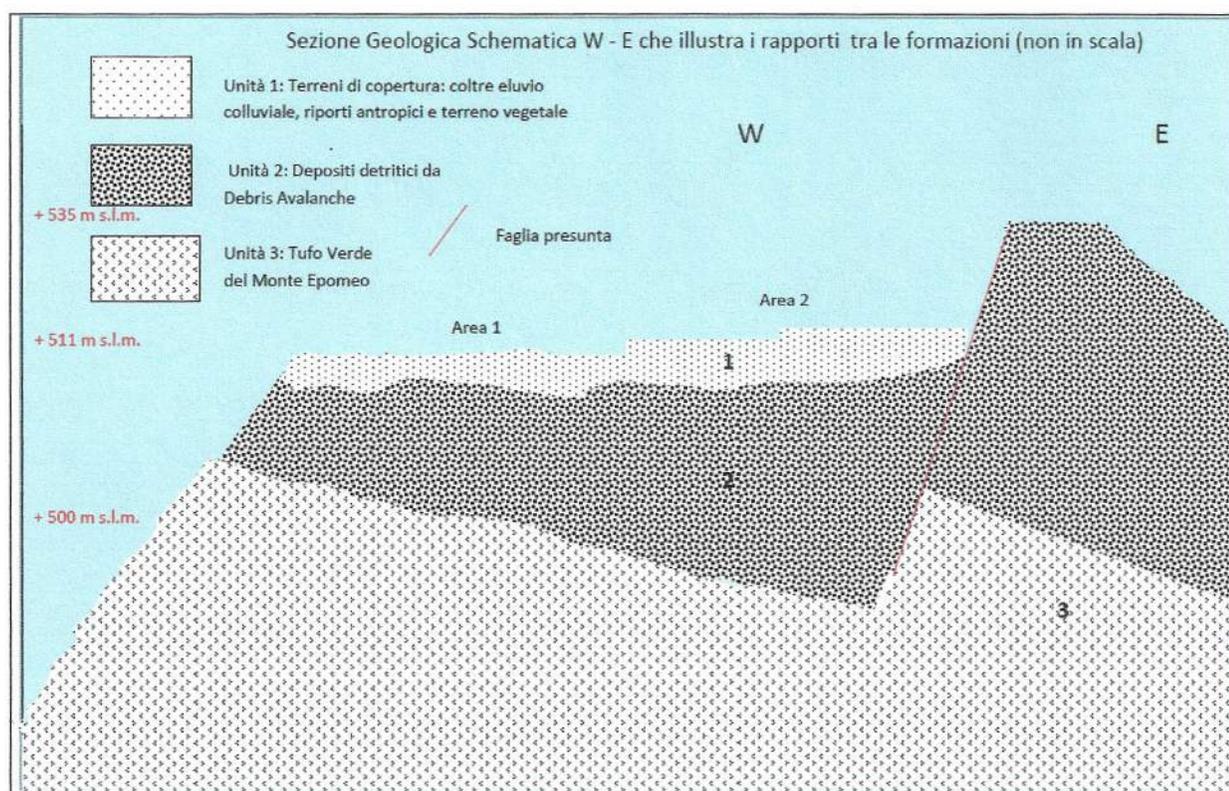
Si riportano i riferimenti bibliografici utilizzati per le correlazioni, e in allegato i certificati redatti:

- Resistenza alla punta  $R_p$  (kg/cm<sup>2</sup>) D'Apollonia et alii 1970
- Densità relativa  $D_r$  (%) Skempton
- Angolo di Attrito  $\phi$  (°) Schmertmann
- Modulo di Deformazione o Edometrico  $E$  (Kg/cm<sup>2</sup>) Schmertmann
- Modulo di Taglio per Basse Deformazioni  $G_0$  ( Kg/cm<sup>2</sup>) Sherif & Ishibashi

### - Modello geologico dell'area

La sezione geologica schematica in figura illustra il modello geologico dell'area investigata.

Sulla base degli elementi raccolti risulta quanto segue:



#### • Unità 1

In questa unità sono stati inclusi i terreni di copertura, scarsamente addensati che le indagini eseguite hanno rilevato sui pianori. Trattasi di terreni da incoerenti a sciolti, a prevalente componente limo-sabbiosa con scheletro detritico grossolano, pedogenizzati a tetto, accumulatasi in seguito alla degradazione in posto o dopo aver subito un breve trasporto e

rimaneggiamento dovuto alle acque di ruscellamento, delle formazioni affioranti. Presentano spessori variabili, da 1 a 4,5 m circa; sono estesamente diffusi in tutta l'area e obliterano la formazione sottostante, anche quando il loro spessore è limitato.

Si rileva inoltre limitatamente all'area 1 (Piano Tredici) la presenza di depositi di origine antropica e riporti (di natura sabbiosa e con tracce di blocchi lapidei) accumulati sul piazzale in seguito alla sistemazione dello stesso. Presentano spessori variabili da 1 a 2 metri e la loro presenza è circoscritta al settore meridionale del pianoro.

I parametri che nella pratica corrente si utilizzano per questi terreni sono i seguenti:

**Peso dell'unità di volume**  $\gamma = 1,400 - 1,700 \text{ T/m}^3$  con un valore medio di  $1,500 \text{ T/m}^3$

**Angolo di resistenza al taglio di picco**  $\phi' = 26^\circ - 28^\circ$  con un valore medio di  $27^\circ$

**Coesione**  $c' = 0$

## • Unità 2

Questa unità comprende i **depositi detritici** derivanti dal disfacimento del Tufo Verde dell'Epomeo; la potenza stimata per l'area in studio varia tra i 5 e i 20 metri secondo una direttrice in approfondimento W - E.

Dal punto di vista granulometrico trattasi di terreni a grana grossa classificabili come sabbie ghiaiose limose, contenenti talora massi, anche di notevole dimensione, di Tufo Verde litoide, "imballato" per così dire nella matrice più sottile, derivante dalla degradazione dei massi stessi.

Riguardo le caratteristiche di addensamento di tali terreni, l'andamento degli istogrammi, più frastagliati e a picchi contrapposti, evidenzia la notevole eterogeneità nella composizione granulometrica e clastica, e pertanto va considerato che i dati ottenibili da elaborazioni potrebbero essere in alcuni casi

fuorvianti e molto dispersivi, nonché di scarso significato per l'eterogeneità riscontrata in fase di osservazione sui numerosi scavi e fronti esistenti sul territorio. Sono infatti valori che vanno interpretati alla luce della forte anisotropia laterale dei terreni presenti, privi di stratificazione, in cui si alternano sacche di matrice più sottile a sacche ghiaiose più grossolane, con variazione puntuale del numero dei colpi necessari all'infissione; pertanto è consuetudine, a favore della sicurezza, l'utilizzo di parametri piuttosto cautelativi e mediati su un gran numero di prove.

**Peso dell'unità di volume**  $\gamma = 1,500 - 1,800 \text{ T/m}^3$  con un valore medio di  $1,600 \text{ T/m}^3$

**Angolo di resistenza al taglio di picco**  $\varphi' = 28^\circ - 32^\circ$  con un valore medio di  $30^\circ$

**Coesione**  $c' = 0 - 0,5 \text{ Kg/cm}^2$

In considerazione dei carichi massimi dovuti all'appoggio delle attrezzature di perforazione ( $1,5 \text{ kg/cm}^2$ ), su tali tipi di terreno non si pongono grosse limitazioni sulla fattibilità delle fondazioni anche se dovrà essere accertata l'uniformità litologica del piano di posa evitando cioè di poggiare la struttura in parte sui terreni detritici e in parte sui blocchi litoidi in essa imballati.

- **Unità 3**

Comprende un deposito ignimbrico di natura alcalitrachitica con colorazione variabile dal verde smeraldo al verde grigiastro, noto in letteratura come **Tufo Verde dell'Epomeo**. Presenta abbondanti pomici porfiriche ed inclusi di rocce ignee e cristalli, principalmente di biotite e alcalifeldspati immersi in una matrice scarsamente vetrosa. È interessato da una più o meno intensa fratturazione e a luoghi da una forte alterazione superficiale connessa a processi di esfoliazione, case-hardening, erosione eolica, ed alterazione chimica da attività fumarolica. Le caratteristiche geotecniche sono pertanto

molto variabili, in relazione all'alterazione subita; vengono comunque accorpati all'interno delle rocce tenere, con valori di resistenza a compressione uniassiale di circa 15 MPa e, in base alla classificazione di Bieniawski (1976), valori medi dell'angolo di attrito di circa 30° (Mele & Del Prete, 1998).

### **- *Rischio Liquefazione***

I terreni in oggetto **non risultano potenzialmente liquefacibili** se soggetti a sollecitazioni di tipo ciclico, secondo quanto ricavato con metodi analitici in molti studi già eseguiti applicando la metodologia proposta da Seed e Idris (1970).

Generalmente risultano infatti maggiormente suscettibili di liquefazione i terreni monogranulari fini (cioè con buona classazione del sedimento), in falda, aventi dimensioni comprese fra 1 mm e 0.01 mm, con coefficiente di uniformità compreso tra 2 e 10, bassa densità relativa e bassa resistenza penetrometrica.

### **Caratterizzazione sismica del sito ai fini realizzativi**

Si fa presente che in ambito di Macrozonazione sismica, ai sensi della O.P.C.M. 3274/03, per il calcolo dell'azione sismica, il territorio nazionale è stato suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (formazioni litoidi molto rigide assimilabili al bedrock)

**Serrara Fontana** è inserita nell'elenco di **zona 2** caratterizzata da un valore di  $a_g$  di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a:  **$a_g = 0,25 g$**

e da un valore di accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compreso tra:  **$0,15g < a_g < 0,25g$**

Con l'entrata in vigore del **D.M. 14 gennaio 2008**, 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. Il moto generato da un terremoto in un sito dipende infatti dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Per definire l'azione sismica di progetto è dunque necessaria l'identificazione della categoria di sottosuolo di riferimento. Per la determinazione di tale categoria, ai sensi delle **NCT 2008**, è possibile utilizzare lo stendimento sismico MASW (Multichannel



Analysis of Surface Waves), eseguita sul pianoro, che in sintesi, utilizza per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali, le onde di Rayleigh cioè la componente principale delle onde di superficie e la loro proprietà dispersiva. Si riportano in allegato i certificati prodotti dalla INGE s.r.l. di Castel Morrone Caserta.

Da questa analisi si ricava il valore della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, richiesta dalla normativa per la definizione della categoria di sottosuolo.

