

GEOLOGIA AMBIENTALE  
GEOMORFOLOGIA CULTURALE

Geol. Domenico TROVATO  
Geologo

---

## Comune di MADDALONI

Provincia di Caserta

### PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO COMMERCIALE E RESIDENZIALE SITO IN MADDALONI (CE) ALLA VIA MATILDE SERAO

---

## Relazione Geologica

(Documento 1 di 2)

\*\*\*

Caserta, Marzo 2016

Committente:  
S.A.I.E. s.r.l. – Maddaloni

Il Geologo  
Dott. Domenico Trovato



---

GEOFFICE  
[www.geoffice.it](http://www.geoffice.it)  
[domenicotrovato@geoffice.it](mailto:domenicotrovato@geoffice.it)  
[domenicotrovato@pec.geoffice.it](mailto:domenicotrovato@pec.geoffice.it)

Vicolo R. Bonghi n. 6  
81100 CASERTA  
Tel. 0823.17.65.693  
Fax. 0823.17.64.190  
mobile 338.968.17.22

## Sommario

PREMESSA .....	2
1. INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO.....	4
2. Modello Geologico .....	7
2.1. Inquadramento Geologico.....	7
<i>Sintema Vesuviano- Flegreo (VEF)</i> .....	8
<i>Supersintema Ischitano - Flegreo (FI)</i> .....	8
3. Modello Idrogeologico .....	11
3.1. Inquadramento Idrogeologico.....	11
3.2. Schema Idrogeologico .....	11
Sede e Spessore dell' Acquifero .....	11
4. GEOMORFOLOGIA .....	13
4.1. Geomorfologia.....	13
5.RELAZIONE SULLE INDAGINI.....	14
6. ANALISI DELLE INDAGINI .....	14
6.1. Stratigrafie .....	14
6.2. Prove SPT in foro .....	17
6.3. Prove penetrometriche Dinamiche DPSH .....	18
Determinazione parametri Geotecnici da Prove DPSH .....	18
Parametri Geotecnici.....	19
Determinazione dei valori Caratteristici.....	20
6.4. Prospezioni sismiche .....	22
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	23
7.1. Caratterizzazione geotecnica del tufo.....	23
7.2. Caratterizzazione geotecnica: Riepilogo .....	26
8. VOLUME SIGNIFICATIVO.....	29
9. CONCLUSIONI .....	30

## PREMESSA

Lo scrivente Dott. Domenico Trovato, Geologo, su incarico della Ditta SAIE s.r.l. di Maddaloni, ha redatto la presente Relazione Geologica del Progetto per la COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO COMMERCIALE E RESIDENZIALE in Maddaloni (CE) alla via Matilde Serao.

La presente relazione geologica comprende l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico-tecnico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici, con preciso riferimento alla seguente normativa:

**Decreto Ministeriale 14.01.2008**

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

**Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Circolare 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

**Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007: "Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

**Decreto del Presidente della Repubblica n. 207** del 5 ottobre 2010, art. 24, comma 5.

**Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)**

**Eurocodice 71 (1997): Progettazione geotecnica — Parte I : Regole Generali . - UNI**

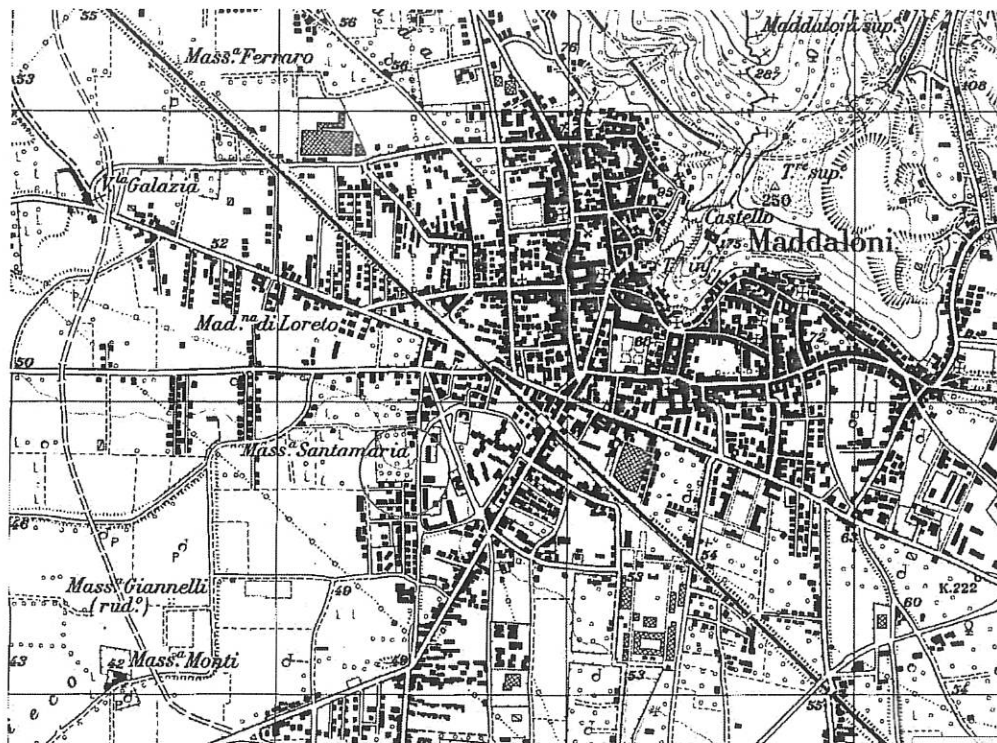
**Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica — Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI**

**Eurocodice 7.3 (2002) : Progettazione geotecnica — Parte II: Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI**

**Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania:** Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Ordinanze – adottato con delibera del Comitato Istituzionale n. 11 del 10.05.2002.

**Raccomandazioni A.G.I. (1977)**

Nelle figure in basso si riporta l'ubicazione corografica del sito d'intervento:

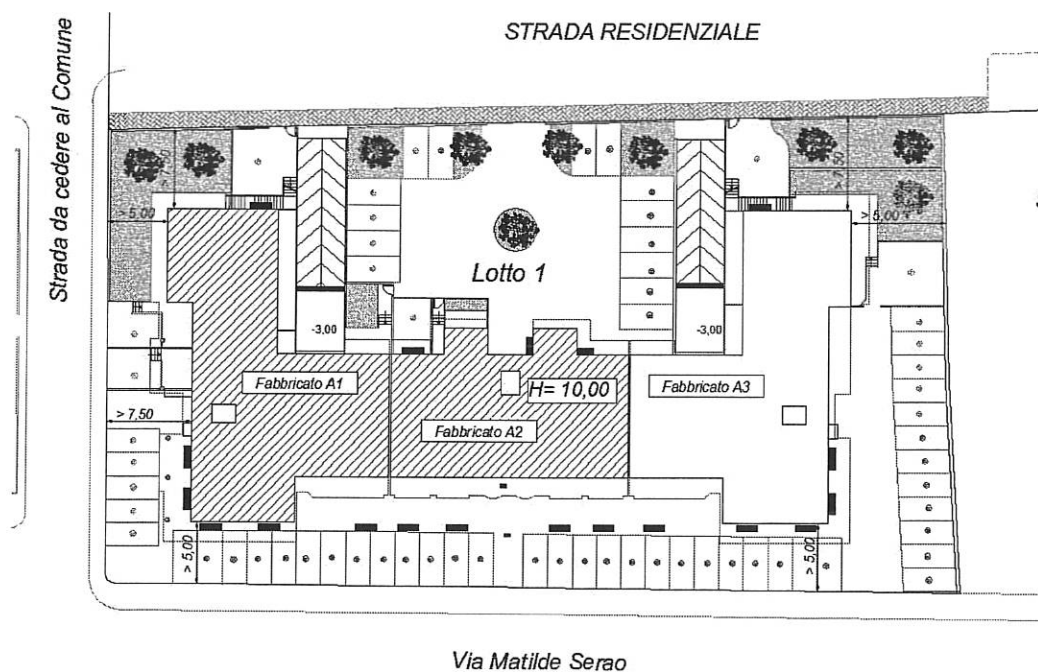


## 1. INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

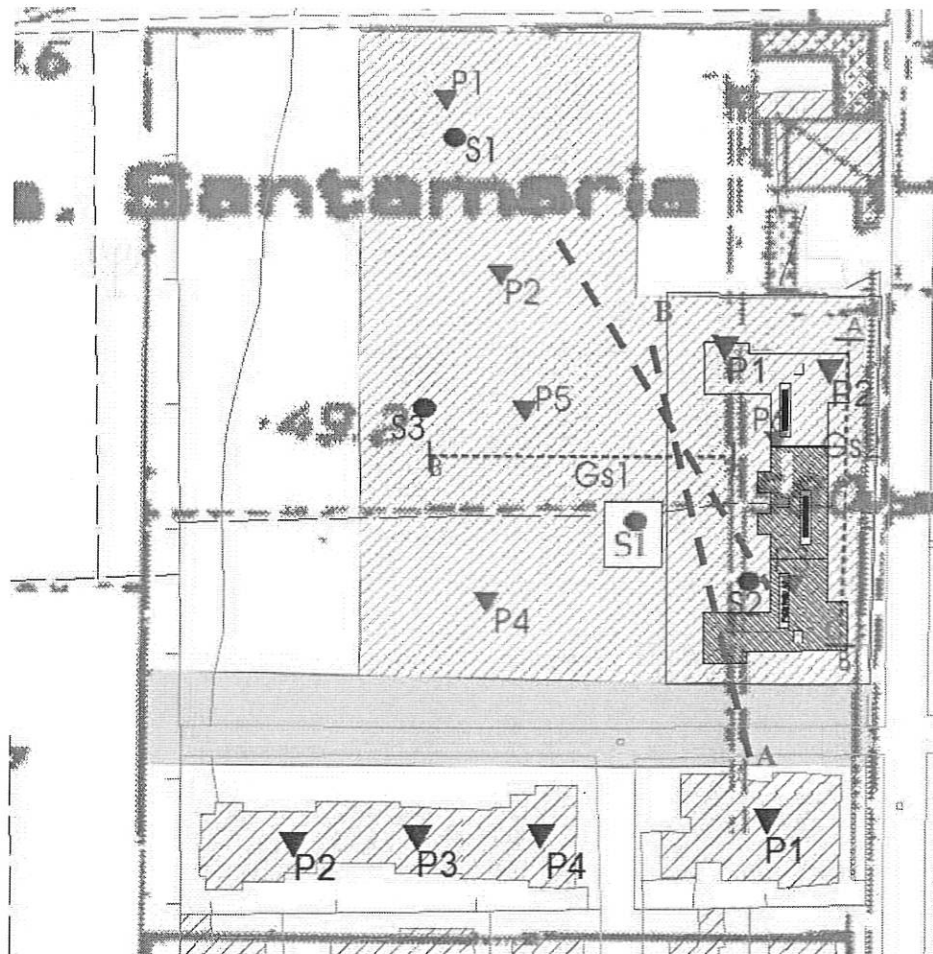
E' oltremodo necessario sottolineare che il presente intervento relativo alla costruzione dei corpi di fabbrica A1 e A2, costituisce la fase attuativa di un percorso cominciato già nella predisposizione del piano esecutivo PROGETTO DI PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI UN' AREA CONTRASSEGNA DALLE particelle 69 (ex 69/a) e 5169 (ex 97) del Foglio 8 del C.T. del COMUNE DI MADDALONI (CE) -VIA NAPOLI – V TRAVERSA di cui lo scrivente ha redatto lo studio geologico e seguito le relative indagini. Tale piano fu approvato nel 2007, in della vigenza dell' O.M. 3274/03, a firma dello scrivente, corredato di ulteriori indagini tese, in particolare, all'individuazione del profilo di sottosuolo, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

Successivamente, nel settembre 2014, è stata redatta, a firma dello scrivente la Relazione Geologica relativa al primo fabbricato (Fabbricato A3) dell'area di lottizzazione, per la quale furono esperite, a seguito di richiesta di integrazione, n. 2 prove DPSH certificate.

La figura seguente evidenzia la posizione dei corpi oggetto della presente relazione (A1 e A2) e il fabbricato relativo all'intervento citato del 2014



La figura seguente mostra la precedente planimetria in sovrapposizione alle indagini di riferimento.



In particolare si evidenziano:

- **Indagini del P.L.:** Prove DPSH da n. 1 a n. 6 (in verde) – Sondaggi da S1 a S2 (in nero);  
Sondaggio con Down-Hole S1 (in rosso);
- Indagini Relazione Geologica del 2014: Prove DPSH da n. 1 a n. 2 (in rosso) certificate;
- Indagini Relazione Geologica del 1997: - Prove DPSH da n. 1 a n. 4 (in blu);
- Tomografie elettriche (in tratteggio azzurro) del 2015.

Pertanto, stante quanto disposto nel D.M. 14.01.08, allo scopo di una precisa ricostruzione del modello geologico del sito d'interesse, e definizione degli aspetti geomorfologici,

idrogeologici e litotecnici delle formazioni presenti, si è proceduto alla rivisitazione delle indagini esperite nelle fasi sopra ricordate, nonché alla raccolta di tutti quei dati concernenti il sottosuolo di zone limitrofe in possesso dello scrivente:

Indagini specifiche dell'area in esame:

- Lottizzazione SAIE s.r.l. sopra citata (2007) a firma dello scrivente;
- Relazione Geologica Edificio A3 (2014) a firma dello scrivente (SAIE s.r.l.);
- Relazione Geologica ville a schiera sopra citata (1997) a firma dello scrivente (SAIE s.r.l.);
- Tomografie geoelettriche finalizzate all'individuazione di cavità di interesse archeologico (SAIE s.r.l.);

Indagini di zona a più ampio raggio, quali, tra gli altri:

- - Relazione geologica e indagini geognostiche relative ad interventi in Centrale ENEL loc. S. Sofia - Maddaloni – Comm. ENEL;
- - relazione geologica e indagini relative a Variante PRG in area ex Saint-Gobain;
- - relazione geologica e indagini relative a insediamento industriale Union Carbide;
- - ecc.

Queste ultime, in particolare, hanno confermato l'appartenenza del sito oggetto del presente intervento ad un areale ben più ampio, caratterizzato da un profilo di sottosuolo marcatamente omogeneo (banco tufaceo a breve profondità) e ben definita, come si dirà più approfonditamente nel seguito.

L'omogeneità dei caratteri geolitologici e litotecnici sia alla scala del fabbricato che a scala minore, consentono una cogente modellazione geologica e sismica del sito, nonché la determinazione dei parametri necessari al calcolo delle strutture.

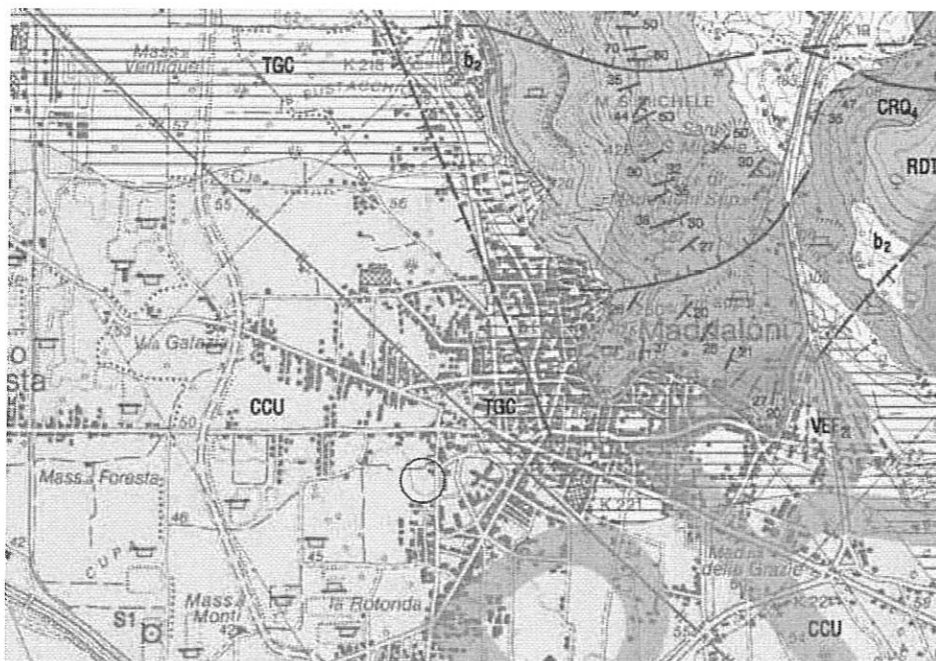
## 2. Modello Geologico

### 2.1. Inquadramento Geologico

L' area oggetto di studio è compresa nel foglio n. 431 "CASERTA EST" della Carta Geologica Regionale (Progetto CARG).

Dalle indagini in sito alle quali si rimanda (vd. Cap. 6 e segg.), con particolare riferimento alle stratigrafie, e dalle conoscenze già in possesso dello scrivente, si è rilevata una serie di strati che rispecchiano fedelmente la sequenza "flegrea" ben nota in letteratura geologica, i cui risvolti applicativi sono di grande importanza.

Nelle grandi linee l'area oggetto dell'intervento rientra nell'areale della Piana Campana, laddove sono riconoscibili il *sintema Vesuviano- Flegreo (VEF)* (Pleistocene sup. – attuale) e, in particolare, il *supersintema Ischitano-Flegreo (FI)* (Pleistocene inf. – Pleistocene sup.), caratterizzato dal *Tufo Grigio Campano* (Auctt.); la superficie di discontinuità che li separa è individuabile al tetto del deposito vulcanico flegreo del Tufo Grigio Campano.



Stralcio dalla CARG: Caserta EST

Dall'alto verso il basso, dopo circa 1,0÷1,2 m. di terreno agrario si rinviene la seguente sequenza di prodotti piroclastici:

#### **Sintema Vesuviano- Flegreo (VEF)**

Nell'area d'indagine, al di sopra del paleosuolo che ricopre il banco del Tufo Grigio Campano, sono presenti depositi piroclastici dello spessore medio di ca. 2,0 m. Tale deposito è classificato in letteratura come **unità Casalnuovo-Casoria (CCU)** caratterizzata da uno spessore di ca 0,80 m. di cineriti laminate grigio biancastre (sub-unità b) di aspetto francamente pozzolanico, passanti superiormente a un livello di pomici in matrice cineritica, da giallastra a marrone-ocra, priva di laminazione (sub-unità a); al top di questa sub-unità si rinviene direttamente il terreno agrario.

Nell'areale di studio le cineriti biancastre, distinte come **sub-unità b**, sono note come "tasso"; esse costituiscono un vero e proprio orizzonte guida riconoscibile in quasi tutto l' areale di affioramento dei prodotti piroclastici. Per le elevate analogie sedimentologiche e petrografiche, tale sub-unità sembrerebbe correlabile alle "pozzolane" napoletane, ovvero alla *litofacies* incoerente del Tufo Giallo Napoletano *Auctt.*

#### **Supersintema Ischitano - Flegreo (FI)**

Il *Supersintema* Ischitano - Flegreo racchiude tutti i depositi di riempimento del *graben* della Piana campana compresi tra la superficie sommitale del Tufo Grigio Campano e il tetto del substrato carbonatico. Al suo interno sono stati distinti due sintemi: il sintema di Gragnano (che comprende l'unità litostratigrafica del Tufo grigio Campano - TGC) e il sintema di Pimonte.

#### **Unità Litostratigrafica del Tufo Grigio Campano (Ignimbrite Campana *Auctt.*) (TGC)**

È costituita da depositi cineritici, scorie juvenili e clasti litici sia in *facies* saldata (tufo s.s.) che incoerente (cineriti). Nel dettaglio si riconoscono differenti *litofacies*, tutte riconoscibili nell'area di studio, dalla più alta: tufo lapideo di colore giallastro (*litofacies a*); tufo cineritico

litoide o semi-litoide (“semi-tufo”) con frequenti scorie grigie e nere (*litofacies b*); tufo grigiastro poco cementato, o del tutto incoerente contenente scorie (*litofacies c*) genericamente denominata “**cinerite**”.

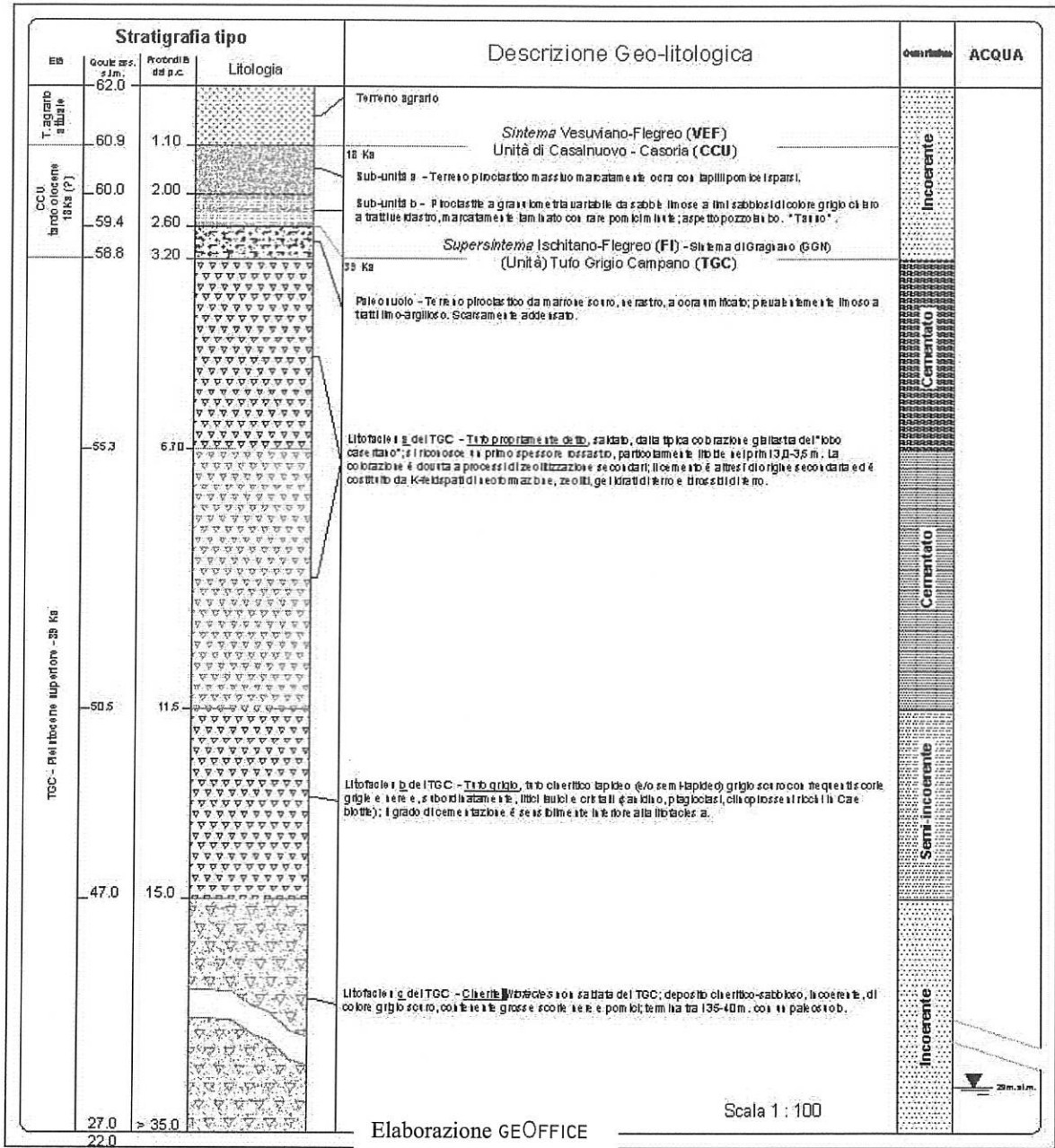
Va rilevata la diversità evidente nell'ambito delle *litofacies* sopra dette. Infatti, è riconoscibile nella parte alta (*litofacies a*), per uno spessore di ca. 9÷10 m.. Nell'ambito di tale *litofacies* si distingue al *top*, nei primi 3.5 m., una colorazione rossastra.

La *litofacies a* presenta le migliori caratteristiche tecniche misurandosi una resistenza a compressione pari a  $Q_u \approx 32 \text{ kg/cm}^2$  nella parte alta (vd. allegati di lab.) e  $50 \text{ kg/cm}^2$  nella parte centrale (variante di PRG ex Saint-Gobain: scrivente).

Al di sotto del tufo “giallo” casertano appare la tipica colorazione grigia (*litofacies b*). Alla differenza nella colorazione corrisponde anche una notevole diversità nel grado di litificazione, avendosi una resistenza a compressione sensibilmente inferiore ( $Q_u \approx 20 \text{ kg/cm}^2$ ).

La differenziazione tra “tufo giallo casertano” (*litofacies a*) e tufo grigio (*litofacies b*) sottostante assume dunque un'importanza non soltanto accademica ma senz'altro applicativa, benché, da un punto di vista meramente geologico, le due *litofacies* appartengano alla medesima unità. Si sottolinea altresì che le numerose cave di tufo nel comprensorio tra S. Benedetto, S. Nicola, S. Marco e Maddaloni sono tagliate prevalentemente nella *litofacies a*.

Alla base del banco tufaceo, infine, si rinviene la *litofacies c* (Cinerite s.s.), ovvero la facies non litificata del tufo, che appare granulometricamente una sabbia limosa ghiaiosa ricca di pomici e scorie nerastre di diverse dimensioni. La seguente figura mostra lo schema stratigrafico tipico dell'area di affioramento del tufo, con l'unica eccezione, per l'area oggetto del presente lavoro, dell'**assenza del paleosuolo** al tetto del banco tufaceo.



### **3. Modello Idrogeologico**

#### **3.1. Inquadramento Idrogeologico**

La falda è presente, in leggera pressione, nella litofacies cineritica di base del TGC. Il livello piezometrico di tale falda, nell'area di studio si attesta intorno alla profondità di ca. 23÷24 m. dal p.c.

Dalle misure in laboratorio della permeabilità dei terreni incoerenti cineritici effettuate in precedenti lavori, dalla constatazione che la falda è confinata entro livelli più permeabili e da notizie assunte attraverso le stratigrafie dei pozzi della ex Saint -Gobain in possesso dello scrivente, si evince che la falda medesima ha al tetto, ma non come impermeabile relativo, le cineriti le cui misure di laboratorio (progetto discarica S.E.M. in S. Marco E.) hanno fornito una permeabilità media pari a  $k = 3.11 \cdot 10^{-5}$  cm/sec.

Di seguito viene commentato in generale lo schema idrogeologico della Piana.

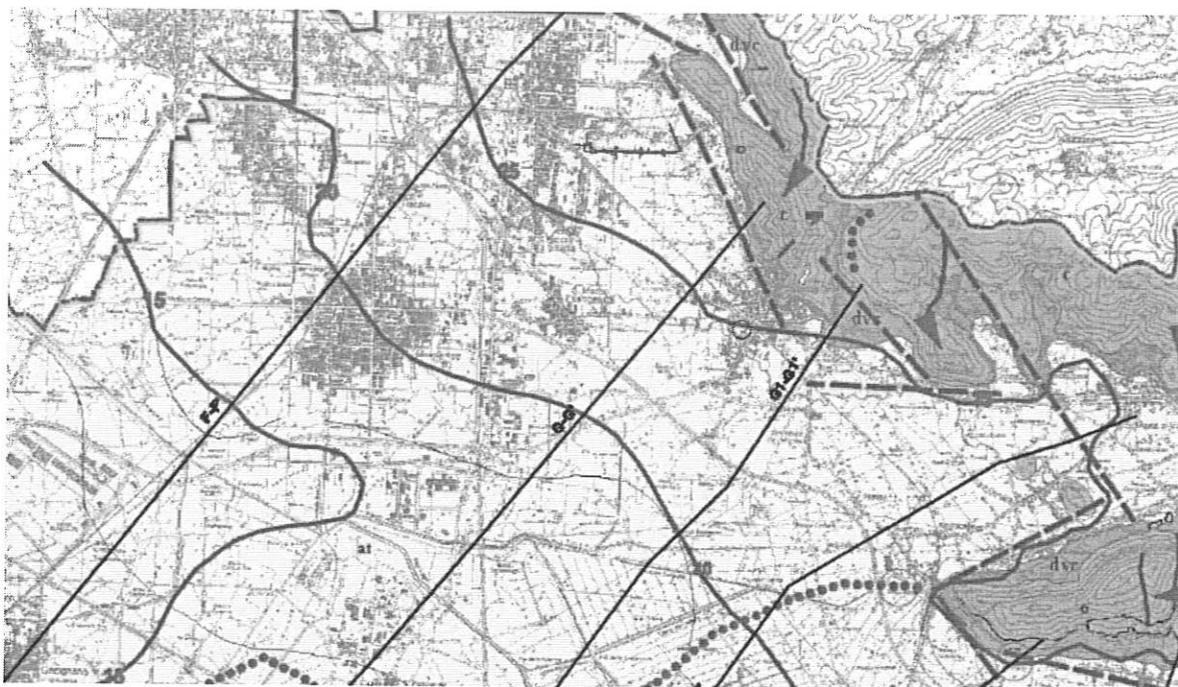
#### **3.2. Schema Idrogeologico**

##### **Sede e Spessore dell' Acquifero**

La sede principale dell' acquifero sembra essere l' insieme delle formazioni piroclastiche ed alluvionali sia litificati (tufi) che sciolti (cineriti, sabbie).

Dalle informazioni acquisite grazie alle stratigrafie dei pozzi sopra ricordati, la falda si attesta intorno ai 25 m.s.l.m. presentando un gradiente idraulico dell'ordine di 4‰, risultando una direzione di flusso con direzione ENE-WSW.

La ricostruzione dell'andamento delle isopiezometriche ricalca fedelmente quanto noto in letteratura. Le figure seguenti riportano lo schema idrogeologico secondo le interpretazioni ufficiali più recenti.



Stralcio dalla Carta Idrogeologica del PTA della competente A.d.B.

Va ricordato, che la falda della piana riceve dai massicci carbonatici che la circondano (M. Massico, M. Tifatini, i M. ti di Avella) un volume dell' ordine dei  $70 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ . che, comunque, rappresenta soltanto il 18% ca. dei volumi pluviometrici in entrata.

Circa le capacità idriche della falda, grazie a interviste ai contadini delle campagne circostanti e note le quantità effettivamente emunte da alcuni dei pozzi, si può stabilire, in concordanza con quanto già si conosceva, che le portate ordinarie variano dai 300 ai 600 l/min. a seconda della profondità e prevalenza della pompa.

## 4. GEOMORFOLOGIA

### 4.1. Geomorfologia

L'edificio di progetto è ubicato nella zona nord-orientale della Pianura Campana di cui è parte integrante, caratterizzata da pendenze pressoché nulle, a quota di ca. 50 m.s.l.m. Ciò è



tipico di paesaggi conformati da materiali vulcanici che, per la loro natura e per le modalità di deposizione, nel corso delle varie fasi eruttive, tendono a colmare le depressioni del territorio e ad accumularsi in modo stratiforme gli uni sugli altri, conferendo al paesaggio un andamento tabulare. L'area studiata si caratterizza per le pendenze pressoché nulle e dalla

suscettibilità al dissesto altrettanto nulla come è ben evidente dallo stralcio, a lato, dalla Carta del Rischio Frane della competente A.d.B.

L'eventualità di dissesti è legata esclusivamente alla presenza di cavità sotterranee.