Nel nostro caso il valore misurato è:

$$V_{s,30} = 345 \text{ m/s}$$

Da cui ricaviamo che la categoria di sottosuolo di fondazione è **C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fine mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Riguardo le condizioni topografiche, trattandosi nel nostro caso area sub pianeggiante, ubicata sulla sommità di pendio con altezza maggiore di 30 m e pendenza media maggiore di  $15^\circ$  la categoria topografica è la T2 pertanto  $S_T = 1.2$

### **Conclusioni sulla compatibilità dell'intervento con le disposizioni del vigente PSAI in riferimento agli aspetti geologici di competenza**

Nel presente studio si è relazionato in merito alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche di un'area del territorio comunale di Serrara Fontana dove la società committente realizzerà le opere in progetto, in particolare la postazione di perforazione dei pozzi geotermici e l'area degli impianti di generazione termoelettrica.

L'obiettivo della perforazione esplorativa profonda, è l'individuazione di risorse geotermiche di media- alta entalpia, in un intervallo di temperatura oscillante fra i  $150^\circ\text{C}$  e i  $200^\circ\text{C}$  con portate variabili di acqua e/o vapore, a profondità verticali di circa 1300 m.

Modelli genetici, basati sulle caratteristiche chimico-fisiche ed isotopiche delle acque sotterranee (de Gennaro et al., 1984; Panichi et al., 1992), indicano infatti la presenza di uno o più serbatoi geotermici profondi, con temperature comprese tra i  $160^\circ\text{C}$  e i  $350^\circ\text{C}$ , quale causa della risalita di fluidi caldi e mineralizzati (gas e vapore), di origine magmatica, lungo le zone di maggiore fratturazione dell'isola e del generale riscaldamento delle acque di falda.

Per esigenze logistico - operative, la scelta dell'area di ubicazione della postazione di perforazione, nonché delle torri di raffreddamento del fluido di lavoro, è ricaduta su una porzione del territorio comunale di Serrara Fontana, individuata nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) dell'Autorità di Bacino della Campania Centrale, adottato con delibera del Comitato Istituzionale n. 1 del 23/02/2015, e pubblicato sul BURC n.20 del 23/03/2015, come area a rischio moderato da frana **R1**, con grado di pericolosità relativa (susceptibilità) da frana basso **P1**.

Nelle norme di attuazione del vigente PSAI (Titolo III, Capo IV, art.24, comma 2) *Nelle aree a rischio da frana medio e moderato sono, inoltre, consentiti tutti gli interventi e le attività a condizione che siano rispettati i contenuti delle presenti norme e sempre che i costi relativi alla condizione di rischio determinata siano minori dei benefici socio economici conseguiti.*

Pertanto, nel presente studio, si è relazionato in merito alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area che, abbinate ad indagini in sito specifiche, hanno portato alla definizione del modello geologico e alla individuazione delle criticità presenti nell'ambito morfologico significativo dell'area di intervento, in grado di fornire gli elementi necessari ai tecnici progettisti per effettuare le scelte e gli approfondimenti ritenuti più opportuni.

In sintesi sono stati determinati elementi di criticità sui versanti che sottendono le aree di ubicazione dell'impianto riconducibili a fenomeni di crollo s.l. e/o scorrimenti traslativi (debris slide), innescati per lo più da eventi sismici o aumenti di pressioni interstiziali; sarà quindi necessario prevedere interventi di protezione mirati alla salvaguardia delle infrastrutture e delle aree accessibili all'uomo, come varie volte indicato nel presente studio.

In questa fase è possibile dare alcune indicazioni di massima degli interventi da prevedere.

In linea generale si consigliano interventi di protezione passiva con bassi impatti ambientali, quali possono essere muretti di terrazzamento realizzati lungo le curve di

livello con l'utilizzo di pietrame a secco, in grado di proteggere dall'erosione le superfici di taglio del versante e sostenere e drenare i terreni posti a monte.

Laddove sia impossibile il rimodellamento del versante, come la parete subverticale che delimita l'area 2, sulla cui sommità è ubicata la stradina che conduce a Pietra dell'Acqua, si consiglia, in considerazione degli sbancamenti prevedibili per la peneplanazione dell'area 2 e ai fini del riutilizzo del terreno scavato, la realizzazione di muri in terre armate.

Questo intervento, indicato con il codice I.N.3.3.1, nell'allegato tecnico del Regolamento per l'Attuazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica della Regione Campania e al quale si rimanda per ulteriori dettagli costruttivi, dovrà prevedere sul paramento esterno rivestimenti con vegetazione o inerbimenti artificiali mediante geostuoie ed idrosemina, che assicureranno la protezione della scarpata dall'erosione delle acque meteoriche e rappresenteranno la condizione indispensabile per dare autonomia naturalistica a tale tipo di intervento.

Fatte salve tali indicazioni, per quanto di competenza, **l'intervento in progetto risulta compatibile con le norme di attuazione del vigente P.A.I.** in quanto non compromette la stabilità dei versanti e migliora le condizioni di sicurezza del territorio adottando interventi volti all'attenuazione o all'eliminazione definitiva delle specifiche cause di rischio esistenti rispondendo a criteri di basso impatto ambientale. La sottoscritta, ai sensi della normativa vigente che regola l'attività professionale del Geologo, rimane a disposizione della committenza per eventuali chiarimenti e/o approfondimenti tecnici per quanto di competenza.

Serrara Fontana 20/04/2015

Il Geologo

Dott.ssa Filomena Miragliuolo



The image shows a handwritten signature in blue ink that reads "Filomena Miragliuolo". To the right of the signature is a circular blue stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GELOGI DELLA REGIONE CAMPANIA" around the perimeter, "MIRAGLIUOLO" in the center, and "Albo n. 1400" below the name.

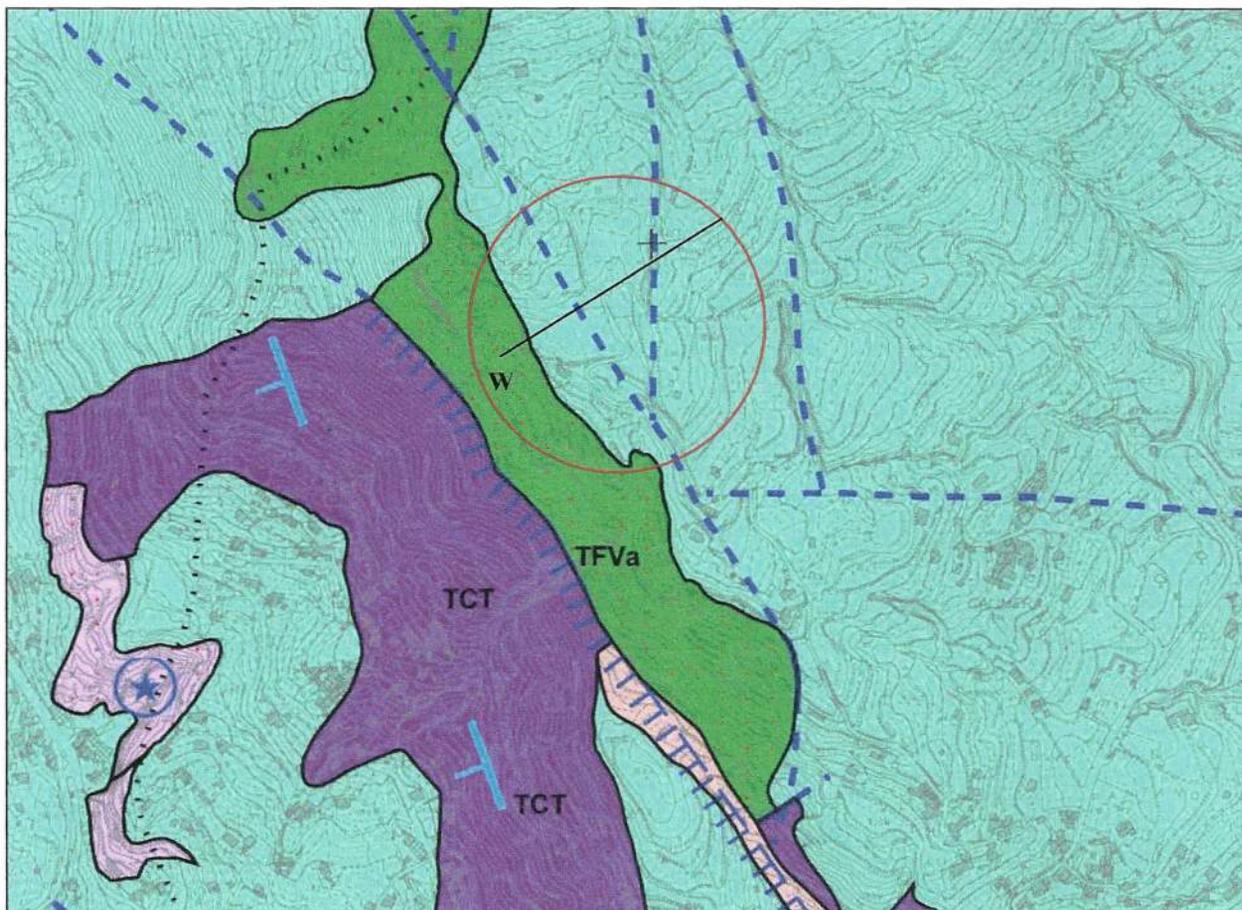
## Bibliografia consultata

- Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania - AA.VV. (2002) - *Piano per l'assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania*. TPS srl Napoli - SELCA srl Firenze, 4 vol.
- Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania - AA.VV. (2010) - *Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania* - Aggiornamento anno 2010.
- Autorità di Bacino della Campania Centrale - AA.VV. (2015) - *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) AdB Campania Centrale* - Delibera di C.I. n. 1 del 23/02/15.
- ACOCELLA V. & FUNICIELLO R. (1999). *The interaction between regional and local tectonics during resurgent doming, the case of the Island of Ischia, Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 88, 109 - 123.
- BERRINO G., CORRADO G. & RICCARDI U. (2008). *Sea gravity data in the Gulf of Naples. A contribution to delineating the structural pattern of the Phlegraean Volcanic District*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 175, 241-252.
- CELICO P., STANZIONE D., ESPOSITO L., FORMICA F., PISCOPO V., DE ROSA B.M. (1999) - *La complessità idrogeologica di un 'area vulcanica attiva: l'isola d'Ischia (Napoli - Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 118, pp. 485 -504.
- DEL PRETE S. & MELE R. (1999) - *L'Influenza dei fenomeni di instabilità di versante nel quadro morfoevolutivo della costa dell'isola d'Ischia*. Boll. Soc. Geol. It., 118 (2), 339-360.
- DEL PRETE S., MELE R. (2006) - *Il contributo delle informazioni storiche per la valutazione della propensione al dissesto nell'isola d'Ischia (Campania)*. Rend. Soc. Geol. It., n. sr., 2 pp. 29-47.
- de VITA S., SANSIVERO F., ORSI G. & MAROTTA E. (2006) - *Ciclycal slope instability and volcanism related to volcano-tectonism in resurgent calderas: the Ischia island (Italy) case study*. Engineering Geology, v 86, pp. 148 - 165.
- GUADAGNO F.M., MELE R. (1995) - *La fragile Isola d'Ischia*. Vol. Speciale di Geologia Applicata ed Idrogeologia, vol. XXX- parte I, pp. 177-187.
- IPPOLITO F., ORTOLANI F. & RUSSO M. (1973). *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino Campano, reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Mem. Soc. Geol. It., 12, 227 - 250.
- MELE R. & DEL PRETE S. (1998) - *Fenomeni di instabilità dei versanti in Tufo Verde di Monte Epomeo (isola d'Ischia - Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 117 (1), 93 - 112.
- Note Illustrative Carta Geologica della Regione Campania "Foglio 464 Isola di Ischia". - AA.VV. (2011)
- ORSI G., GALLO G. & CIVETTA L. (1990) - *Evoluzione geologica e magmatologica dell'isola d'Ischia*. Soc. It. Mineral. Petrol. - Conv. Autunnale " Genesi e differenziazione del magmatismo potassico del bordo tirrenico".
- ORTOLANI et. Al. (1986) - *Relazione "Indagine geologico - tecnica e geognostica relativa al Piano Regolatore Generale del territorio comunale di Serrara Fontana"*.
- PAOLETTI V., DI MAIO R., CELLA F. FLORIO G., MOTSCHKA K., ROBERTI N., SECOMANDI M., SUPPER R., FEDI M. & RAPOLLA A. (2009). *The Ischia volcanic*

*island (Southern Italy), Inferences from potential field.* J. Volcanol. Geotherm. Res., 179, 69-86.