#### *Cavità sotterranee*

Circa l'eventuale presenza di cavità, queste, com'è noto, si rinvencono solitamente nel banco tufaceo nei centri storici, in special modo quando il banco è presente a quote relativamente accessibili. Le cosiddette "cantine" (che altro non sono che cave sotterranee di prelievo del materiale da costruzione per l'edificio sovrastante), in effetti, si rinvencono soprattutto e/o esclusivamente nelle pertinenze, quali giardini e cortili, degli edifici in muratura dei centri storici. Con riferimento all'area in esame, risulta, pertanto, poco probabile la presenza di cavità sotterranee essendo il sito collocato in area periferica di nuova edificazione. Infine, le numerose verticali d'indagine e le recenti tomografie elettriche, mai hanno evidenziato particolari anomalie stratigrafiche.

## 5.RELAZIONE SULLE INDAGINI

I dati disponibili, peraltro già riferiti al cap. 1, oltre a consentire una cogente modellazione geologica e litotecnica del sito, consentono di ricavare i parametri necessari ai calcoli delle strutture. Nel presente capitolo verranno rivisitate le seguenti indagini:

### Indagini del Piano di Lottizzazione

#### SONDAGGI E PROVE IN FORO

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di m. 20,0 dal p.c.
- n. 1 sondaggi a distruzione di nucleo spinto fino alla profondità di m. 35,0 dal p.c. (eseguito nella fase integrativa);
- n. 3 prove SPT nei fori dei sondaggi a c.c.;
- n. 2 prelievo di campione indisturbato nel sondaggio a c.c. S1 e S2;

#### PROVE PENTROMETRICHE

- n. 6 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH spinte fino al rifiuto alla penetrazione;

#### ANALISI E PROVE DI LABORATORIO (2 C.I.)

- n. 2 determinazioni delle caratteristiche generali dei terreni di copertura;
- n. 2 determinazioni della granulometria (per sola setacciatura) dei terreni di copertura;
- n. 2 prove di taglio diretto CD con determinazioni dei parametri di resistenza al taglio;

#### PROSPEZIONI SISMICHE

- n. 2 prospezioni sismiche di superficie del tipo a rifrazione;
- n. 1 prospezione sismica in foro del tipo Down-Hole (eseguita nella fase integrativa).

### Indagini della Relazione Geologica del 2014 (Fabbricato A3)

#### PROVE PENTROMETRICHE CERTIFICATE

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH spinte fino al rifiuto alla penetrazione;

## 6. ANALISI DELLE INDAGINI

### 6.1. Stratigrafie

Di seguito si commentano da un punto di vista applicativo i principali orizzonti individuati, conformemente alla nomenclatura geologica utilizzata in precedenza.

Per comodità di esposizione e per meglio determinare i vari strati, si è preferito distinguere:

- **Terreni di copertura** (comprendenti, oltre al terreno vegetale, l' *unità di Casalnuovo-Casoria CCU*)
- **Sequenza tufacea** (comprendente le *litofacies a e b saldate* del Tufo Grigio Campano TGC)
- **Cineriti** (comprendente la *litofacies c incoerente* del Tufo Grigio Campano TGC)

#### TERRENI DI COPERTURA

Al di sopra del banco tufaceo si rinviene una serie piroclastica di terreni incoerenti. Nell'insieme, lo spessore di tale copertura raramente supera i 2,7÷3,0 m. Si distingue la seguente stratificazione:

**Terreno vegetale**: Terreno limo-sabbioso marrone scuro passante gradualmente alle formazioni sottostanti; raggiunge uno spessore medio di 1.20 m..

Tra il terreno vegetale e il banco tufaceo è presente la cosiddetta l' *unità di Casalnuovo-Casoria CCU* di cui son ben distinte le seguenti sub-unità:

**Unità CCU – Sub-unità a**: Terreno piroclastico da marrone giallo-ocra ricco di pomici, in matrice massiva limo-sabbiosa; a tratti umificato.

**Unità CCU – Sub-unità b**: Terreno cineritico grigio chiaro, verdastro, sabbioso, con marcata laminazione; di aspetto francamente pozzolanico.

Il paleosuolo, generalmente al tetto del banco tufaceo, non è presente nell'area distudio.

#### SEQUENZA TUFACEA

Lo spessore del banco tufaceo propriamente detto nell'area in esame è dell'ordine dei 10,0 m.

Nel banco tufaceo propriamente detto distinguiamo:

**Unità TGC – Litofacies a:** dopo un esiguo spessore alterato (cappellaccio) di ca. 0,3÷0,5 m., si rinviene il tufo grigio campano nella colorazione gialla tipica del “lobo casertano”. Geotecnicamente restituisce i migliori parametri di resistenza a rottura a compressione uniassiale, con un valore massimo pari a **Qu = 5600 kPa** (Saint Gobain, fonte: scrivente) nella parte centrale e **3200 kPa** nella parte sommitale rossastra. Le perforazioni a carotaggio continuo eseguite con doppio hanno consentito di misurare **sempre** un valore di **RQD > 80%**.

E' degna di nota una colorazione rossastra nei primi 4.0 ca.

**Unità TGC – Litofacies b:** La base del banco tufaceo assume alla base la tipica colorazione grigiastra caratterizzandosi per parametri di resistenza a compressione semplice sensibilmente inferiori alla *litofacies a* sopra descritta, avendosi **Qu = 20 kg/cm<sup>2</sup>**, conforme all' Indice di Qualità della Roccia pari a **RQD ≤ 50 %** (Saint Gobain, fonte: scrivente).

#### CINERITI

**Unità TGC – Litofacies c:** La cinerite altro non è che la facies incoerente, ovvero non saldata del tufo grigio campano. A causa dell' interruzione dei sondaggi, non è stato possibile stabilire il termine al letto dell' orizzonte. Comunque, dalle stratigrafie dei pozzi ex Saint Gobain e, in particolare, dalla stratigrafia geologica<sup>1</sup> effettuata nella cava di S. Marco Ev., si è rinvenuto il letto della formazione a ca. 40 m. di profondità. Granulometricamente è una sabbia limosa da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa di colore grigio scuro nerastro. La frazione ghiaiosa è dovuta alla presenza di scorie di varie dimensioni, vetrose, nere del tutto simili a quelle inglobate nel tufo delle litofacies sovrastanti. Il tetto di tale formazione presenta una debole immersione E-W. E' sede della falda.

---

<sup>1</sup> Note Illustrative alla Carta Geologica del F.° 431 – Caserta EST

## 6.2. Prove SPT in foro

Per le finalità del presente lavoro sono state eseguite ed elaborate n. 16 prove SPT nei fori di sondaggio. La prova SPT (Standard Penetration Test) consiste nell' infissione di un campionatore a scarpa aperta (Raymond) della lunghezza di 45 cm. mediante i colpi di un maglio di peso standard (63 kg) in caduta libera da un' altezza di 75 cm. L'esecuzione corretta della prova SPT richiede il conteggio del numero di colpi necessario all' infissione del campionatore Raymond per tratti successivi di 15 cm. ( $N_{15}$ ,  $N_{30}$ ,  $N_{45}$ ). Il valore finale  $N_{spt/30}$  cm di penetrazione è dato dalla somma di  $N_{30}+N_{45}$  che andrà, come si dirà nel seguito, opportunamente corretto per ottenere un esatto riferimento standardizzato.

Di seguito si riferisce sui criteri di standardizzazione dei valori  $N_{spt}$  ottenuti. Senza entrare nel merito di trattazioni teoriche, in breve si ricorda che il numero di colpi  $N$  da cui trarre, tramite correlazioni, i parametri geotecnici varia a seconda del tipo di macchinario utilizzato e, in definitiva, a seconda degli Autori. Per la standardizzazione delle prove si fa riferimento a:

- J. E. Bowles - Foundation Analysis and Design, 4th ed. 1988
- F. Cestari - Le prove in sito, 1a ed. 1996

Il valore di  $N$  corretto è:  $N'_{xx} = N \times C_N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$  dove:

$N'_{xx}$  è il valore di  $N$  corretto riferito a un rendimento del  $xx\%$

$N$  è il valore misurato.

$C_N$  è un fattore funzione del carico litostatico  $C_N = (\sigma_o''/\sigma_o')^{1/2}$  essendo:  $\sigma_o''$  la pressione di riferimento ( $1.0 \text{ kg/cm}^2$ ) e  $\sigma_o'$  la pressione alla quota di prova ( $\gamma h$ )

$\eta_1$  Tipo di Maglio. Per l' attrezzatura usata:  $E_r \approx 58$  (Cestari),  $\eta_1 = 58/70 = 0.82$ .

$\eta_2$  Profondità prova. Funzione della quota di prova  $\eta_2 = \text{variabile}$

$\eta_3$  Tipo di sonda. Senza controtubo, terreno stabile, da Bowles è  $\eta_3 = 1.00$ .

$\eta_4$  Diametro foro. Risulta sempre tra 60 e 120 mm. Da Bowles:  $\eta_4 = 1.00$ .

da cui, noti  $N$  e  $\gamma h$ , si ha:

$$N'_{70} = N \times C_N \times 0.82 \times \eta_2 \times 1.0 \times 1.0$$

	STRATI			PARAMETRIZZAZIONE						Valori consigliati			
	Quota(*)			P. SPT		P. Emilia		Laboratorio		Strati			
	n.	da m.	a m.	N <sub>SPT</sub> (**)	φ'(***)	N' <sub>70</sub>	φ'	γ	φ'	γ	φ'		
A1-A2	1	0,0	1,5	-	-	5	28,8	1,36	29,6	0,00			copertura
A3	2	1,5	2,6	7	29,5					1,4	29,0		
B1	3	2,6		-	-	-	-	-	-				TUFO
B2	4		12,4	-	-	-	-	-	-	1,3	40,0		

(\*) Quote medie  
(\*\*) Letture corrette (N<sub>spt70</sub>)  
(\*\*\*) Valore consigliato (tab. SPT)

### 6.3. Prove penetrometriche Dinamiche DPSH

Come si è più volte ripetuto, per il Piano di lottizzazione del 2007 sono state effettuate n. 6 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) seguendo lo standard EMILIA:

Si ricorda che lo standard EMILIA presenta punta conica di 60° (lo standard ISMFFE 90°) e lettura ogni 30 cm (ISMFFE ogni 20 cm), pertanto attesa la similitudine tra lo standard SPT e EMILIA.

Per la Relazione Geologica del 2014 si sono effettuate, dietro richiesta di integrazione, n. 2 prove DPSH con standard ex-ISSMFE, come ubicate a pag. 5. Tali prove certificate, che si allegano, attesa l'ampia sovrapposibilità con le prove P3 e P6 effettuate all'epoca all'interno del perimetro di sedime dei fabbricati A1 e A2, saranno utilizzate quale riferimento per la caratterizzazione del sottosuolo di interesse.

#### Determinazione parametri Geotecnici da Prove DPSH

La prova dinamica DPSH restituisce dati molto significativi e le correlazioni empiriche sono ampiamente usate per ottenere determinazioni circa l'angolo d' attrito efficace (φ') e lo stato di addensamento.

Le determinazioni geotecniche sono evidentemente subordinate a una corretta correlazione tra lo standard utilizzato, sopra riferito, e la prova SPT. Circa il rapporto tra N<sub>20</sub> e N<sub>spt</sub>,

normalizzati entrambi a un rendimento del 60%, Cestari (2005) propone la seguente correlazione:

$$\text{NSPT (60\%)} = C \cdot N_{20} \text{ (60\%)}$$

con $C = 1.5 \div 2.0$	per sabbie ghiaiose
$C = 2.0 \div 2.8$	per terreni sabbiosi
$C = 2.8 \div 4.0$	per terreni argillosi

Ciò nonostante, ponendosi nella posizione più conservativa con  $C = 1$ , senza entrare nel merito di trattazioni teoriche, il dato NSPT da cui trarre, tramite correlazioni, i parametri geotecnici, è stato così determinato (J. E. Bowles, 1988 - - F. Cestari, 1996):

$$N'_{xx} = N \times C_N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \text{ dove:}$$

rimandando al par. 6.2 per il significato dei simboli, noti  $N$  e  $\gamma h$ , si ha:

$$N'_{55} = N_{20} \times C_N \times 1.33 \times \eta_2$$

$$N'_{60} = N_{20} \times C_N \times 1.22 \times \eta_2$$

$$N'_{70} = N_{20} \times C_N \times 1.00 \times \eta_2$$

### Parametri Geotecnici

#### ANGOLO D'ATTRITO

Le correlazioni utilizzate per la determinazione dell' angolo d' attrito sono le seguenti:

Peck, Hanson and Thornburn:  $\varphi' = 27,2 + 0,28 \cdot \text{NSPT}_{(55)}$

Hatanaka e Uchida:  $\varphi' = 20,0 + [15,4 \cdot \text{NSPT}_{(60)}]^{0,5}$

Schmertmann:

$$\varphi' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{ss}}{12,2 + 20,3 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{P_a}} \right]^{0,34}$$

#### MODULO ELASTICO

Il modulo elastico drenato in kPa (Bowles) è dato da:  $[N_{70} + 6] \times 300$

#### **Determinazione dei valori Caratteristici**

Per la determinazione dei parametri caratteristici  $\varphi'_k$  degli strati, cioè tali che la probabilità di rinvenire per lo stesso strato valori medi più bassi non sia superiore del 5%, si fa usualmente ricorso alla seguente relazione:

$$R_k = R_m (1 - 1.645 \text{ COV}),$$

in cui  $R_m$  è il valore medio del parametro di resistenza considerato; -1.645 è un coefficiente valido per il 5% percentile di una distribuzione gaussiana, COV è la covarianza del campione. Va da sé che il valore  $R_k$  contiene implicitamente un fattore di sicurezza.

La prova DPSH, grazie alle numerose letture, consente l'analisi, all'interno di ogni strato omogeneo, di un campione costituito da numerosi dati (letture  $N_{20}$ ). Nella determinazione del valore caratteristico, particolare attenzione è stata posta nell'individuare e filtrare i vari strati, al fine di evitare scostamenti elevati, accorpendo grossolanamente orizzonti ben differenziati. I coefficienti di variazione relativi all'angolo d'attrito sono risultati particolarmente bassi, a riprova di una corretta individuazione di strati omogenei. Circa i parametri di compressibilità ( $E'$ ,  $E_{ed}$ ), in accordo con Vannucchi (2009), ritenendo eccessivamente cautelativo il valore caratteristico determinato come sopra nonché scarsamente significativo, si considera, quale valore caratteristico, il valore medio di strato.

Nelle tabelle seguenti si riepilogano i parametri geotecnici desunti dalle prove certificate DPSH n. 1 e 2 della relazione Geologica del 2014 (fabbricato A43) atteso che, come già ribadito, ampiamente sovrapponibili alle prove DPSH nn. 3 e 6, pertinenti agli edifici A1 e A2, effettuate per la lottizzazione.

DPSH 1

M = 5,88      a<sub>max(g)</sub> = 0,212  
MSF = 2,23      σ<sub>atm</sub> = 98,067 kPa

STRATI			Tensione litostatica				SPT(*)			CPT(*) (ricavato)		Incoerenti				Intermedi		Coerenti			
			γ	Strati in falda	σ'V med	σ'V tot med						Dr	Hairness e Uchida	Shimazma	Peck, Hanson & Holtm.	Media	Coazione efficace	Coazione non drenata	Sensibilità	Indice di plasticità	
n.	da m.	a m.	t/m <sup>3</sup>		kPa	kPa	N <sub>m</sub>	(N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub>	(N <sub>1</sub> ) <sub>90cc</sub>	qc kPa	fs kPa	%	qk	qk	qk	qkm	c' kPa	φ'	c <sub>u</sub>	St	Ip
1	0,0	1,6	1,400	n	11,0	11,0	3	7	8	993	54	30	29,0	32,3	28,3	29,9	-	-	-	-	-
2	1,6	2,6	1,400	n	28,8	28,8	5	10	11	1530	109	32	30,6	34,6	28,6	31,3	-	-	-	-	-
3	2,6	3,6	1,500	n	43,1	43,1	21	30	27	12592	1337	45	35,6	42,2	29,3	35,7	-	-	-	-	-

(\*) I valori restituiscono la **media** di strato.