- RITTMANN A. & GOTTINI V. (1980) - *L'isola d'Ischia.* Geologia. Boll. Servizio Geologico It., 101, 131-274.
- SBRANA A., FULIGNATI P., MARIANELLI P., BOYCE A.J. & CECCHETTI A. (2009) - *Exhumation o fan active magmatic-hydrothermal system in a resurgent caldera environment. The example of Ischia Island (Italy).* J. Geol. Soc. London., 166, 1061-1073.
- VEZZOLI V. (1988) - *Island of Ischia.* C.N.R., Quaderni de "La Ricerca Scientifica".
- ZUPPETTA A., SAVA A. & ZUPPETTA C. (1993) - *Evoluzione tettonica dell'isola d'Ischia: un modello per gli ultimi 35 ka di attività.* Boll. Soc. Geol. It., 112, 353-369.

**Stralcio di carta geolitologica (Scala 1:10.000), tratta dal PAI dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Regione Campania**



**Legenda**



**Dfr**

Accumuli detritici da debris flow: depositi di accumulo di fenomeni franosi affioranti in gran parte dell'isola d'Ischia e legati a meccanismi deposizionali del tipo debris-flow connessi all'attività vulcano-tettonica associata alle fasi di surrezione del Monte Epomeo. Si tratta di depositi detritici, di colore variabile dal beige al marrone al verdastro, costituiti da inclusi eterometrici (da millimetrici a metrici) ed eterogenei (tufi, lave, pomici, scorie, marne) immersi in una matrice da sabbiosa a limoso argillosa. Tessitualmente si presentano sia granulo sostenuti che matrice sostenuti e, generalmente, risultano ben cementati ed addensati. In prevalenza derivano dal rimaneggiamento dei depositi associati alla formazione del Tufo Verde, alla formazione di Citara, alla formazione delle Tufiti del Monte Epomeo ed alla Formazione di Colle Jetto; subordinatamente dal rimaneggiamento di prodotti lavici, scoriacei, pomicei e tufacei di formazioni con minor



deposizione areale. Tali depositi, in talune aree, hanno spessori in affioramento superiori ai 100 metri.



**TCT**

Tufi di Citara: depositi piroclastici costituiti da alternanze di depositi tufacei a tessitura caotica, con tufi a lapilli pomicei sottilmente stratificati, da flusso e surge piroclastico. Il deposito affiora a Monte Vico, tra Punta Imperatore e la spiaggia di Citara, a Capo Negro e nel settore sudoccidentale del Monte Epomeo e si presenta ben cementato, ma molto fratturato in particolare nelle aree prossimali a faglie e/o fratture



**TFV**

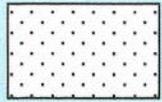
Tufo Verde: deposito ignimbrico di natura alcalitrichitica con colorazione variabile dal verde smeraldo al verde grigiastro. La facies saldata (TVF<sub>a</sub>), di colore verde presenta abbondanti pomice porfiriche ed inclusi di rocce ignee e cristalli, principalmente di biotite e alcalifeldspati immersi in una matrice scarsamente vetrosa. Tale deposito costituisce l'ossatura del Monte Epomeo ed è interessato da una più o meno intensa fratturazione ed a luoghi da una forte alterazione superficiale connessa a processi di esfoliazione, case-hardening, erosione eolica ed alterazione chimica da attività fumarolica.



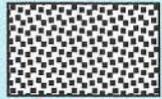
Faglie dirette; i trattini indicano la parte ribassata

W ——— E Traccia di sezione

Sezione Geologica Schematica W - E che illustra i rapporti tra le formazioni (non in scala)



Unità 1: Terreni di copertura: coltre eluvio colluviale, riporti antropici e terreno vegetale



Unità 2: Depositi detritici da Debris Avalanche

+ 535 m s.l.m.



Unità 3: Tufo Verde del Monte Epomeo

+ 511 m s.l.m.

+ 500 m s.l.m.



Faglia presunta

W

E

Area 1

Area 2

1

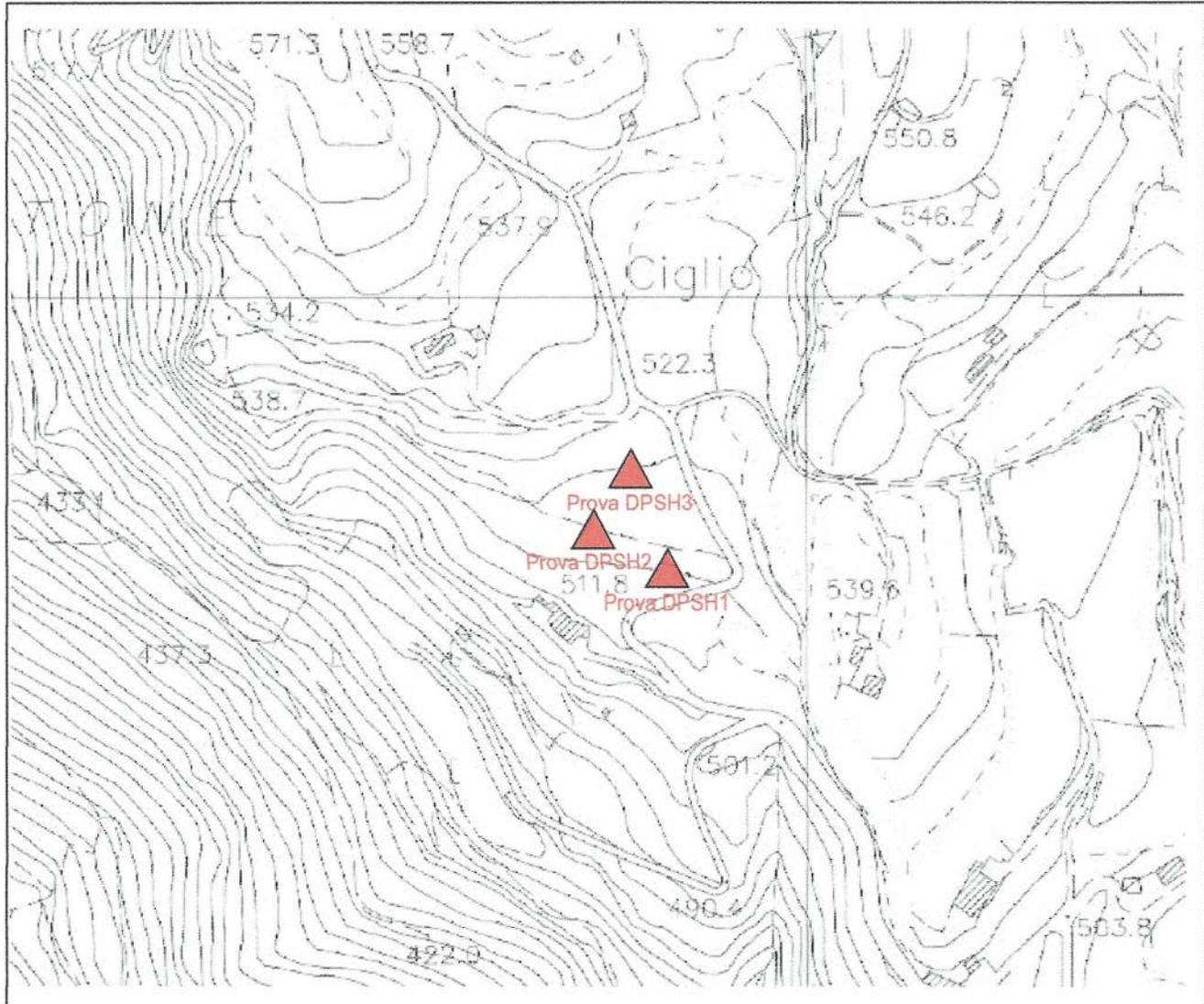
2

3



**Aut. Min. N°154 del 19/04/2011** esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR, perforazioni inclinate e orizzontali, monitoraggio e controlli.

## Planimetria Ubicazione Indagini



- ▲ Prova penetrometrica dinamica DPSH
- Sondaggio Geognostico
- Prova penetrometrica statica CPT
- ▲ Prova penetrometrica DPSH con prel. campione
- Prova penetrometrica CPT con prel. campione

### Dati e legenda

**Accettazione:** PS/A 003/15 del 05/01/15

**Committente:** Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

**Proprietà:**

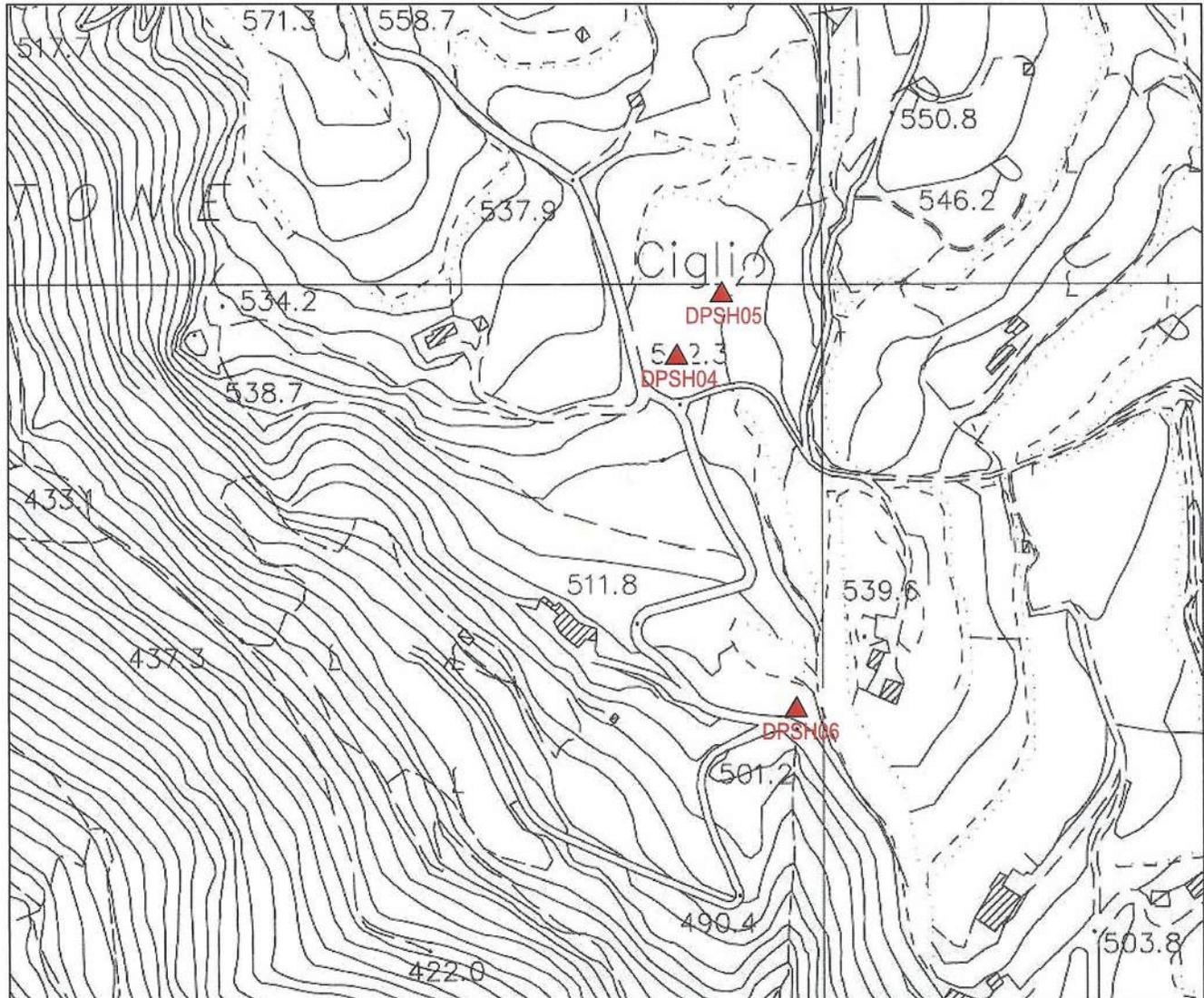
**Cantiere:** Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

**Aut. Min. N°154 del 19/04/2011** esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR, perforazioni inclinate e orizzontali, monitoraggio e controlli.

## Planimetria Ubicazione Indagini



- ▲ Prova penetrometrica dinamica DPSH
- Sondaggio Geognostico
- Prova penetrometrica statica CPT
- ▲ Sondaggio Geognostico con prel. campione
- Prova penetrometrica CPT con prel. campione

### Dati e legenda

Accettazione: PS/A043/15 del 24/03/15

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Proprietà:

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTe, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Id Int. 003 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71647 / E13.88635 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 01

Certificato n° 0011/15

del 08/01/2015 Accett. n.: PSA003 / 15

### VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	4								
0.60	3								
0.90	4								
1.20	10								
1.50	12								
1.80	10								
2.10	6								
2.40	5								
2.70	2								
3.00	3								
3.30	3								
3.60	2								
3.90	3								
4.20	4								
4.50	2								
4.80	32								
5.10	42								
5.40	47								
5.70	51								
6.00	60								

IL RESPONSABILE DI SITO



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19  
81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961



Attestazione n. 3849/23/00 del 04/12/07  
Categor. Os31 Classifica II

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

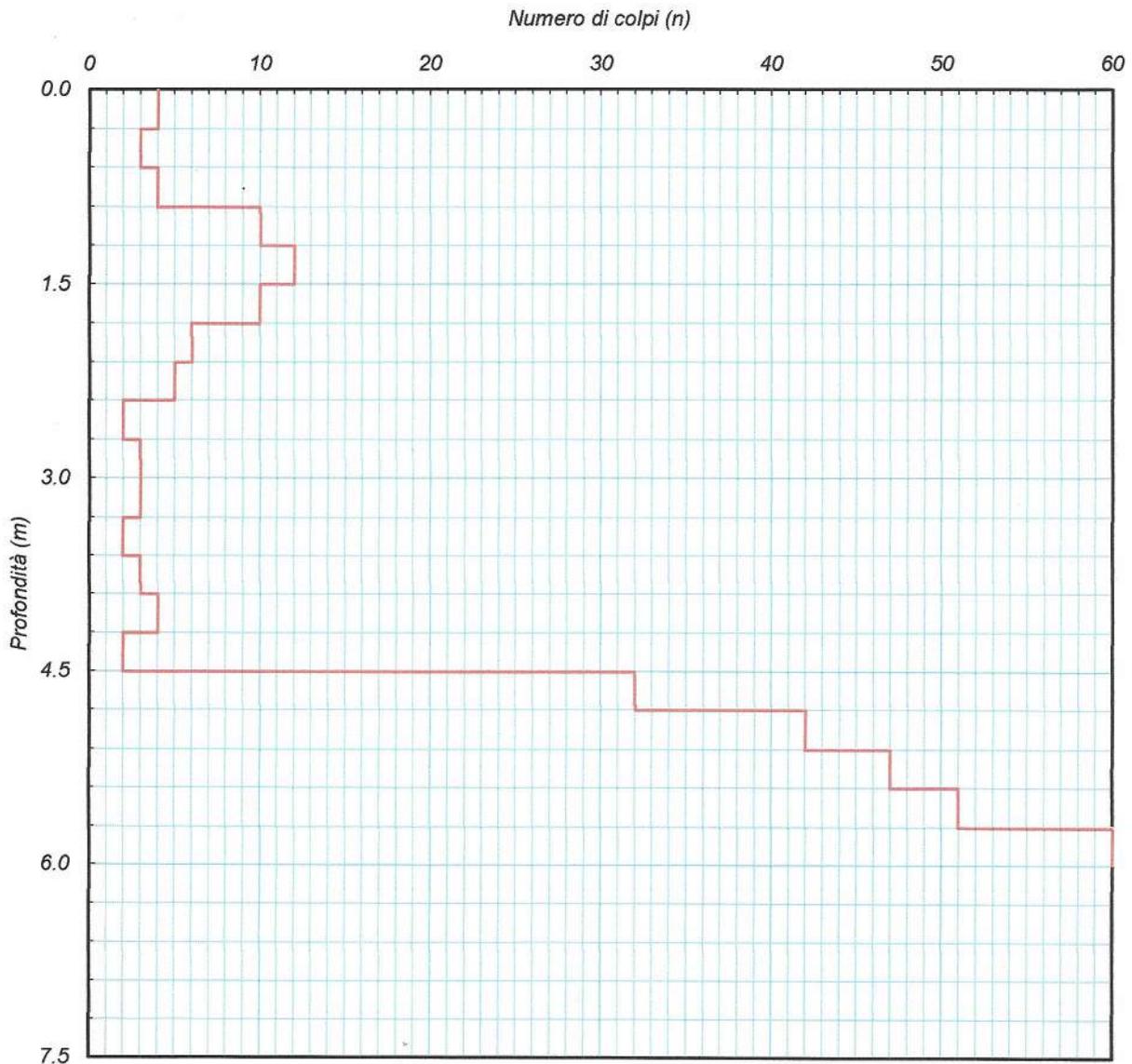
Id Int. 003 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71647 / E13.88635 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 01 Certificato n° 0011/15 del 08/01/2015 Accett. n.: PSA003 / 15

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71647 / E13.88635 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 01

## STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

### DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	0.90	1.80	4.50
Profondità finale (m)	0.90	1.80	4.50	6.00
Potenza dello strato (m)	0.90	0.90	2.70	1.50
Peso di volume attribuito (g/cm <sup>3</sup> )	1.30	1.40	1.30	1.50
Pressione vert efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.12	0.25	0.59	0.90
Media numero colpi (N)	4	11	3	46
Media resist. alla Punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	11.00	36.00	15.00	129.00

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	29	33	29	>38
Densità relativa (%)	35	59	31	100
Mod. di deformazione (Kg/cm <sup>2</sup> )	33	108	45	387
Mod. taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	27	65	133	268
Stato di addensamento	S	M	M S	D

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.54	1.79	0.72	6.41
Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	24.00	79.00	33.00	283.00
Grado di sovracons. OCR (-)	7.75	4.43	23.59	10.22
Mod. di taglio dinam. (t/m <sup>2</sup> )	4'128	9'087	3'298	27'738
Stato di consistenza	Med	C	T	D

## LEGENDA

### Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

### Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Id Int. 003 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71655 / E13.88591 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 02

Certificato n° 0012/15

del 08/01/2015 Accett. n.: PSA003 / 15

### VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	9	9.30	13						
0.60	18	9.60	14						
0.90	12	9.90	13						
1.20	7	10.20	18						
1.50	10	10.50	17						
1.80	2	10.80	25						
2.10	2	11.10	20						
2.40	5	11.40	27						
2.70	5	11.70	17						
3.00	7	12.00	20						
3.30	8	12.30	20						
3.60	6	12.60	23						
3.90	8	12.90	18						
4.20	9	13.20	17						
4.50	8	13.50	16						
4.80	5	13.80	12						
5.10	8	14.10	14						
5.40	9								
5.70	10								
6.00	15								
6.30	9								
6.60	18								
6.90	17								
7.20	15								
7.50	13								
7.80	11								
8.10	8								
8.40	17								
8.70	13								
9.00	19								

IL RESPONSABILE DI SITO



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19  
81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geonostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTe, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