STRATI	GRANULOMETRIA				P. ELASTICI			CONSOLIDAZIONE			VERIFICA LIQUEFAZIONE									
	n.	Granulometria	Robertson	D <sub>50</sub> (mm)	E <sub>s</sub>	E <sub>ed</sub>	Gmax	OCR	σ'p	K0	Domanda sismica	SPT					V <sub>s1</sub> (m/s)			
	lc	Fc%		kPa	kPa	kPa		kPa		rd	CSR <sub>eq</sub>	CSR <sub>75</sub>	CRR <sub>MSF</sub>	FS <sub>SPT</sub>	V <sub>s</sub>	V <sub>s1</sub>	V <sub>s1C</sub>	CRR <sub>MSF</sub>	FS <sub>Vs</sub>	
1	sabbie l.		0,203	4522	2350	1999,2	-	-	0,8	0,996	0,137	-	-	N.L.	91,4	157,96	210	-	N.L.	
2	sabbie l.		0,203	5863	3621	6501,1	1,202	34,6	0,5	0,986	0,136	-	-	N.L.	118,0	160,23	210	-	N.L.	
3	ghiaie		0,280	13575	14900	35093,1	cemen	247,4	1,2	0,979	0,135	-	-	N.L.	152,9	187,85	220	-	N.L.	

ELABORAZIONE: GEOFFICE

DPSH 2

M = 5,88      a<sub>max(g)</sub> = 0,212  
MSF = 2,23      σ<sub>atm</sub> = 98,067 kPa

STRATI			Tensione litostatica				SPT(*)			CPT(*) (ricavato)		Incoerenti				Intermedi		Coerenti			
			γ	Strati in falda	σ'V med	σ'V tot med						Dr	Hairness e Uchida	Shimazma	Peck, Hanson & Holtm.	Media	Coazione efficace	Coazione non drenata	Sensibilità	Indice di plasticità	
n.	da m.	a m.	t/m <sup>3</sup>		kPa	kPa	N <sub>m</sub>	(N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub>	(N <sub>1</sub> ) <sub>90cc</sub>	qc kPa	fs kPa	%	qk	qk	qk	qkm	c' kPa	φ'	c <sub>u</sub>	St	Ip
1	0,0	1,2	1,400	n	8,2	8,2	3	6	6	834	47	29	27,9	30,5	28,0	28,8	-	-	-	-	-
2	1,2	2,6	1,400	n	26,1	26,1	8	17	19	2480	46	37	32,4	38,1	29,2	33,3	-	-	-	-	-
3	2,6	3,6	1,500	n	43,1	43,1	33	46	42	19535	1184	56	43,5	48,6	34,5	42,2	-	-	-	-	-

(\*) I valori restituiscono la **media** di strato.

STRATI	GRANULOMETRIA				P. ELASTICI			CONSOLIDAZIONE			VERIFICA LIQUEFAZIONE									
	n.	Granulometria	Robertson	D <sub>50</sub> (mm)	E <sub>s</sub>	E <sub>ed</sub>	Gmax	OCR	σ'p	K0	Domanda sismica	SPT					V <sub>s1</sub> (m/s)			
	lc	Fc%		kPa	kPa	kPa		kPa		rd	CSR <sub>eq</sub>	CSR <sub>75</sub>	CRR <sub>MSF</sub>	FS <sub>SPT</sub>	V <sub>s</sub>	V <sub>s1</sub>	V <sub>s1C</sub>	CRR <sub>MSF</sub>	FS <sub>Vs</sub>	
1	sabbie l.		0,203	4063	1973	9820,26	-	-	0,9	0,997	0,137	-	-	N.L.	83,7	155,52	210	-	N.L.	
2	sabbie l.		0,203	8488	5869	22293,8	2,456	64,1	0,8	0,987	0,136	-	-	N.L.	126,1	175,65	210	-	N.L.	
3	ghiaie		0,280	20161	23116	49923,9	cemen	402,8	1,5	0,979	0,135	-	-	N.L.	165,1	202,85	220	-	N.L.	

ELABORAZIONE: GEOFFICE

ALTRI PARAMETRI GEOTECNICI - PESO DI VOLUME

Lo scrivente ha ritenuto superfluo, ai fini della sola determinazione del peso di volume, il prelievo di campioni indisturbati. In definitiva per tale determinazione si è attinto, oltre che dalle prove di laboratorio **non certificate** allegate alla Relazione Geologica, dalla letteratura e dalla vasta esperienza dello scrivente relativamente ai terreni piroclastici, considerando scarsamente significativa la determinazione "dispersa" di un campione nell'ambito di un ampio volume di

interesse; pertanto, appare più ragionevole attribuire un valore medio a favore di sicurezza, ovvero “sfavorevole” nel calcolo del fattore  $\gamma_D$ .

In definitiva i valori attribuiti sono i seguenti:

Terreni degli strati di copertura, di origine piroclastica, a basso grado di addensamento, dove è presente una maggior percentuale di fino:  $\gamma = 1,40 \text{ t/m}^3$ .

Terreni cineritici e tufacei, a medio-alto grado di addensamento, con minor percentuale di fino:  $\gamma = 1,50 \text{ t/m}^3$ .

#### 6.4. Prospezioni sismiche

Nella prima fase del lavoro, finalizzata alla redazione del Piano di lottizzazione, furono eseguiti n. 2 profili sismici a rifrazione, secondo le procedure dell'epoca (2001), con sismografo 4 Canali LCM-4 PASI, utilizzando il metodo delle intercette. Successivamente, nel 2007, per l'integrazione ai sensi dell'O.M. 3274/03, fu realizzata una prospezione sismica DOWN-HOLE in foro a distruzione di nucleo opportunamente predisposto, con sismografo 12 Canali – Dolang.

Le due tipologie di prove hanno fornito una piena sovrapposizione e coerenza della sismo-stratigrafia del sito, distinguendosi con evidenza i seguenti due strati:

- copertura, dello spessore 3,0÷4,0 m;
- banco ignimbrico.

Per i dettagli circa la sismo-stratigrafia, oltre agli allegati, si rimanda in particolare allo schema per il calcolo della  $V_{s30}$  riportato nella Relazione sulla Modellazione Sismica (documento 2).

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Prima di esporre il quadro complessivo delle risultanze fin qui analizzate, è opportuno determinare i parametri geotecnici del tufo.

### 7.1. Caratterizzazione geotecnica del tufo

Solitamente, il TGC, negli affioramenti caratterizzati dai maggiori spessori (S. Agata de' Goti), presenta fratture ad andamento sub-verticali (colonnari). Nella *facies* saldata dell'area di studio, da quanto visibile dalle carote estratte, tali fratture "colonnari" sono molto meno frequenti. Nella tabella seguente sono riportati i valori di alcune prove di resistenza a compressione su campioni di tufo giallo casertano in diverse località:

Località	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Autore	Data
S. Nicola I. S.	46.2 ÷ 62.2	Penta	1935
Caserta	27.5 ÷ 35	Penta	1935
Caserta	22.2 ÷ 44.5	Penta	1935
Caserta	25.4 ÷ 29.8	Penta	1935
S. Nicola I. S.	43.4 ÷ 54	Di Girolamo	1968
S. Bened.+S. Nicola	27.0	Di Girolamo	1968
S. Marco E.	37.5 (media)	scrivente	1994
Caserta (ex S.Gob.)	45 (media)	scrivente	1995
Caserta "Più Europa"	32 (media)	scrivente	2014

Con ogni probabilità, i valori prossimi a 20 kg/cm<sup>2</sup> sono da attribuire alla *facies* grigia (litofacies b).

Si determinano i parametri geo-meccanici del tufo attraverso la *classificazione dell'ammasso roccioso*:

- A) Descrizione strutturale dell' ammasso roccioso, in cui si mettono in evidenza le caratteristiche giaciture dei litotipi e delle famiglie di giunti rilevate, la spaziatura, scabrezza, apertura e riempimento dei giunti.

- B) Caratteristiche meccaniche, e di resistenza dell'ammasso.

Tra i vari sistemi di classificazione è stato scelto quello di Bieniawski (indice RMR), in quanto permette di formulare un giudizio non solo qualitativo ma anche quantitativo sulle caratteristiche globali di un ammasso roccioso.

La determinazione dell'indice RMR si basa su 6 parametri, da ciascuno dei quali si ricava un indice:

- 1) resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- 2) indice RQD;
- 3) spaziatura dei giunti;
- 4) condizioni dei giunti;
- 5) condizioni idrauliche;
- 6) indice di correzione per la giacitura dei giunti (non pertinente).

#### A1 - RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA

$I_r$ (MPa)	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Non applicabile - usare $\sigma_c$	
$\sigma_c$ (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5
COEFFICIENTE	15	12	7	4	2	1

#### A2 - INDICE RQD

RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25
COEFFICIENTE	20	17	13	8	3

#### A3 - SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITÀ "s"

s (cm)	> 200	60 - 200	20 - 60	6 - 20	< 6
COEFFICIENTE	20	15	10	8	5

#### A4 - CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITÀ

CONDIZIONE	Molto scabre Non continue Chiuse Pareti non alterate	Leggermente scabre Continue Apertura < 1 mm Pareti leggermente alterate	Leggermente scabre Continue Apertura < 1 mm Pareti alterate	Piane o lisce Continue Apertura 1 - 5 mm Riempimento < 5 mm	Continue Apertura > 5 mm Riempimento > 5 mm
COEFFICIENTE	30	25	20	10	0

#### A5 - CONDIZIONI IDRAULICHE

CONDIZIONE	ASCIUTTA	UMIDA	BAGNATA	DEBOLI VENUTE	FORTI VENUTE
coefficiente	15	10	7	4	0

Le condizioni idrauliche sono riferite a un fronte di 10 mm

Per il tufo giallo della *litofacies a* contrassegnato in rosso nella tabella sopra, gli indici relativi ai 5 parametri risultano:

$$\text{Indice A1} = 1,4 \quad \text{Indice A2} = 17,9 \quad \text{Indice A3} = 20$$

$$\text{Indice A4} = 30 \quad \text{Indice A5} = 10$$

$$\text{RMR}_a = A1+A2+A3+A4 = 74,3$$

$$\text{RMR}_b = \text{RMR}_c = A1+A2+A3+A4 + A5 = 84,3$$

Per il tufo grigio della *litofacies b*, contrassegnato in azzurro, nella tabella sopra:

$$\text{Indice A1} = 1,2 \quad \text{Indice A2} = 8 \quad \text{Indice A3} = 20$$

$$\text{Indice A4} = 30 \quad \text{Indice A5} = 10$$

$$\text{RMR}_a = A1+A2+A3+A4 = 59,2$$

$$\text{RMR}_b = \text{RMR}_c = A1+A2+A3+A4 + A5 = 69,2$$

Ottenuto l'indice RMR, si perviene alla classificazione dell'ammasso roccioso sulla base della seguente tabella:

RMRc	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<= 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Di uso comune è derivare i parametri caratteristici dell'ammasso dal valore di  $\text{RMR}_b$  che, secondo Beniaowski, sono, in prima approssimazione:

	Litofacies a	Litofacies b
coesione $c$ (kPa) = $5 \cdot \text{RMR}_b =$	421,5	346,0
angolo d'attrito $\varphi = 0,5 \cdot \text{RMR}_b + 5 =$	47,2°	39,6°

Utilizzando il parametro  $\text{RMR}_a$ :

	Litofacies a	Litofacies b
coesione $c$ (kPa) =	371,5	296,0
angolo d'attrito $\varphi =$	42,2°	34,6°

Un'ulteriore strada per la determinazione dei parametri geotecnici del tufo è quella del criterio Hoek-Brown, che si basa sull'indice GSI (*geological strength index*):

posto GSI = 68 si perviene, con l'ausilio del software RocLab di Hoek (in possesso dello scrivente), per il tufo giallo (litofacies a), a:

coesione  $c$  (kPa) = 94,0  
angolo d'attrito  $\varphi$  = 49,9°

In definitiva i parametri di resistenza del tufo possono ritenersi i seguenti:

	Litofacies a	Litofacies b
coesione $c$ (kPa) =	396,5	311,0
angolo d'attrito $\varphi$ =	44,7°	36,1°

## 7.2. Caratterizzazione geotecnica: Riepilogo

Dal confronto delle risultanze delle varie prove esperite risulta il seguente schema riepilogativo:

### TERRENI DI COPERTURA

#### Terreno vegetale + Unità CCU – Sub-unità a:

Spess. compless. medio m.	1,5÷1,80;
granulometria (A.G.I.)	<i>Sabbia con limo argillosa debolmente ghiaiosa</i>
peso di volume	$\gamma = 14,0$ (kN/m <sup>3</sup> )
angolo d'attrito	$\varphi' = 27,0^\circ$
coesione	$c' = 0,0\div5,0$ kPa
SPT	$N'_{60} = 2$
Modulo di deformazione	$E = 5.000$ kPa
Modulo edometrico	$E_{ed} = 2.000$ kPa
Cost. di sottofondo	$k_v = 3\div4$ kg/cm <sup>3</sup>
Permeabilità	$k = 1 \cdot 10^{-5}$ cm/s

#### Unità CCU – Sub-unità b (Pozzolane):

Spessore compless. medio m.	0,80÷1,00;
granulometria (A.G.I.)	da <i>Sabbia con limo deb. ghiaiosa deb. argillosa</i> a <i>Sabbia limosa ghiaiosa deb. argillosa</i>

peso di volume	$\gamma = 14,0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$
angolo d'attrito	$\varphi' = 29,0^\circ$
coesione	$c' = 0,0 \text{ kPa}$
SPT	$N'_{60} = 4\div 6$
Modulo di deformazione	$E = 8.000 \text{ kPa}$
Modulo edometrico	$E_{ed} = 4.500 \text{ kPa}$
Cost. di sottofondo	$k_v = 4\div 6 \text{ kg/cm}^3$
Permeabilità	$k = 3 \cdot 10^{-5} \text{ cm/s}$

### SEQUENZA TUFACEA

#### Unità TGC – Litofacies a:

Spessore	6,0÷7,0 m.;
Roccia tipo Hoeck-Brown	
peso di volume	$\gamma = 15,00 \text{ kN/m}^3$
resistenza a compressione	$Q_u = 3,50 \text{ MPa (parte alta)}\div 5,00 \text{ MPa (parte centrale)}$
RQD	55% (parte alta)÷75 (parte centrale)
coesione	$c = 396,5 \text{ kPa}$
angolo d'attrito	$\varphi' = 44,7^\circ$
m. di deformazione	$E = 586 \text{ MPa}$

#### Unità TGC – Litofacies b:

Spessore	ca. 3,0 m.;
peso di volume	$\gamma = 15,00 \text{ kN/m}^3$
resistenza a compressione	$Q_u = 2,0 \text{ MPa}$
RQD	55%
coesione	$c = 311, \text{ kPa}$
angolo d'attrito	$\varphi' = 36,1^\circ$
m. di deformazione	$E = 244 \text{ MPa}$

### Cineriti (di base)

#### Unità TGC – Litofacies c:

Spessore	almeno fino a 35 m. dal p.c.;
granulometria (A.G.I.)	da <i>Sabbie con limi</i> a <i>Limi con sabbie deb. ghiaiose</i>
peso di volume	$\gamma = 15,0 \text{ kN/m}^3$
angolo d'attrito	$\phi' = 35^\circ \div 36^\circ$ (verso il basso)
coesione	$c' = 0,0 \text{ kPa}$
SPT	$N'_{60} = 15 \div >30$
Modulo di deformazione	$E = 10.000 \div 20.000 \text{ kPa}$
Cost. di sottofondo	$k_v = 12 \div 17 \text{ kg/cm}^3$
Permeabilità	$k = 3.1 \cdot 10^{-5} \text{ cm/s}$

## 8. VOLUME SIGNIFICATIVO

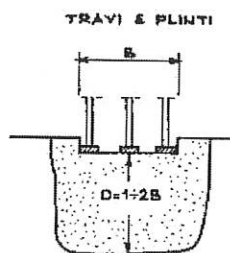
Premesso che per volume significativo si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso (§ 3.2.2, dell N.T- 14.01.08) ed ha forma ed estensione diverse a seconda del problema in esame e deve essere individuato caso per caso, in base alle caratteristiche dell'opera e alla natura e caratteristiche dei terreni (punto C6.2.2 della Circolare applicativa), si sottolinea che le profondità dei sondaggi riferiti (20 e 35 m.) e, in particolare, la presenza del banco tufaceo e lo spessore di questo, hanno consentito la definizione del modello geologico, confermando l'appartenenza del sito oggetto del presente intervento ad un areale ben più ampio, caratterizzato da un profilo di sottosuolo marcatamente omogeneo (banco tufaceo a breve profondità) e ben definito nel corso della relazione geologica medesima.

Ciò nonostante si ritiene opportuno ricordare che l'unico riferimento tecnico circa la definizione del volume significativo restano le Raccomandazioni AGI (1977) che raffigura alcuni semplici casi:

A titolo indicativo in fig. 1.1. sono rappresentati i volumi significativi per alcuni casi semplici e con riferimento a situazioni normali. La presenza nel sottosuolo di terreni particolarmente scendenti o di terreni molto resistenti può modificare, aumentandolo o diminuendolo, il volume significativo.

(dalle Racc. AGI - pag. 4 e 5)

Essendo  $B$  la dimensione minore in pianta.



Con riferimento al caso in esame, con  $B$  (lato minore)  $\approx 9 \div 10$  m., la profondità indagata  $D$  risulta ca. 3 volte la larghezza  $B$ . È opportuno, altresì, sottolineare che la presenza del banco tufaceo, terreno resistente, può, vieppiù, ridurre il volume significativo, anche in considerazione delle dimensioni planimetriche e volumetriche dell'edificio di progetto.

## 9. CONCLUSIONI

La presente relazione ha, alla luce di quanto fin qui argomentato, identificato le formazioni geologiche presenti nell'ambito d'interesse dell'opera a farsi, definendo il modello geologico dell'area.

Dal punto di vista geolitologico, il sito è ubicato sull'affioramento di una formazione piroclastica del Quaternario recente caratterizzato (in un areale ben più ampio del sito di interesse), dalla presenza a breve profondità del Tufo Grigio Campano e, complessivamente, da una marcata omogeneità litostratigrafica che ha consentito l'utilizzo *in toto* delle indagini effettuate nelle fasi precedenti.

Gli aspetti idrogeologici sono, altresì, ben caratterizzati: si è definito l'andamento della superficie piezometrica della falda di base, che, attesa la soggiacenza oltre 24 m. dal p.c. non interferisce sulle opere a farsi, escludendosi ogni possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione.

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici dell'area, fortemente condizionati dalla litologia tabulare della sequenza ignimbratica, non si è ravvisata alcuna pregiudiziale all'intervento.

Circa la modellazione sismica del sito, alla luce delle indagini disponibili e del chiaro modello geolitologico, si è agevolmente individuata la categoria di sottosuolo e i coefficienti sismici necessari al calcolo delle strutture in presenza di azione sismica.

Infine, sempre sulla base delle indagini di riferimento e del modello geologico definito, si è ricostruito lo schema litotecnico di base per le valutazioni del Progettista.

Caserta, Marzo 2016

Il Geologo  
Dott. Domenico TROVATO



GEOFFICE.IT  
338.968.17.22

**ALLEGATI****Indagini dalla Relazione Geologica del 2014:**

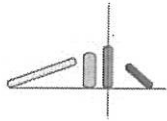
- Prove DPSH certificate (copia)

**Tomografie elettriche del dicembre 2015****Indagini del Piano di Lottizzazione del 2007:**

- Sondaggi effettuati dalla Ditta Pi.Gi. di Mario Papa
- Prove DPSH e Sisimiche a rifrazioni eseguite dallo scrivente (ex GeoLand s.a.)
- Prova Down-Hole eseguita dal Dott. Geol. B. Farina

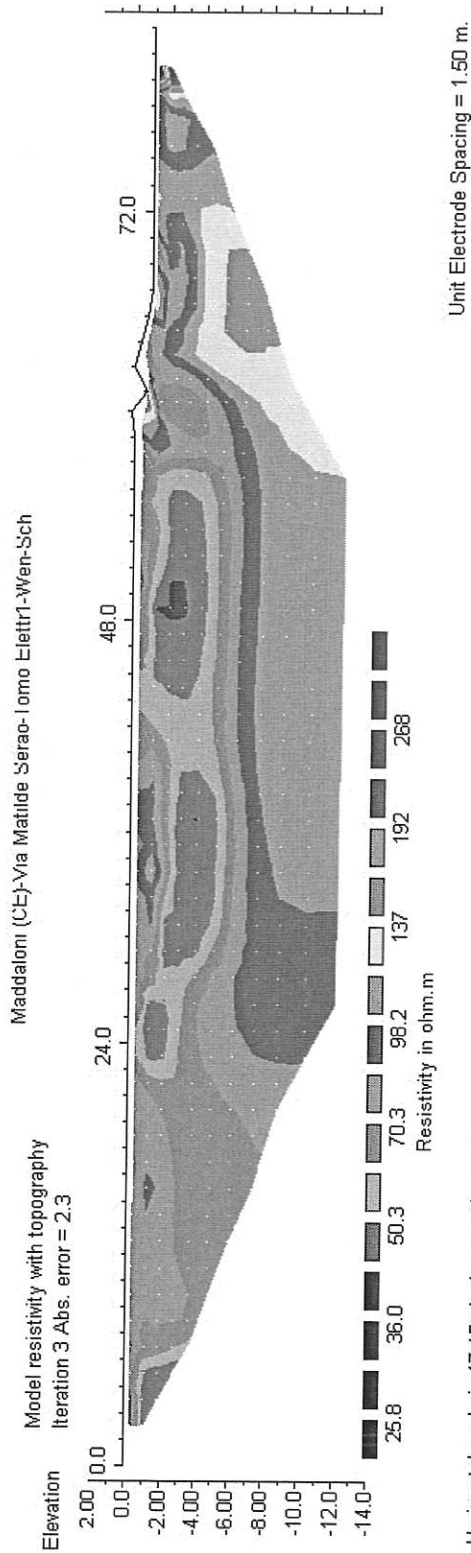




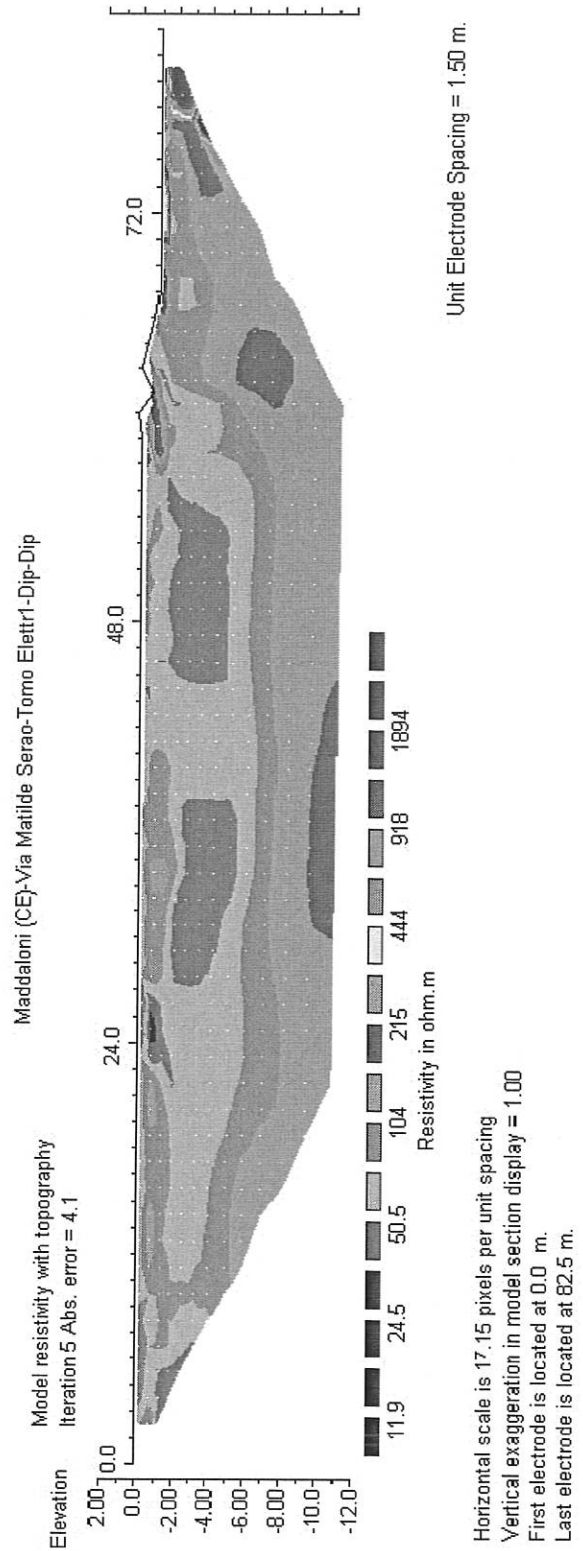


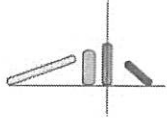
## SEZIONE BIDIMENSIONALE ELETTO-TOMOGRAFICA A-B

### CONFIGURAZIONE WENNER-SCHLUMBERGER



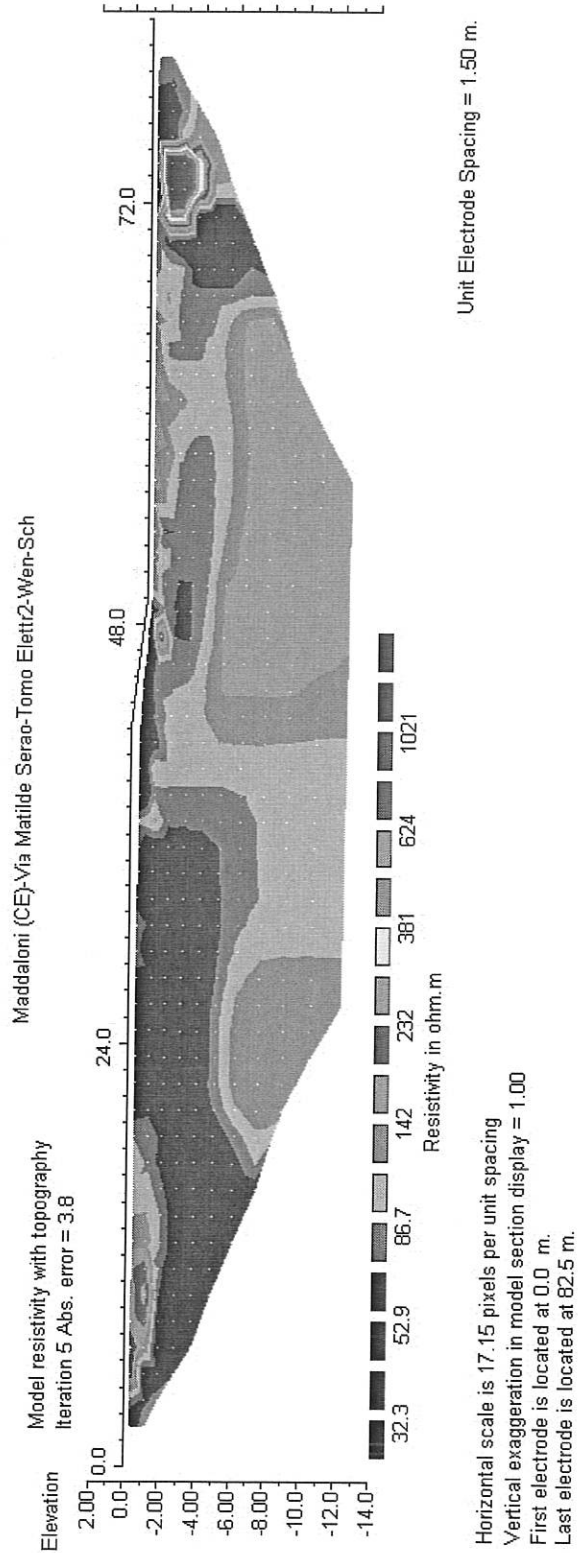
### CONFIGURAZIONE DIPOLO-DIPOLO



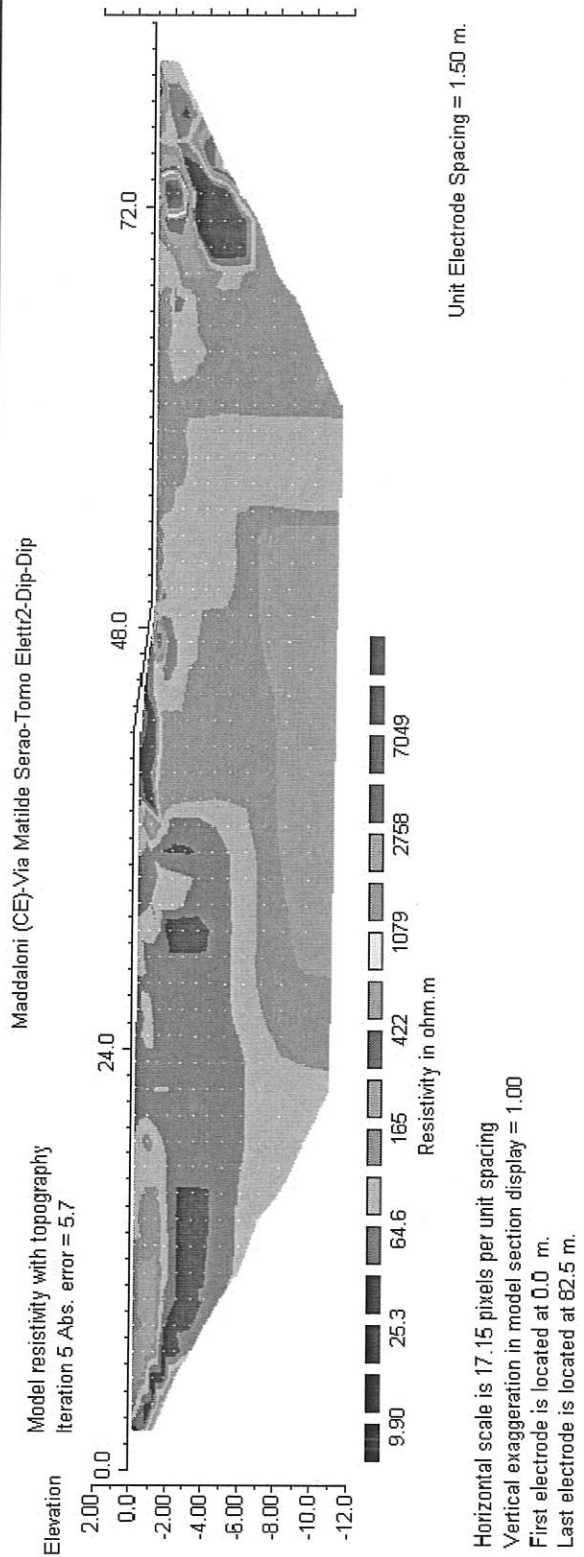


## SEZIONE BIDIMENSIONALE ELETTRO-TOMOGRAFICA C-D

### CONFIGURAZIONE WENNER-SCHLUMBERGER



### CONFIGURAZIONE DIPOLO-DIPOLO





GeoLand s.a.