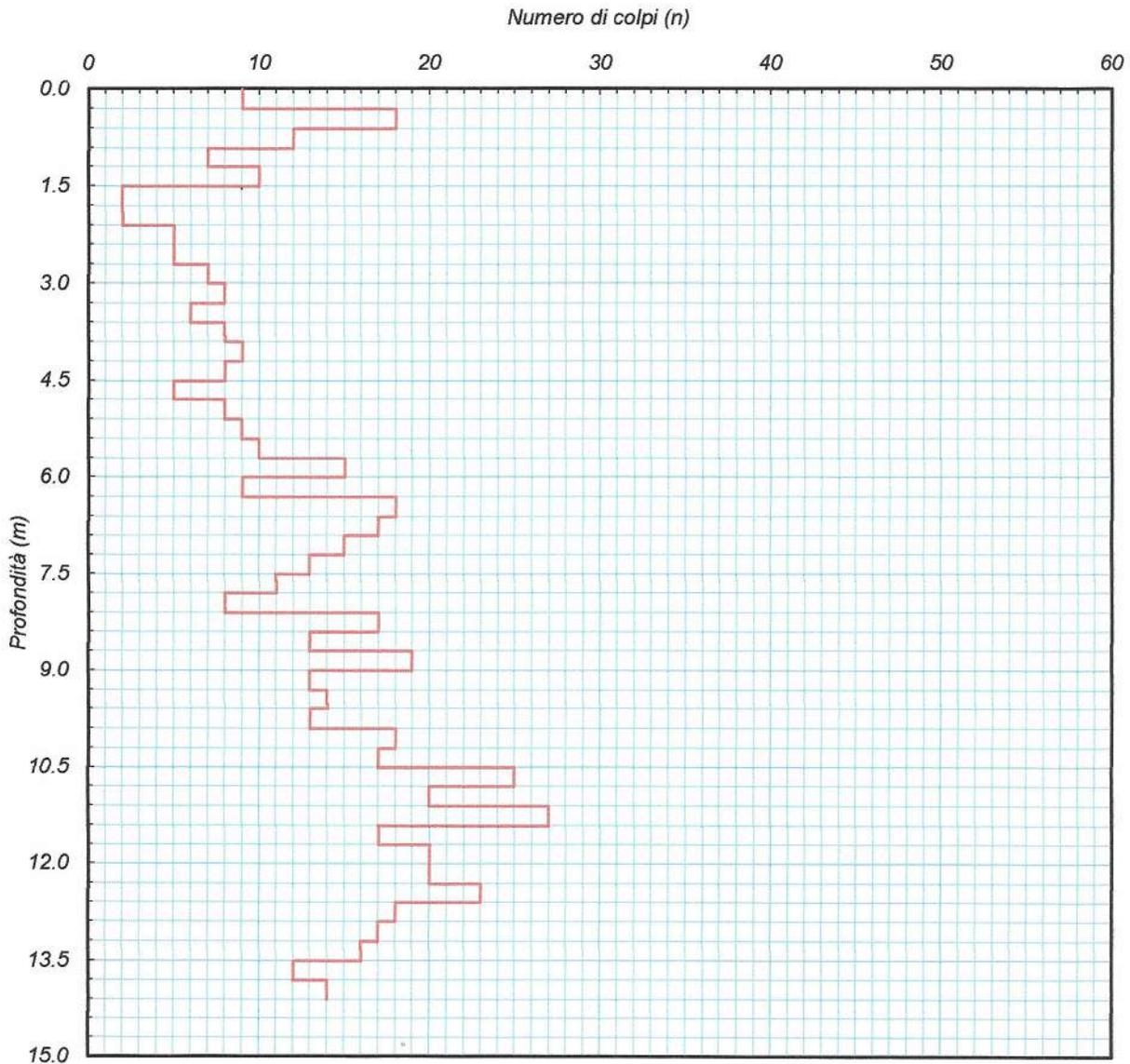
Id Int. 003 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71655 / E13.88591 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 02 Certificato n° 0012/15 del 08/01/2015 Accett. n.: PSA003 / 15

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19  
81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961



Attestazione n. 3849/23/00 del 04/12/07  
Categoria Os21 Classifica II

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71655 / E13.88591 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 02

## STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

### DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	1.50	5.70	10.50
Profondità finale (m)	1.50	5.70	10.50	14.10
Potenza dello strato (m)	1.50	4.20	4.80	3.60
Peso di volume attribuito (g/cm <sup>3</sup> )	1.40	1.35	1.40	1.45
Pressione vert efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.21	0.77	1.47	2.04
Media numero colpi (N)	11	7	14	19
Media resist. alla Punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	38.00	24.00	42.00	48.00

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	33	31	34	35
Densità relativa (%)	59	47	66	76
Mod. di deformazione (Kg/cm <sup>2</sup> )	114	72	126	144
Mod. taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	54	187	392	561
Stato di addensamento	M	S	M	M

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.89	1.16	2.03	2.30
Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	83.00	52.00	92.00	105.00
Grado di sovracons. OCR (-)	7.20	12.81	3.13	1.61
Mod. di taglio dinam. (t/m <sup>2</sup> )	9'087	6'387	10'968	13'917
Stato di consistenza	C	Med	C	M C

## LEGENDA

### Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

### Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTe, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Id Int. 003 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71677 / E13.88609 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 03

Certificato n°

del 08/01/2015 Accett. n.: PSA003 / 15

### VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	10	9.30	24						
0.60	12	9.60	26						
0.90	10	9.90	44						
1.20	12	10.20	60						
1.50	13								
1.80	12								
2.10	9								
2.40	13								
2.70	8								
3.00	14								
3.30	13								
3.60	12								
3.90	14								
4.20	12								
4.50	13								
4.80	17								
5.10	18								
5.40	25								
5.70	37								
6.00	44								
6.30	33								
6.60	9								
6.90	4								
7.20	4								
7.50	12								
7.80	16								
8.10	6								
8.40	8								
8.70	13								
9.00	17								

IL RESPONSABILE DI SITO

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello



**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19  
81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

**ATTICO SOA**

Attestazione n. 3849/23/00 del 04/12/07  
Categoria Os21 Classifica II

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTC, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

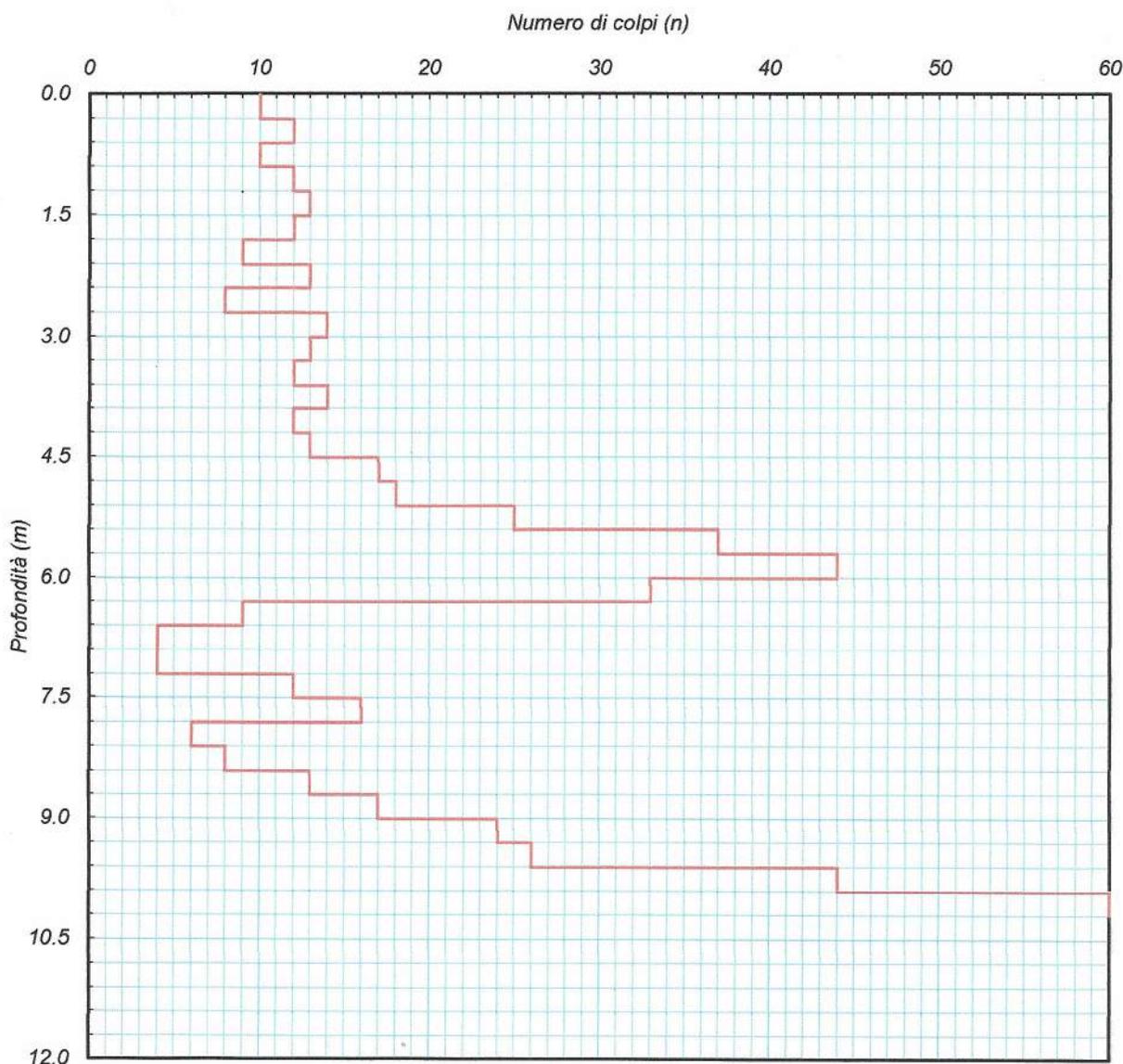
Id Int. 003 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71677 / E13.88609 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 03 Certificato n° del 08/01/2015 Accett. n.: PSA003 / 15

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

**ATTICO SOA**

Attestazione n. 3849/23/09 del 04/12/07  
Categoria 0421 Classifica II

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71677 / E13.88609 Data esecuz. prova: 05/01/2015

Prova (n): DPSH 03

## STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

### DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4	5
Profondità iniziale (m)	0.00	4.50	6.60	7.20	9.60
Profondità finale (m)	4.50	6.60	7.20	9.60	10.20
Potenza dello strato (m)	4.50	2.10	0.60	2.40	0.60
Peso di volume attribuito (g/cm <sup>3</sup> )	1.35	1.40	1.30	1.40	1.50
Pressione vert efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.61	0.92	0.94	1.34	1.53
Media numero colpi (N)	12	26	6	15	52
Media resist. alla Punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	42.00	80.00	17.00	40.00	119.00

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	33	37	31	34	>38
Densità relativa (%)	61	90	43	68	100
Mod. di deformazione (Kg/cm <sup>2</sup> )	126	240	51	120	357
Mod. taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	157	268	227	358	456
Stato di addensamento	M	M	S	M	MD

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.07	3.95	0.80	1.93	5.87
Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	92.00	176.00	37.00	88.00	261.00
Grado di sovracons. OCR (-)	22.72	8.79	7.76	3.80	3.11
Mod. di taglio dinam. (t/m <sup>2</sup> )	9'725	17'775	5'664	11'574	30'522
Stato di consistenza	C	MC	Med	MC	D

## LEGENDA

### Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, MD=Molto Denso

### Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, MC=Molto Compatto, D=Duro



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Id Int. 057 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71731 / E13.88627 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 04 Certificato n° 0151/15 del 25/03/2015 Accett. n.: PSA043 / 15

### VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	3	9.30	10						
0.60	5	9.60	9						
0.90	3	9.90	10						
1.20	8	10.20	9						
1.50	10								
1.80	4								
2.10	9								
2.40	4								
2.70	6								
3.00	10								
3.30	26								
3.60	15								
3.90	10								
4.20	16								
4.50	16								
4.80	34								
5.10	20								
5.40	19								
5.70	10								
6.00	10								
6.30	15								
6.60	12								
6.90	13								
7.20	14								
7.50	17								
7.80	9								
8.10	10								
8.40	19								
8.70	14								
9.00	12								

IL RESPONSABILE DI SITO

IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Carmelina Ventrone

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Riello



**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTe, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

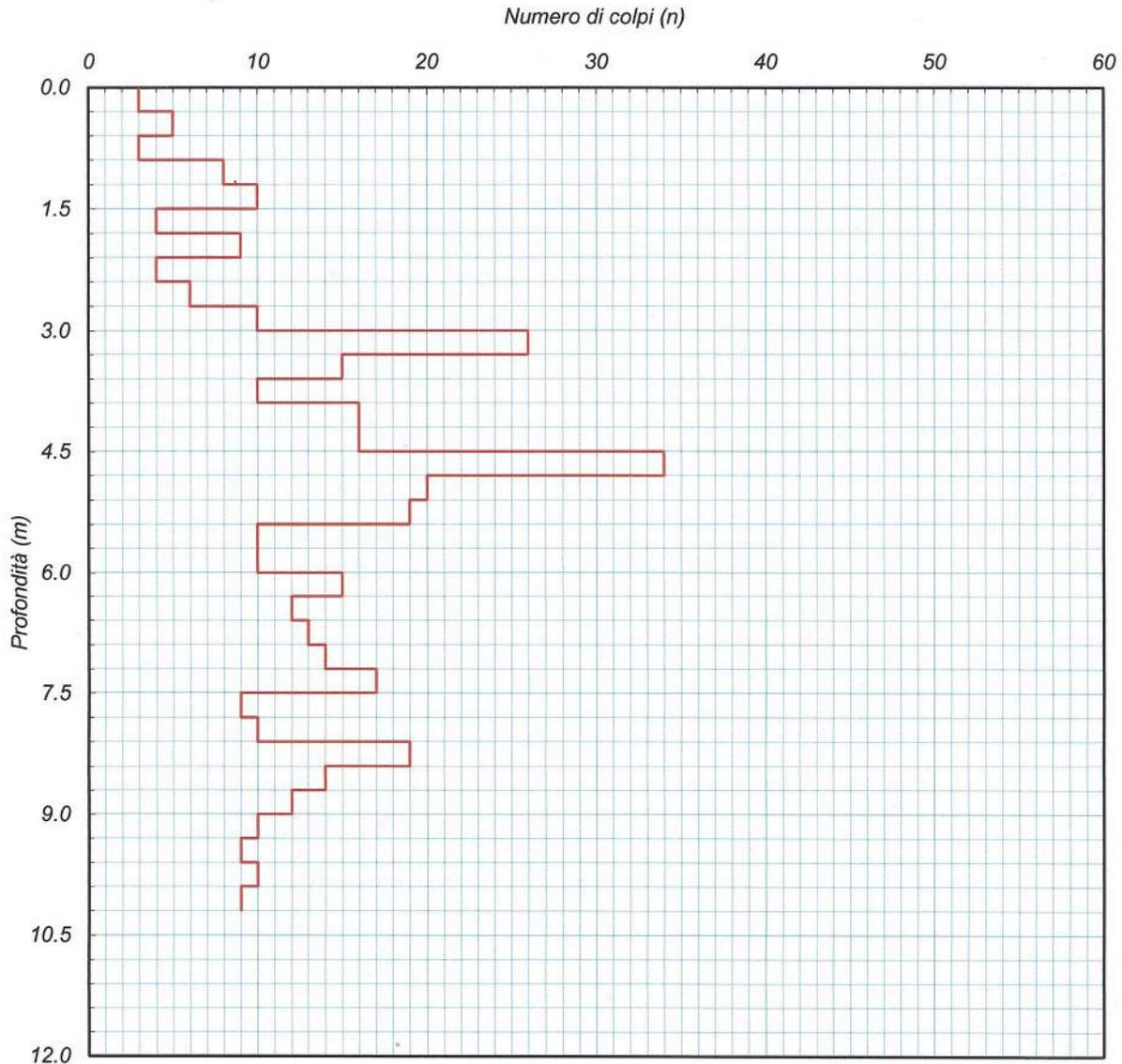
Id Int. 057 / 15

Cantiere: Ischiageoterma Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71731 / E13.88627 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 04 Certificato n° 0151/15 del 25/03/2015 Accett. n.: PSA043 / 15

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO  
IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Carmelinda Ventrone

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello

**INGE s.r.l.**  
Via Taverna Vecchia, 19  
81020 Castel Morrone (CE)  
Tel e fax 0823-399115-399961

**ATTICO SOA**  
Attestazione n. 3849/23/00 del 04/12/07  
Categoria Os21 Classifica II



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71731 / E13.88627 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 04

## STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

### DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4	5	6	7	8
Profondità iniziale (m)	0.00	0.90	2.70	4.50	5.40	6.00	7.50	8.10
Profondità finale (m)	0.90	2.70	4.50	5.40	6.00	7.50	8.10	10.20
Potenza dello strato (m)	0.90	1.80	1.80	0.90	0.60	1.50	0.60	2.10
Peso di volume attribuito (g/cm <sup>3</sup> )	1.30	1.35	1.40	1.45	1.40	1.45	1.40	1.45
Pressione vert efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.12	0.36	0.63	0.78	0.84	1.09	1.13	1.48
Media numero colpi (N)	4	7	16	24	10	14	10	12
Media resist. alla Punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	11.00	24.00	50.00	75.00	43.00	42.00	36.00	33.00

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	29	31	34	37	32	34	32	33
Densità relativa (%)	35	47	71	86	56	66	56	61
Mod. di deformazione (Kg/cm <sup>2</sup> )	33	72	150	225	129	126	108	99
Mod. taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	27	89	168	227	211	290	284	383
Stato di addensamento	S	S	M	M	M	M	M	M

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.54	1.18	2.47	3.71	2.11	2.05	1.74	1.58
Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	24.00	52.00	110.00	165.00	94.00	92.00	79.00	72.00
Grado di sovracons. OCR (-)	7.75	1.22	0.78	0.73	0.33	0.19	0.14	0.07
Mod. di taglio dinam. (t/m <sup>2</sup> )	4'128	6'387	12'171	16'699	8'436	10'968	8'436	9'725
Stato di consistenza	Med	Med	M C	M C	C	C	C	C

## LEGENDA

### Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

### Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTe, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Id Int. 057 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71753 / E13.88631 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 05 Certificato n° 0152/15 del 25/03/2015 Accett. n.: PSA043 / 15

### VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	2	9.30	10						
0.60	1	9.60	7						
0.90	2	9.90	5						
1.20	3	10.20	7						
1.50	3	10.50	5						
1.80	3	10.80	8						
2.10	2	11.10	12						
2.40	2	11.40	2						
2.70	3	11.70	5						
3.00	5	12.00	14						
3.30	5	12.30	21						
3.60	5	12.60	39						
3.90	4	12.90	49						
4.20	6	13.20	60						
4.50	6								
4.80	10								
5.10	7								
5.40	9								
5.70	10								
6.00	9								
6.30	11								
6.60	8								
6.90	8								
7.20	10								
7.50	9								
7.80	10								
8.10	11								
8.40	13								
8.70	11								
9.00	10								

IL RESPONSABILE DI SITO

IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Carmelita Ventrone

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Riello



**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geostatiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTe, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

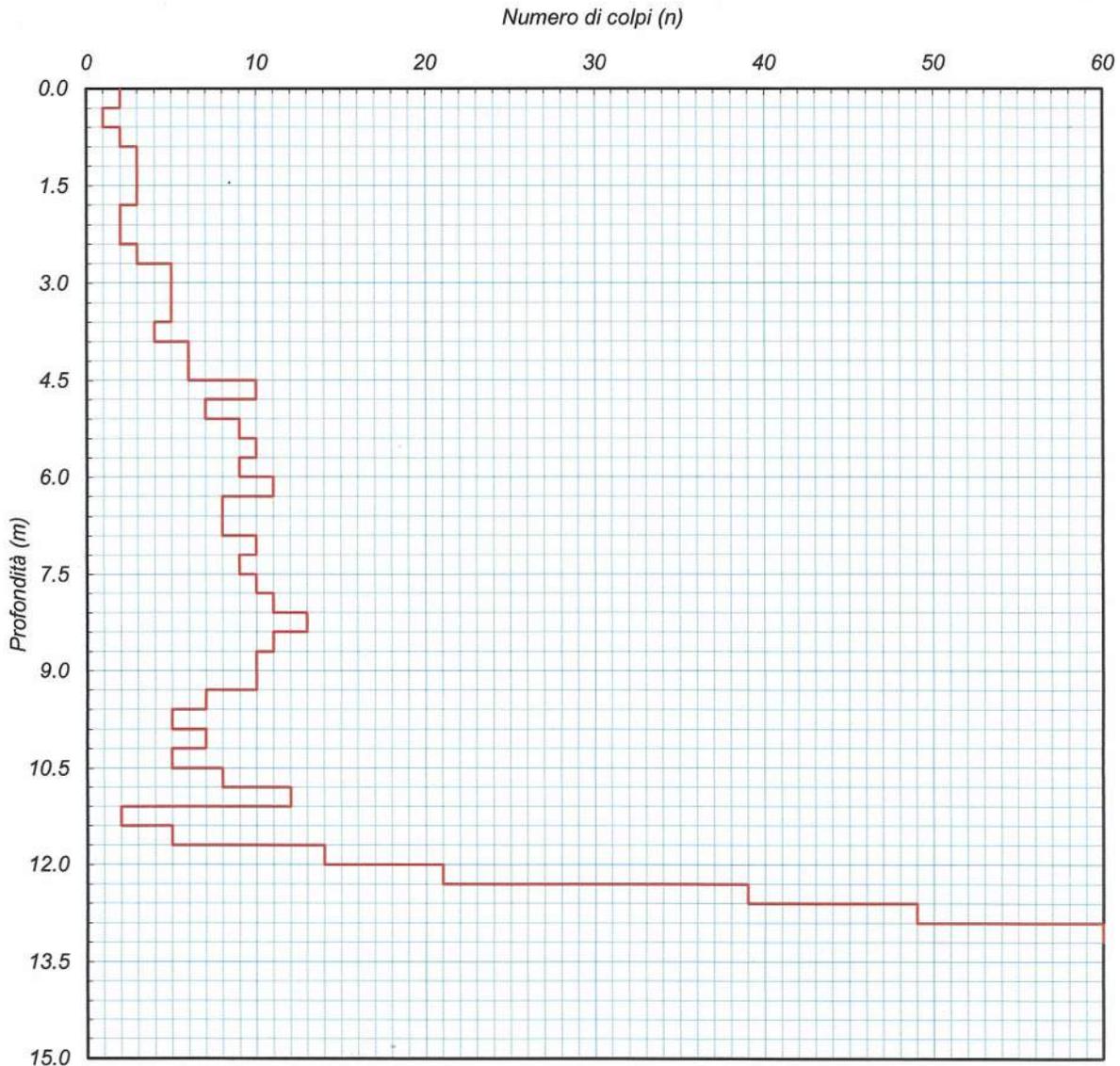
Id Int. 057 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71753 / E13.88631 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 05 Certificato n° 0152/15 del 25/03/2015 Accett. n.: PSA043 / 15