Servizi per la Geologia

Sondaggio eseguito da **PI.G.I Costruzioni**

di M. PAPA

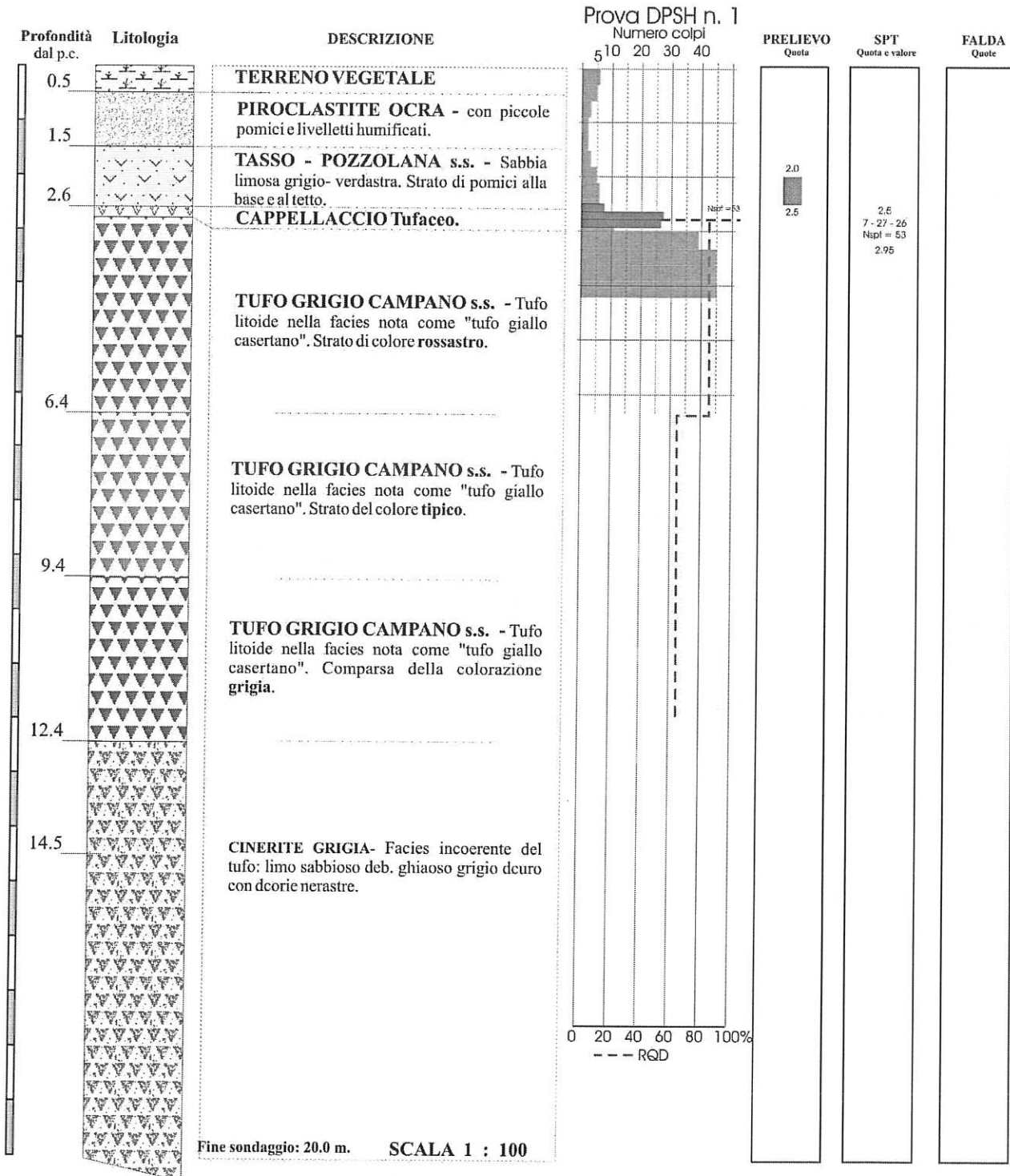
via Cav. Di Vittorio Veneto

FRATTAMINORE (NA)

Committente: **Soc. S.A.I.E. a r.l.**

Cantiere: **MADDALONI (CE) -Lottizzazione S.A.I.E - via Napoli V Trav.**

Sondaggio: **S1**





GeoLand s.a.

Servizi per la Geologia

Sondaggio eseguito da **PI.G.I Costruzioni**

di M. PAPA

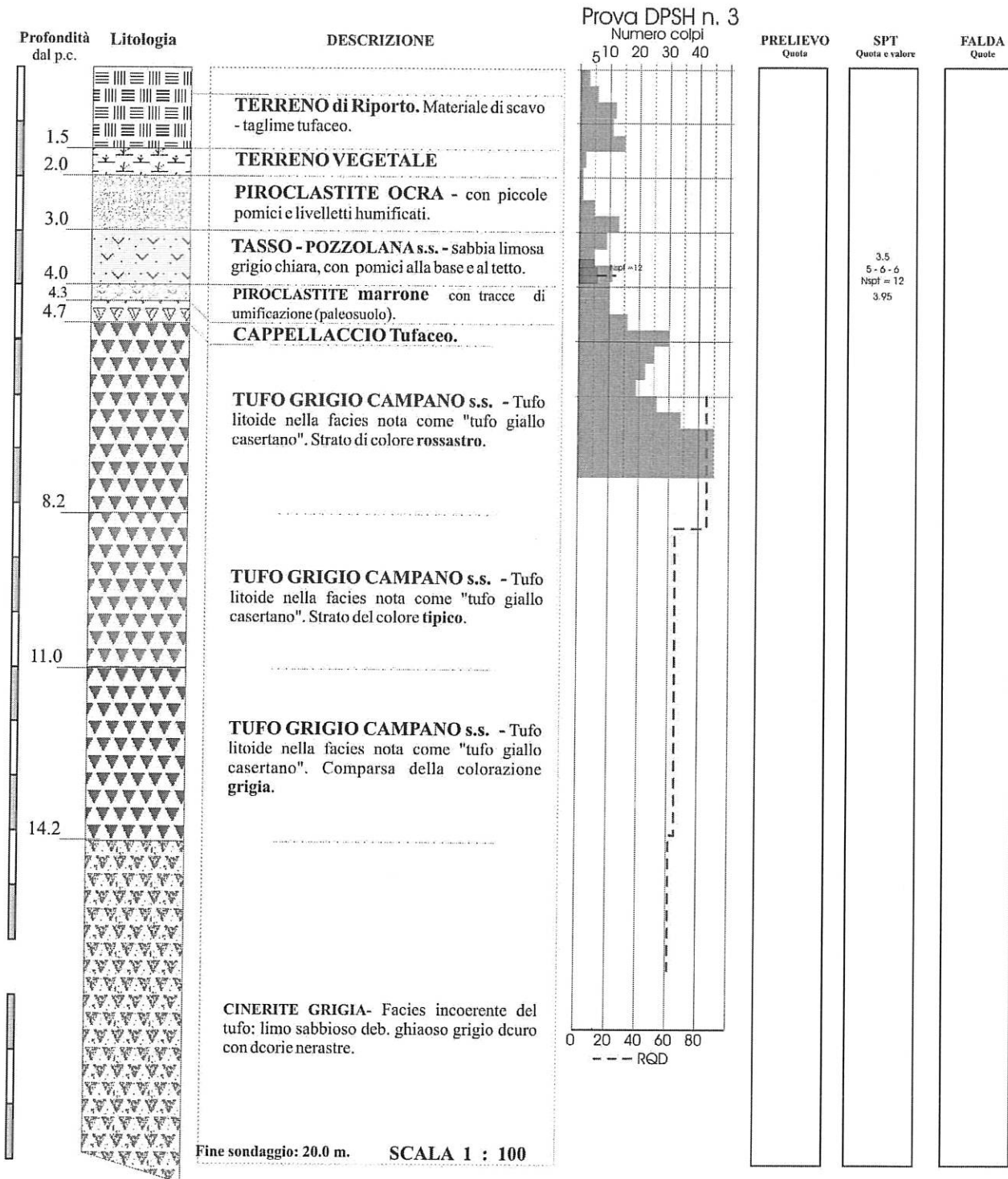
via Cav. Di Vittorio Veneto

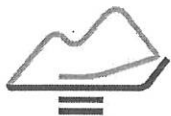
FRATTAMINORE (NA)

Committente: **Soc. S.A.I.E. a r.l.**

Cantiere: **MADDALONI (CE) -Lottizzazione S.A.I.E - via Napoli V Trav.**

Sondaggio: **S2**





Geoland s.a.

Servizi per la Geologia

Sondaggio eseguito da **P.I.G.I Costruzioni**

di M. PAPA

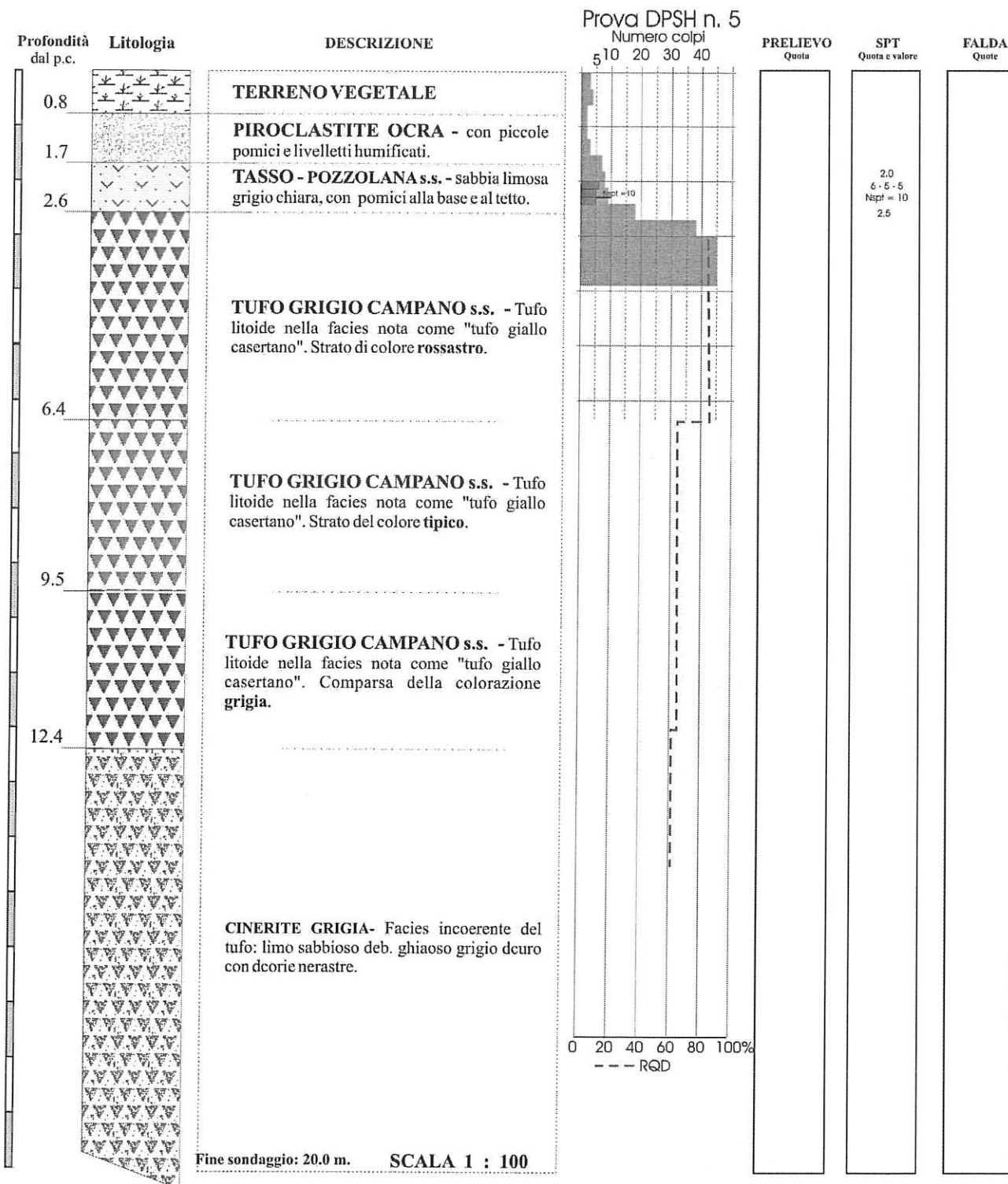
via Cav. Di Vittorio Veneto

FRATTAMINORE (NA)

Committente: **Soc. S.A.I.E. a r.l.**

Cantiere: **MADDALONI (CE) -Lottizzazione S.A.I.E - via Napoli V Trav.**

Sondaggio: **S3**

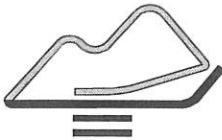


Riferimento: Committente soc. S.A.I.E. a.r.l.	Sondaggio: 1
Località: maddaloni via napoli 5° traversa	Quota:
Impresa esecutrice: P.I.G.I. Costruzioni	Data:
Coordinate:	Redattore:

Perforazione: sondaggio a carotaggio continuo

D mm	R v	A T	Pz	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	S.P.T. S.P.T.	N	ROD % 0-100	prof. m	DESCRIZIONE
													Terreni piroclastici incoerenti
			1										
			2										
			3										
			4										
			5								4.0		Banco tufaceo rossastro nei primi metri e tendente al grigio in profondità
			6										
			7										
			8										
			9										
			10										
			11										
			12										
			13										
			14								14.0		Cenerite grigia
			15										
			16										
			17										
			18										
			19										
			20										
			21										
			22										
			23										
			24										
			25										
			26										
			27										
			28										
			29										
			30										
			31										
			32										
			33										
			34										
114			35									35.0	

P.I.G.I. Costruzioni  
di PAPA MARIO  
Tel. 081 4313467



Servizi per la Geologia

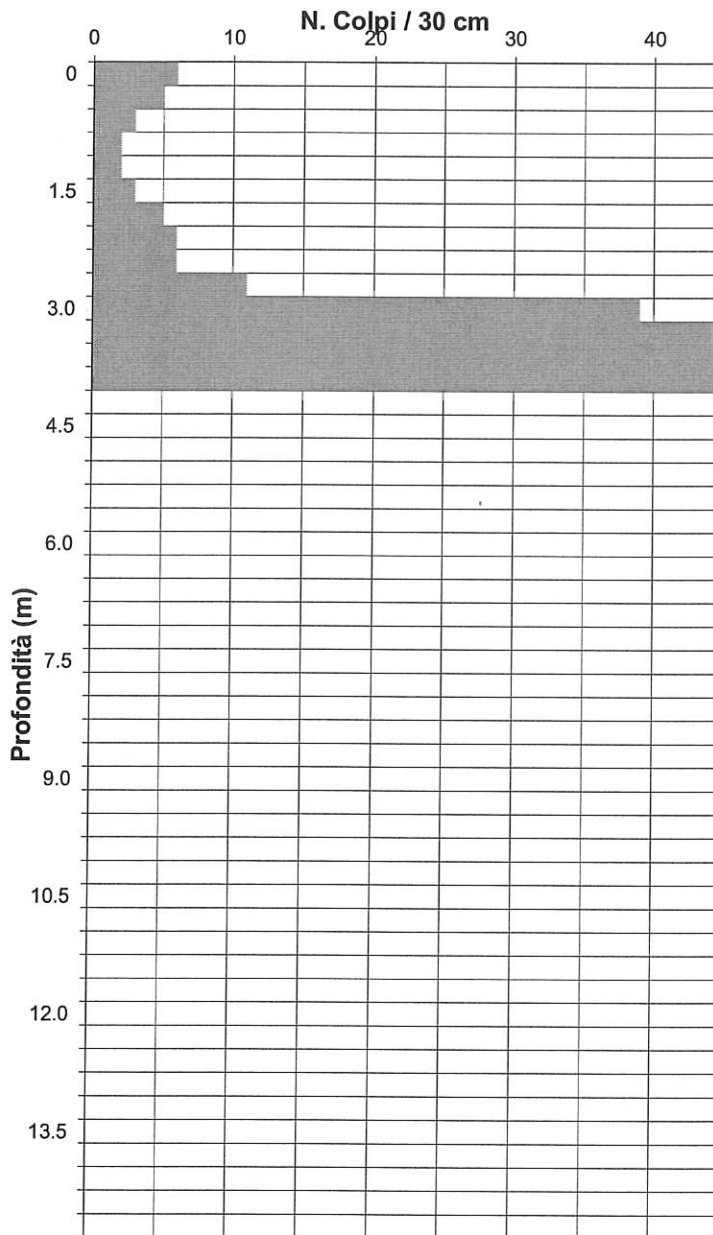
**GeoLand**

## Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante EMILIA n. 1

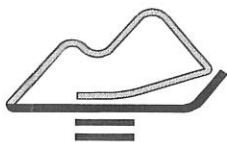
Oggetto: Lottizzazione SAIE s.r.l.