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO

IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Carmelita Ventrone

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Riello

**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71753 / E13.88631 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 05

## STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

### DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4	5	6	7	8
Profondità iniziale (m)	0.00	2.70	4.50	9.30	10.50	11.10	11.70	12.60
Profondità finale (m)	2.70	4.50	9.30	10.50	11.10	11.70	12.60	13.20
Potenza dello strato (m)	2.70	1.80	4.80	1.20	0.60	0.60	0.90	0.60
Peso di volume attribuito (g/cm <sup>3</sup> )	1.30	1.35	1.40	1.35	1.40	1.35	1.45	1.50
Pressione vert efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.35	0.61	1.30	1.42	1.55	1.58	1.83	1.98
Media numero colpi (N)	2	5	10	6	10	4	25	55
Media resist. alla Punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	8.00	17.00	29.00	18.00	22.00	16.00	50.00	123.00

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	28	30	32	31	32	29	37	>38
Densità relativa (%)	25	39	56	43	56	35	88	100
Mod. di deformazione (Kg/cm <sup>2</sup> )	24	51	87	54	66	48	150	369
Mod. taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	77	143	327	345	390	359	530	590
Stato di addensamento	MS	S	M	S	M	S	M	MD

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.38	0.82	1.38	0.83	1.02	0.72	2.41	6.05
Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	17.00	37.00	63.00	39.00	48.00	35.00	110.00	270.00
Grado di sovracons. OCR (-)	0.41	0.27	0.08	0.04	0.04	0.03	0.07	0.16
Mod. di taglio dinam. (t/m <sup>2</sup> )	2'404	4'913	8'436	5'664	8'436	4'128	17'239	31'887
Stato di consistenza	T	Med	C	Med	C	Med	MC	D

## LEGENDA

### Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

### Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Id Int. 057 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71601 / E13.88676 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 06 Certificato n° 0153/15 del 25/03/2015 Accett. n.: PSA043 / 15

### VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	5	9.30	30						
0.60	7	9.60	24						
0.90	10	9.90	25						
1.20	12	10.20	20						
1.50	6								
1.80	3								
2.10	5								
2.40	6								
2.70	9								
3.00	11								
3.30	7								
3.60	11								
3.90	9								
4.20	7								
4.50	2								
4.80	4								
5.10	6								
5.40	5								
5.70	4								
6.00	8								
6.30	20								
6.60	28								
6.90	20								
7.20	14								
7.50	16								
7.80	9								
8.10	11								
8.40	11								
8.70	6								
9.00	24								

IL RESPONSABILE DI SITO

IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Carmelita Ventrone

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Riello



**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTe, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

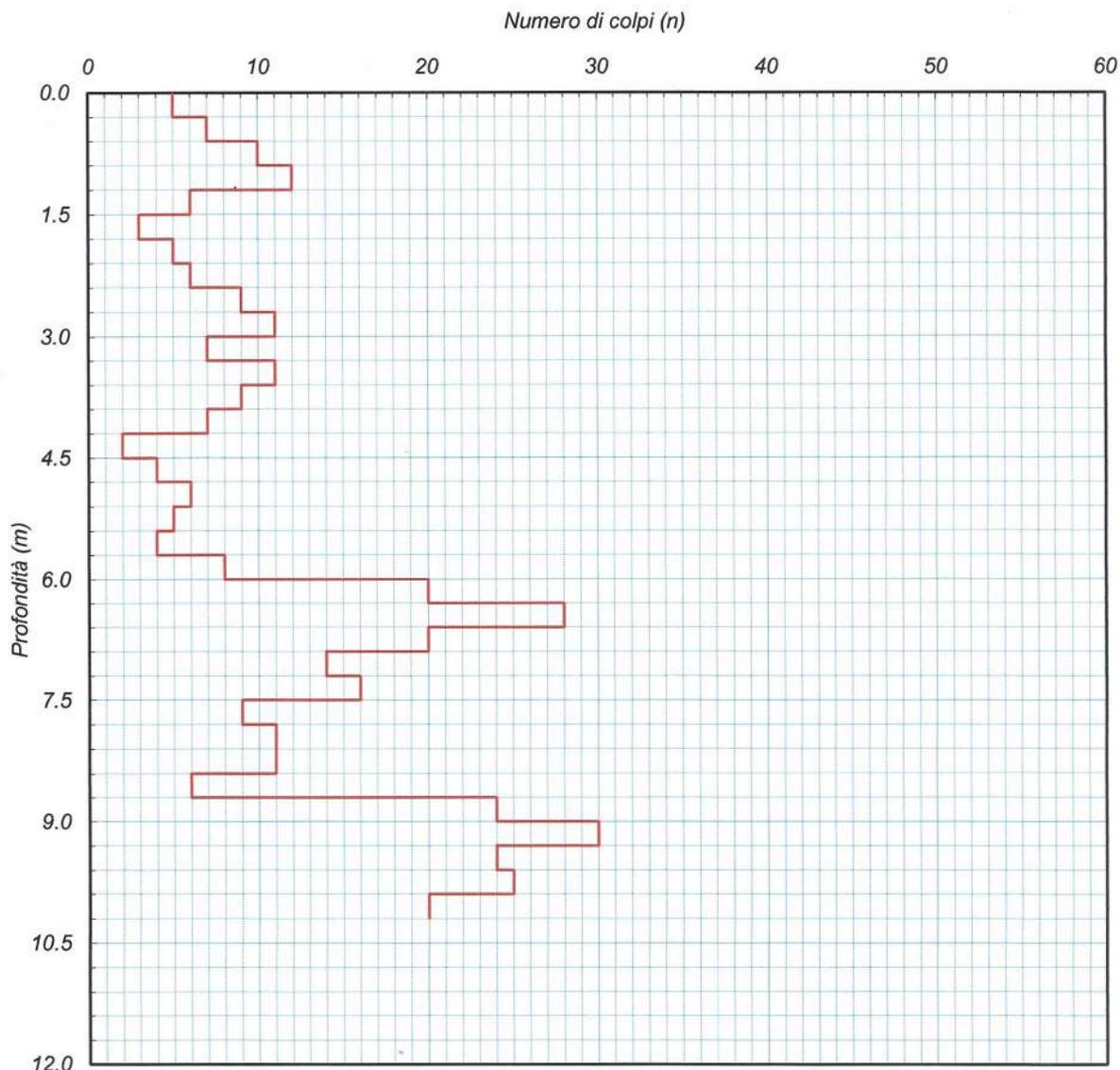
Id Int. 057 / 15

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71601 / E13.88676 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 06 Certificato n° 0153/15 del 25/03/2015 Accett. n.: PSA043 / 15

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO

IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Carmelina Ventrone

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Riello



**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel e fax 0823-399115-399961

**ATTICO SOA**

Attestazione n. 3849/23/00 del 04/12/07  
Categoria Os21 Classifica II

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Dott. Geol. Miragliuolo Filomena

Cantiere: Ischiageotermia Srl Via Falanga - Serrara Fontana (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.71601 / E13.88676 Data esecuz. prova: 24/03/2015

Prova (n): DPSH 06

## STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

### DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4	5	6	7
Profondità iniziale (m)	0.00	1.20	2.40	4.20	6.00	6.90	8.70
Profondità finale (m)	1.20	2.40	4.20	6.00	6.90	8.70	10.20
Potenza dello strato (m)	1.20	1.20	1.80	1.80	0.90	1.80	1.50
Peso di volume attribuito (g/cm <sup>3</sup> )	1.35	1.30	1.35	1.30	1.40	1.35	1.40
Pressione vert efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.16	0.31	0.57	0.78	0.97	1.17	1.43
Media numero colpi (N)	9	5	9	5	23	11	25
Media resist. alla Punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	28.00	25.00	31.00	17.00	60.00	37.00	60.00

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	32	30	32	30	36	33	37
Densità relativa (%)	53	39	53	39	84	58	88
Mod. di deformazione (Kg/cm <sup>2</sup> )	84	75	93	51	180	111	180
Mod. taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	41	73	142	183	273	304	414
Stato di addensamento	S	S	S	S	M	M	M

### PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.39	1.23	1.52	0.81	2.95	1.79	2.93
Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	61.00	55.00	68.00	37.00	132.00	81.00	132.00
Grado di sovracons. OCR (-)	9.55	1.72	0.60	0.14	0.34	0.13	0.14
Mod. di taglio dinam. (t/m <sup>2</sup> )	7'770	4'913	7'770	4'913	16'154	9'087	17'239
Stato di consistenza	C	Med	C	Med	M C	C	M C

## LEGENDA

### Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

### Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro



## PROVA SISMICA Vs30 METODO MASW

Committente: Dott.ssa Geol. Miragliuolo Filomena

Protocollo n.: 003/15

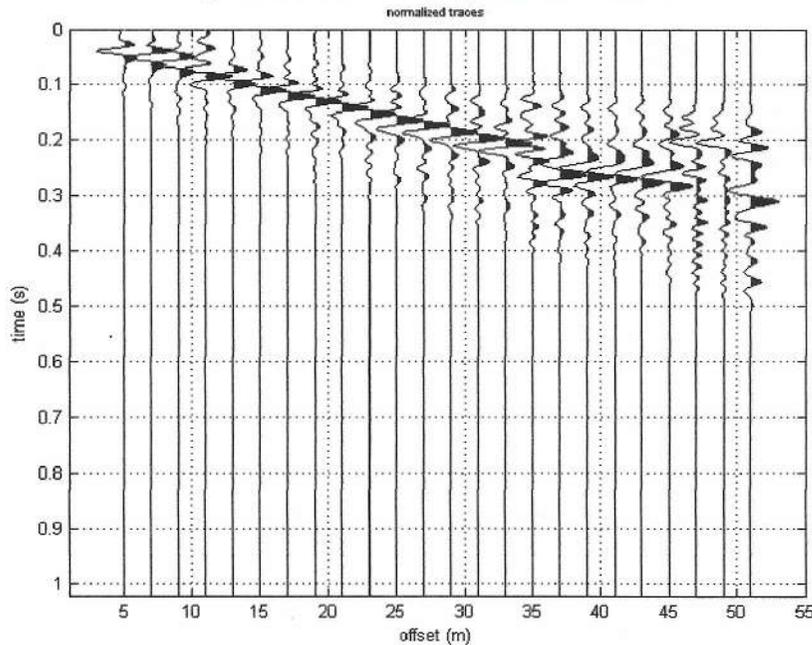
Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Data esecuzione prova: 05/01/2015