Cantiere: Maddaloni (CE) - via Napoli V Traversa

Committente: S.A.I.E s.r.l.



Penetrometro PAGANI TG 63-100. Statico-Dinamico Semovente Cingolato



Servizi per la Geologia

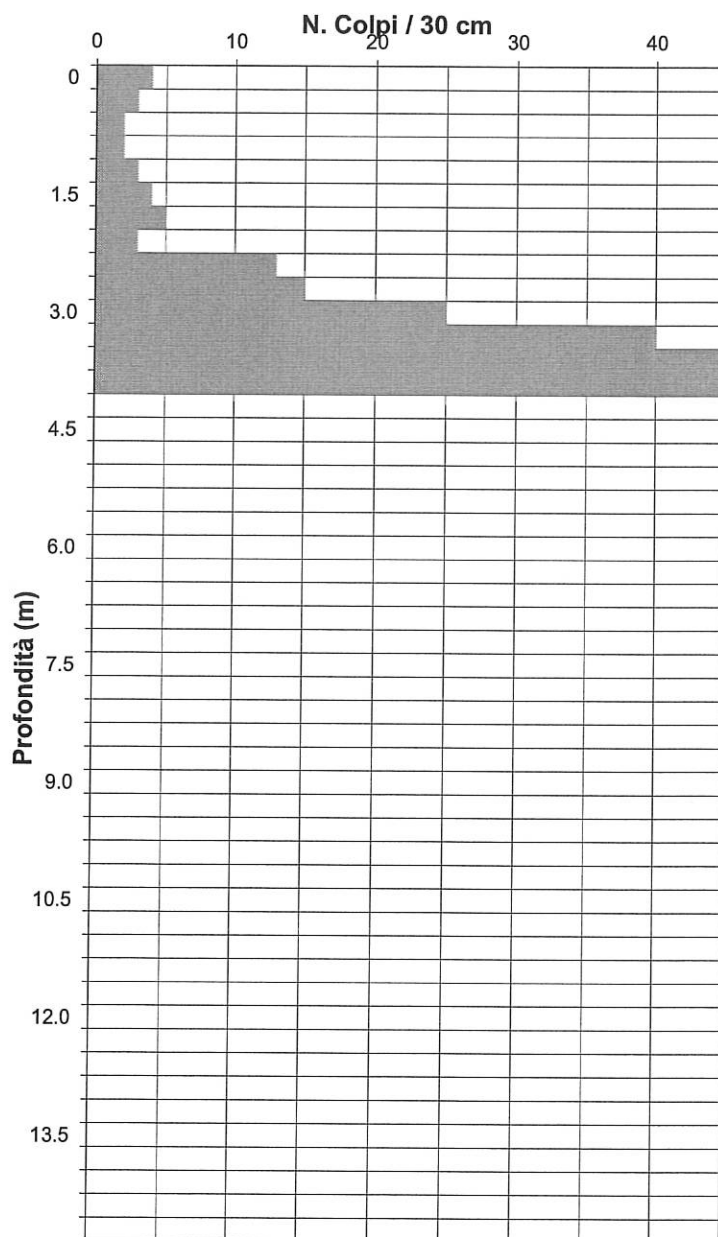
**GeoLand**

## Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante EMILIA n. 2

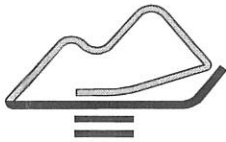
Oggetto: Lottizzazione SAIE s.r.l.

Cantiere: Maddaloni (CE) - via Napoli V Traversa

Committente: S.A.I.E s.r.l.



Penetrometro PAGANI TG 63-100. Statico-  
Dinamico Semovente Cingolato



Servizi per la Geologia

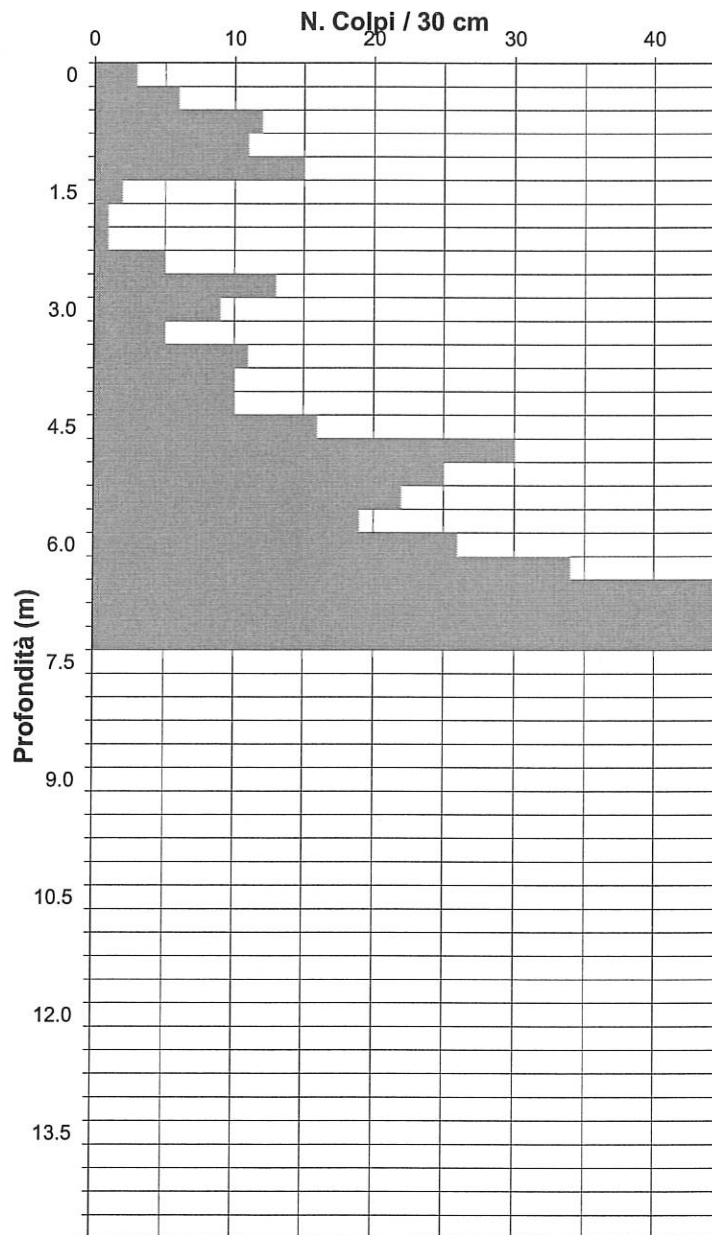
**GeoLand**

## Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante EMILIA n. 3

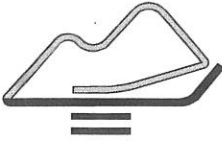
Oggetto: Lottizzazione SAIE s.r.l.

Cantiere: Maddaloni (CE) - via Napoli V Traversa

Committente: S.A.I.E s.r.l.



Penetrometro PAGANI TG 63-100. Statico-  
Dinamico Semovente Cingolato



Servizi per la Geologia

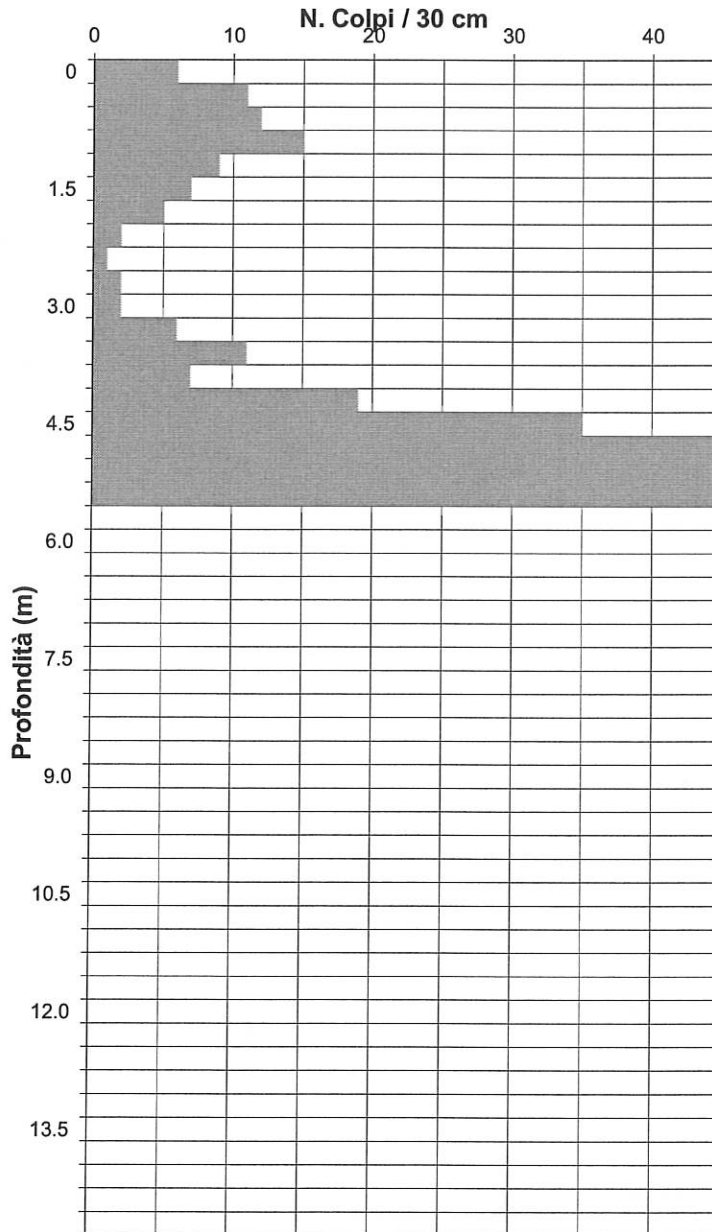
**GeoLand**

## Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante EMILIA n. 4

Oggetto: Lottizzazione SAIE s.r.l.

Cantiere: Maddaloni (CE) - via Napoli V Traversa

Committente: S.A.I.E s.r.l.



Penetrometro PAGANI TG 63-100. Statico-Dinamico Semovente Cingolato



Servizi per la Geologia

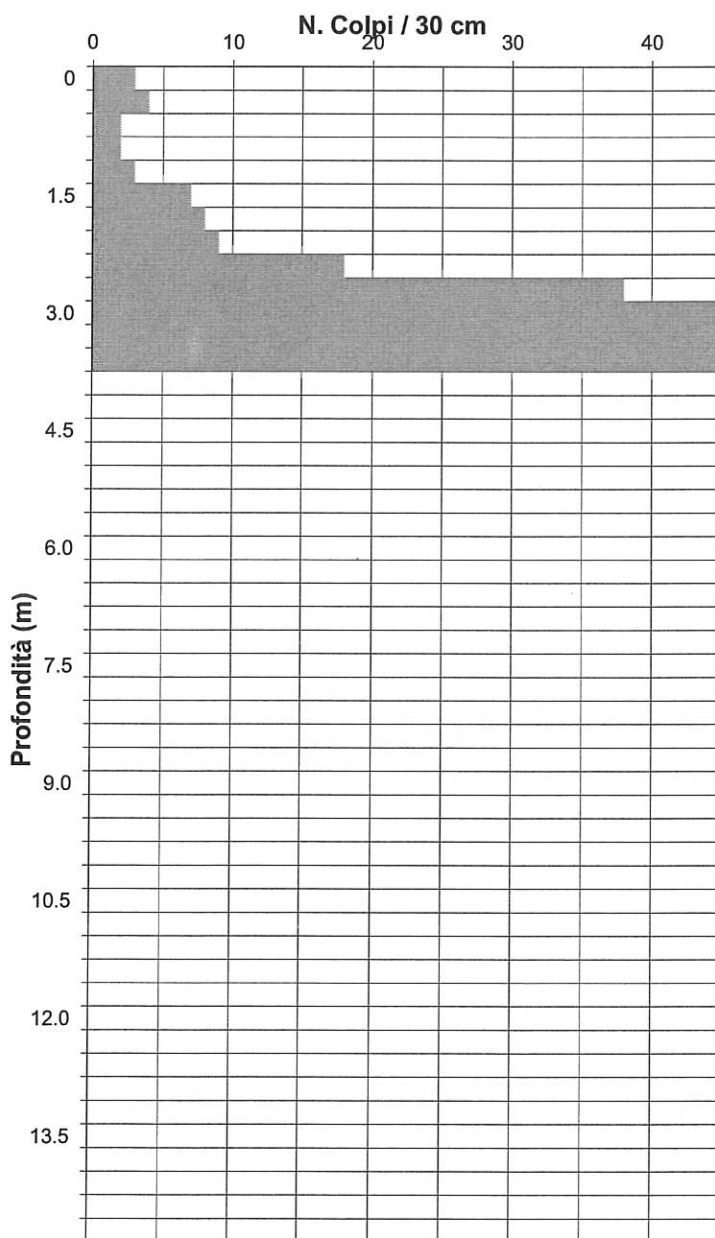
**GeoLand**

## Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante EMILIA n. 5

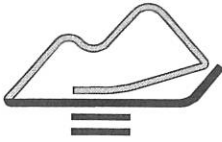
Oggetto: Lottizzazione SAIE s.r.l.

Cantiere: Maddaloni (CE) - via Napoli V Traversa

Committente: S.A.I.E s.r.l.



Penetrometro PAGANI TG 63-100. Statico-Dinamico Semovente Cingolato



Servizi per la Geologia

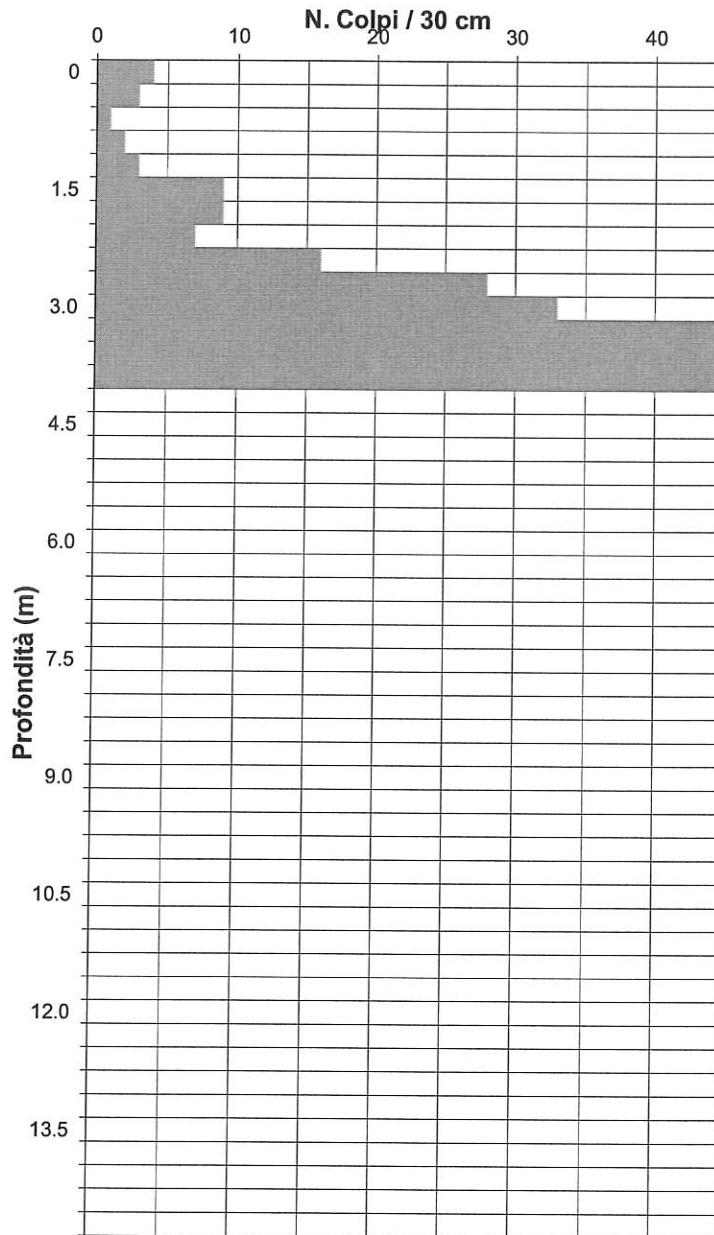
**GeoLand**

## Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante EMILIA n. 6

Oggetto: Lottizzazione SAIE s.r.l.