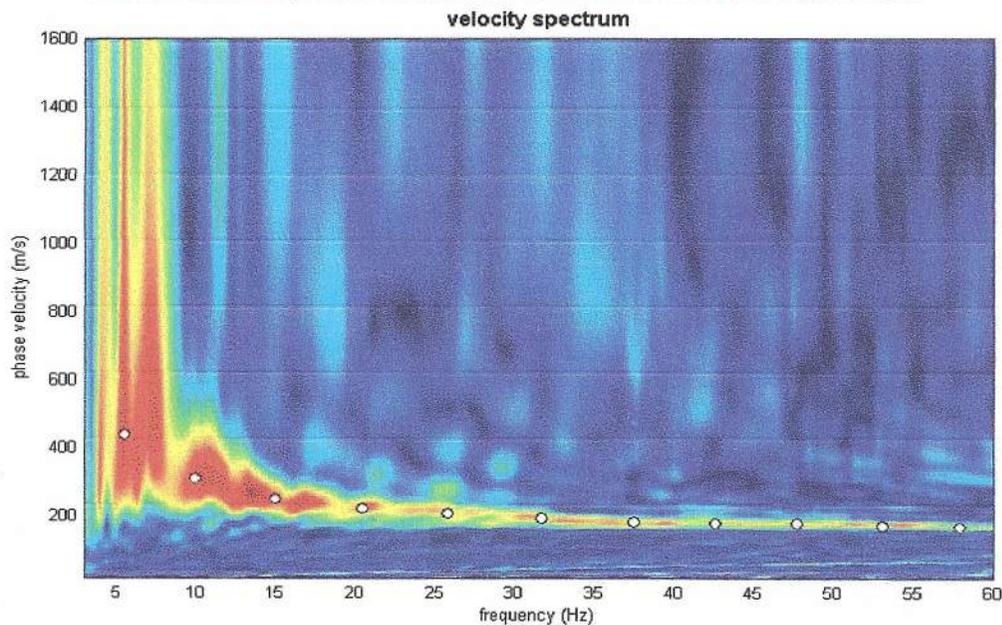
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 09/01/2015

### Registrazione di campagna delle tracce



### Analisi delle frequenze ed individuazione della curva di dispersione



IL RESPONSABILE DEL SETTORE

Dott. Geol. Carmencita Ventrone



**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel/Fax 0823399115 Cell. 3483850177 - 3486033921

## PROVA SISMICA Vs30 METODO MASW

Committente: Dott.ssa Geol. Miragliuolo Filomena

Protocollo n.: 003/15

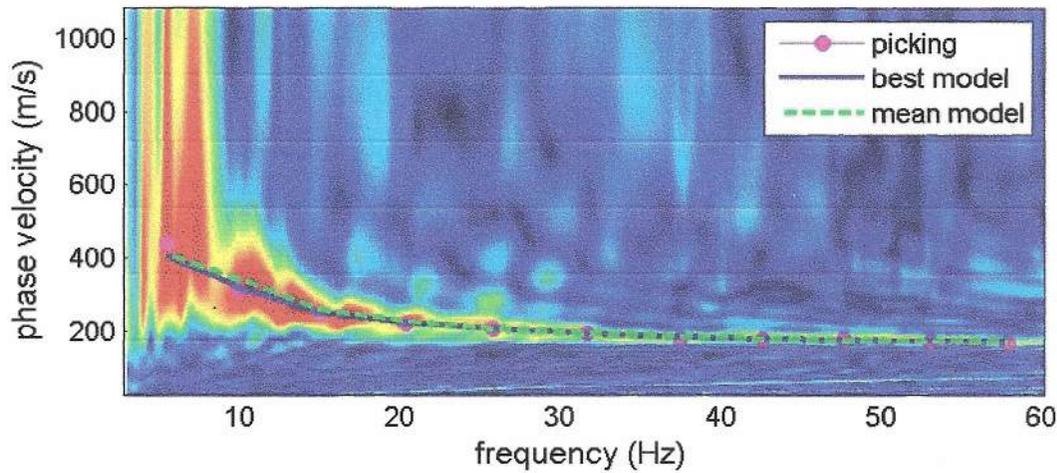
Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Data esecuzione prova: 05/01/2015

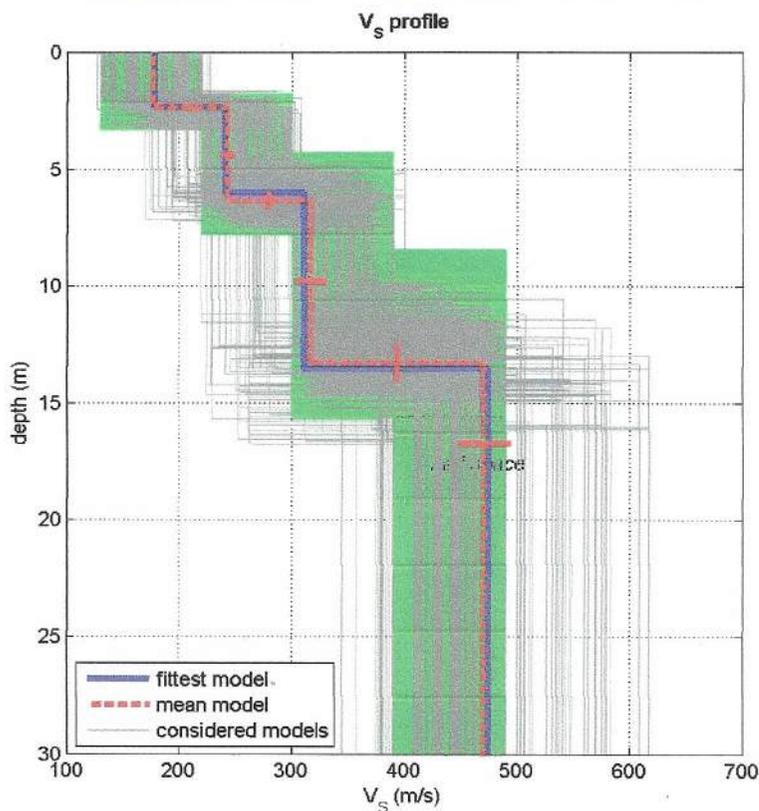
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 09/01/2015

Curva di dispersione misurata - calcolata dal modello del terreno  
velocity spectrum & dispersion curve



Risultati dell'inversione della curva di dispersione



IL RESPONSABILE DEL SETTORE  
Dott. Geol. Carmencita Ventrone



**INGE s.r.l.**

Via Taverna Vecchia, 19

81020 Castel Morrone (CE)

Tel/Fax 0823399115 Cell. 3483850177 - 3486033921



**PROVA SISMICA Vs30 METODO MASW**

Committente: Dott.ssa Geol. Miragliuolo Filomena

Protocollo n.: 003/15

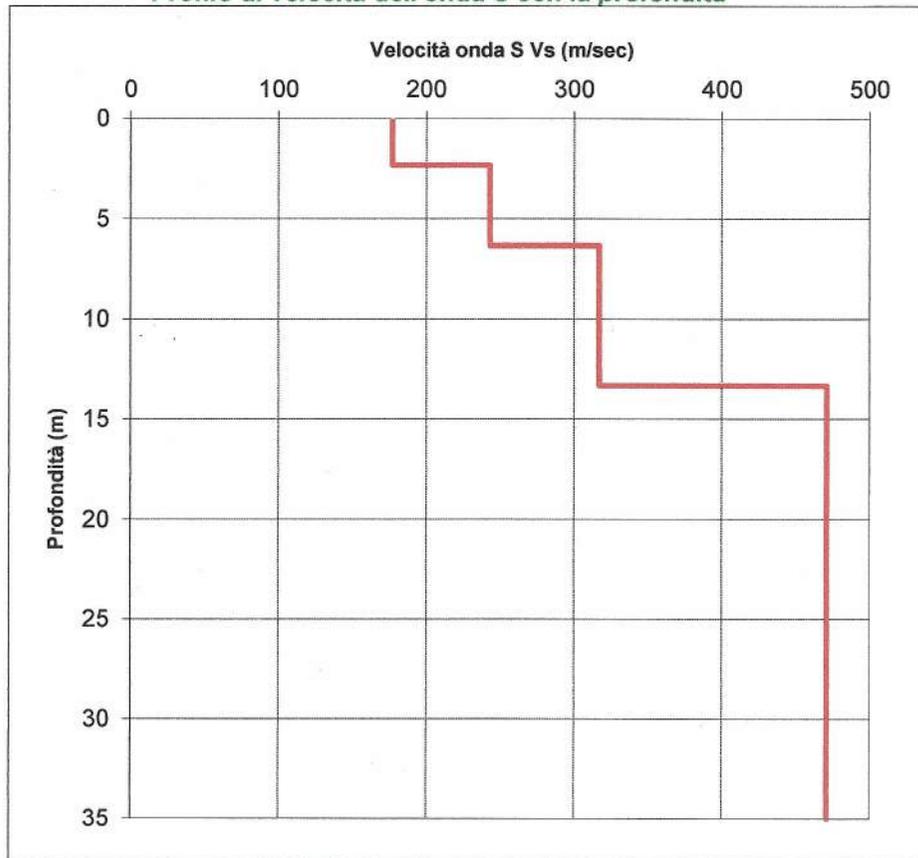
Cantiere: Ischiageotermia Srl Loc. Piano Tredici - Serrara Fontana (NA)

Data esecuzione prova: 05/01/2015

Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 09/01/2015

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo del Vs30

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	2.30	177	0.0130
2.30	6.30	243	0.0165
6.30	13.30	317	0.0221
13.30	35.00	471	0.0461

**VALORE DI Vs30 CALCOLATO (m/sec)**  
**345**

**Categoria di sottosuolo**  
**C**

IL RESPONSABILE DEL SETTORE  
Dott. Geol. Carmencita Ventrone