Cantiere: Maddaloni (CE) - via Napoli V Traversa

Committente: S.A.I.E s.r.l.



Penetrometro PAGANI TG 63-100. Statico-  
Dinamico Semovente Cingolato

## PROVA SISIMCA A RIFRAZIONE

Committente: **S.A.I.E. s.r.l.**  
 Cantiere: **Lottizzazione SAIE - via Napoli V Trav. - MADDALONI**  
 Profilo n. **1**

Carnet di Campagna					
GEOFONI	QUOTE	Distanze	T (msec)	T (msec)	Distanze
n°	m dal p.c.	da A (m)	A	B	da A (m)
<b>A</b>	0	0	0.00	0.00	55
1	0	5	19.60	19.20	50
2	0	10	30.50	29.90	40
3	0	20	38.70	39.71	30
4	0	30	47.10	47.40	20
5	0	40	55.70	55.40	10
6	0	50	69.45	62.30	5
<b>B</b>	0	55	0.00	0.00	0

Dati elaborati								
Tiro diretto				Tiro Coniugato				V <sub>reale</sub> m/s
Strato n°	V <sub>A</sub> m/s	Intercetta mS	Spessore m	Strato n°	V <sub>B</sub> m/s	Intercetta mS	Spessore m	
1	255	0.00	1.3	1	260	0.00	1.3	<b>258</b>
2	459	8.70	2.5	2	467	8.50	3.2	<b>463</b>
3	1054	19.82	-	3	1242	22.80	-	<b>1140</b>

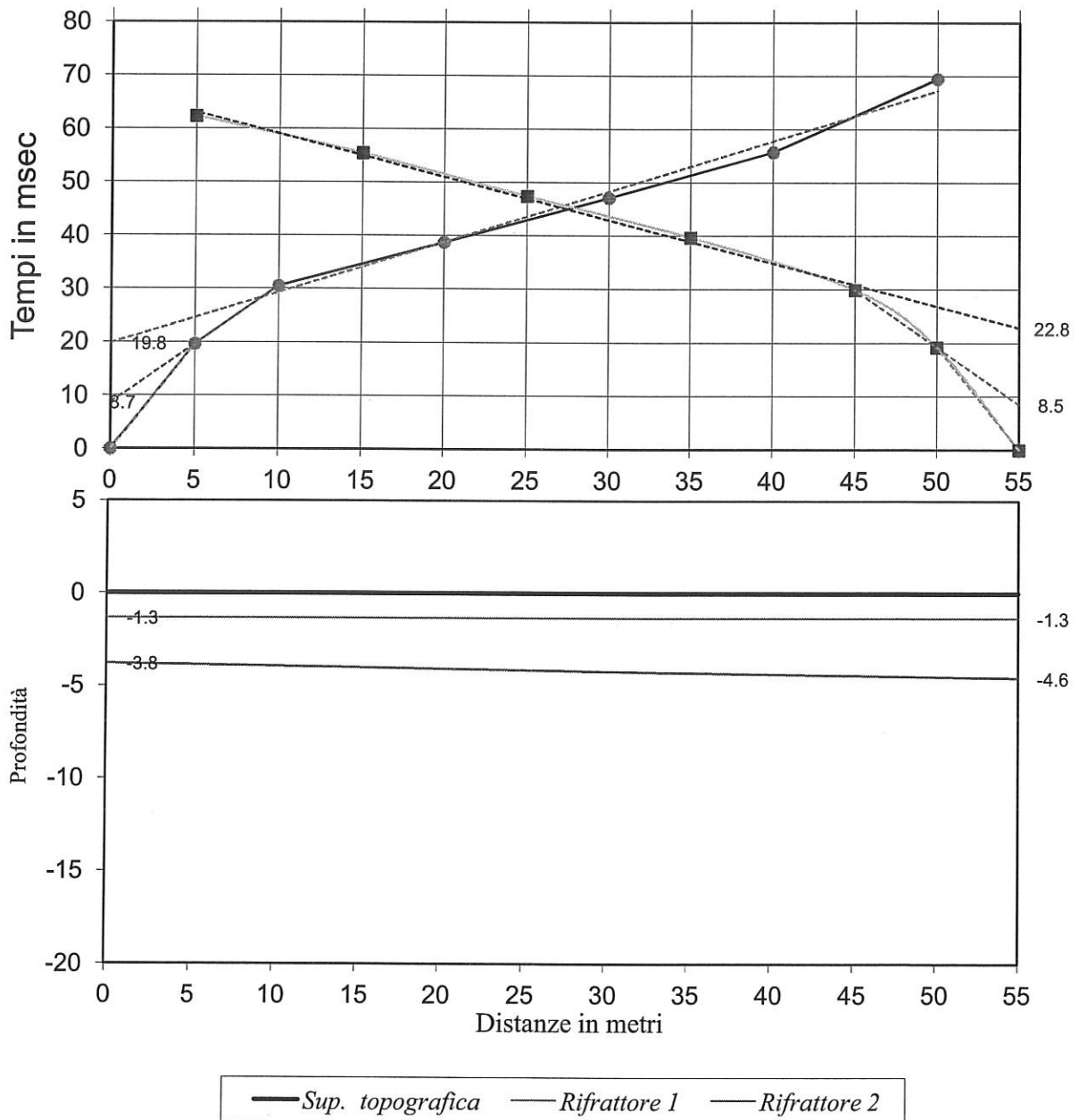
Parametri Dinamici e Microsismici								
Spessore medio m	Velocità onde V <sub>p</sub> m/s	onde V <sub>s</sub> m/s	P.Volume γ g/cmc	C. Poisson ν	Modulo Young Kg/cmq	Modulo Taglio Kg/cmq	Modulo Compr. Kg/cmq	Rigidità specific Vs <sub>xg</sub>
1.33	258	127	1.40	0.34	617	230	642	178
2.84	463	222	1.35	0.35	1840	681	2044	300
-	1140	548	1.30	0.35	10748	3981	11942	712



servizi per la Geologia

Committente: **S.A.I.E. s.r.l.**  
Cantiere: **Lottizzazione SAIE - via Napoli V Trav. - MADDALONI**  
Profilo n. **1**

## DROMOCRONE





servizi per la Geologia

## PROVA SISIMCA A RIFRAZIONE

Committente: **S.A.I.E. s.r.l.**

Cantiere: **Lottizzazione SAIE - via Napoli V Trav. - MADDALONI**

Profilo n. **2**

Carnet di Campagna					
GEOFONI n°	QUOTE m dal p.c.	Distanze da A (m)	T (msec)		Distanze da A (m)
			A	B	
<b>A</b>	0	0	0.00	0.00	55
1	0	5	16.50	18.80	50
2	0	10	28.20	32.20	40
3	0	20	39.60	44.90	30
4	0	30	49.10	53.70	20
5	0	40	57.60	61.60	10
6	0	50	67.30	70.60	5
<b>B</b>	0	55	0.00	0.00	0

Dati elaborati								
Tiro diretto				Tiro Coniugato				V <sub>reale</sub> m/s
Strato n°	V <sub>A</sub> m/s	Intercetta mS	Spessore m	Strato n°	V <sub>B</sub> m/s	Intercetta mS	Spessore m	
1	303	0.00	2.3	1	311	0.00	4.0	<b>307</b>
2	889	14.58	-	2	1070	24.55	-	<b>971</b>
-	-	-	-	-	-	-	-	-

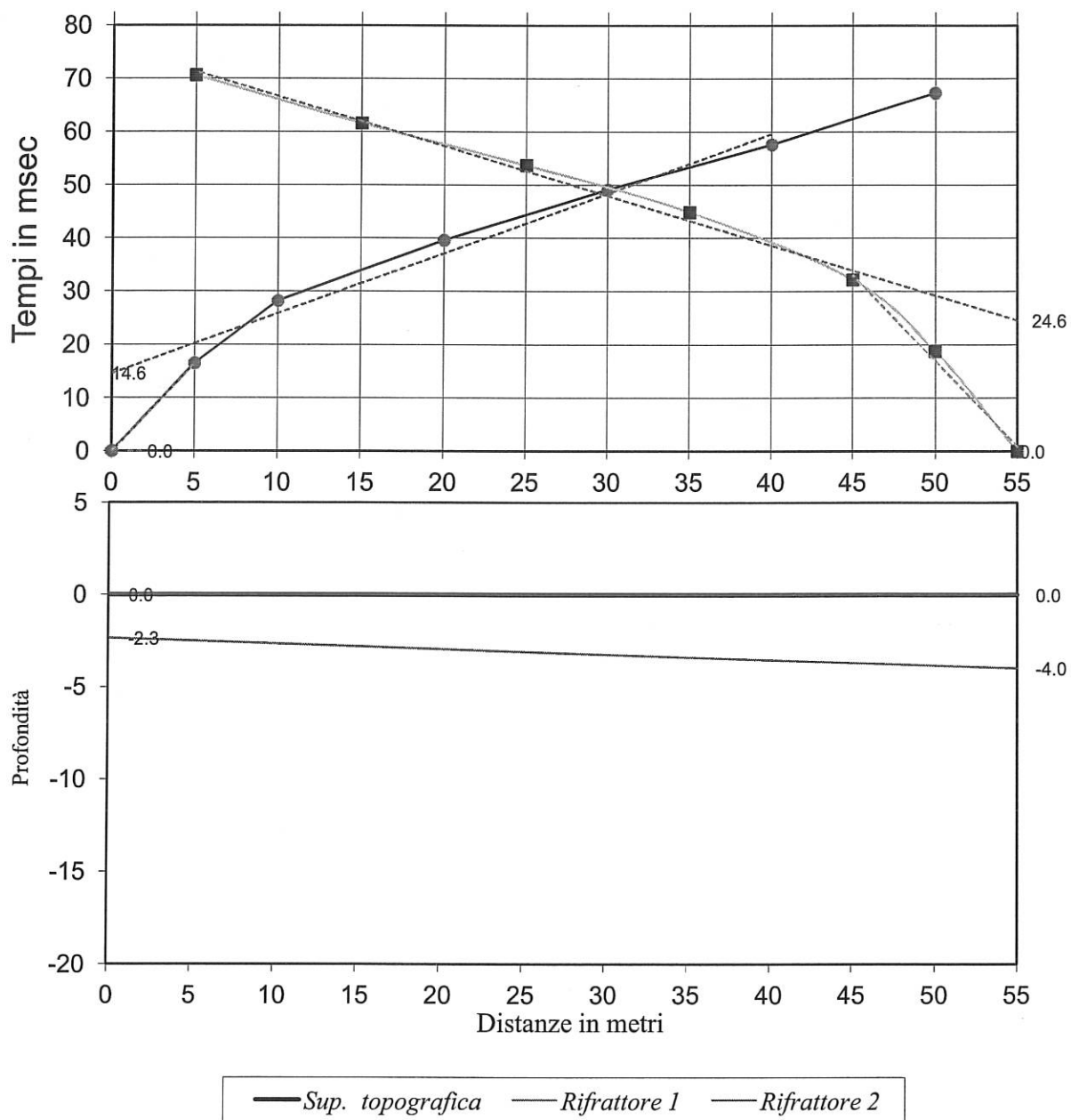
Parametri Dinamici e Microsismici								
Spessore medio m	Velocità V <sub>p</sub> m/s	onde V <sub>s</sub> m/s	P.Volume γ g/cm <sup>3</sup>	C. Poisson ν	Modulo Young Kg/cm <sup>2</sup>	Modulo Taglio Kg/cm <sup>2</sup>	Modulo Compr. Kg/cm <sup>2</sup>	Rigidità specific V <sub>sxg</sub>
3.17	307	151	1.40	0.34	873	326	910	211
-	971	466	1.35	0.35	8090	2996	8989	630
-	-	-	-	-	-	-	-	-



servizi per la Geologia

Committente: S.A.I.E. s.r.l.  
Cantiere: Lottizzazione SAIE - via Napoli V Trav. - MADDALONI  
Profilo n. 2

## DROMOCRONE



Dott. Farina Bruno  
 via Caerta - Pal. dei Pini  
 81020 San Nicola La Strada  
 Iscr. C.C.I.A.A. di Caserta n. 225422

## PROVA SISMICA DOWN - HOLE

<b>COMMITTENTE</b>	Dott. Geol. Domenico Trovato								
<b>CANTIERE</b>	Lottizzazione S.A.I.E. s.r.l. Maddaloni								
<b>DATA</b>	23.06.07								
<b>FORO N°</b>	S1								
<b>BATTUTA (mt)</b>	2,00								
Profondità dal p.c. in mt	Onde P		Onde S		Coefficien. di Poisson	Modulo di Young Kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di Taglio Kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di Incompres Kg/cm <sup>2</sup>	γ g/cm <sup>3</sup>
	Tempi in msec	Velocità in m/sec	Tempi in msec	Velocità in m/sec					
2	12,8	221	36,1	78	0,428	250	88	581	1,40
4	15,4	423	42,8	157	0,421	997	351	2093	1,40
6	16,8	924	46,2	361	0,410	4858	1724	9035	1,30
8	18,1	1233	49,2	513	0,396	9718	3485	15529	1,30
10	19,5	1281	52,4	548	0,388	11037	3980	16449	1,30
12	20,8	1433	55,3	632	0,379	14596	5296	20178	1,30
14	22,1	1470	58,2	652	0,377	15520	5639	21132	1,30
16	23,5	1388	61,5	587	0,391	13661	4914	20980	1,40
18	25,0	1352	64,8	592	0,381	13818	5006	19453	1,40
20	26,6	1234	68,2	573	0,362	12786	4698	15488	1,40
22	28,1	1277	71,9	546	0,388	11808	4258	17614	1,40
24	29,8	1182	75,4	558	0,357	13775	5082	16021	1,60
26	31,4	1227	78,9	562	0,367	14091	5159	17690	1,60
28	33,0	1283	82,3	589	0,366	15482	5672	19316	1,60
30	34,6	1207	86,1	524	0,384	12385	4479	17810	1,60
32	36,2	1245	90,4	462	0,420	9907	3492	20660	1,60
34	37,9	1187	94,1	537	0,371	12904	4710	16718	1,60

Dott. Farina Bruno  
 via Caerta - Pal. dei Pini  
 81020 San Nicola La Strada  
 Iscr. C.C.I.A.A. di Caserta n. 225422

<b>COMMITTENTE</b>	Dott. Geol. Domenico Trovato
<b>CANTIERE</b>	Lottizzazione S.A.I.E. s.r.l. Maddaloni
<b>FORO N°</b>	S1

