



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali



AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514  
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA  
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO  
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

LOTTO 2  
GEOLOGIA E GEOTECNICA  
Piano indagini - indagini geognostiche  
Prove pressiometriche

Il Progettista

Responsabile di progetto ed  
incaricato delle integrazioni tra  
le varie prestazioni:



Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H

Supporto specialistico

Ottimizzazione della cantierizzazione  
delle opere



Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

Consulenze specialistiche

Geologo:

Dott. Geologo Fabio Melchiorri  
Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663

Geotecnica e opere d'arte minori:

Ing. Antonio Alparone



Opere d'arte principali:

Viadotti  
Ing. G. Mondello



Gallerie  
Ing. G. Guiducci



Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:

Ecosistemi e  
paesaggio



Rumore,  
vibrazioni  
ed atmosfera



RIFERIMENTO ELABORATO

FASE	TR/LT	DISCIPLINA/OPERA	DOC	PROGR.	ST.REV.	FOGLIO
D01	T1L2	GG010	1	RZ	003	0A

DATA

GENNAIO '17

SCALA

-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione	Sondedile	Salucci	Monaco

IL RESPONSABILE  
DEL  
PROCEDIMENTO

IL CONCESSIONARIO

SARC SRL



L'ENTITA' COSTRUTTRICE

VISTO PER ACCETTAZIONE



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)

ITALY

Tel: +39 0861 411432

Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sondedile.com](mailto:info@sondedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo

P.IVA e C.F.: 00075830679

Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



# **SILEC S.P.A**

**SERVIZI DI INGEGNERIA CONNESSI ALLA  
PROGETTAZIONE DEL COLLEGAMENTO VIARIO  
COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S.514 "DI  
CHIARAMONTE" CON LA S.S.115 E LO SVINCOLO DELLA  
S.S.194 "RAGUSANA" CON LA S.S.114**

**PRESSIONOMETRICHE E  
DILATOMETRICHE**

**Lotto 2**



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sondedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432

Fax: +39 0861 411442

[www.sondedile.com](http://www.sondedile.com)

[info@sondedile.com](mailto:info@sondedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo

P.IVA e C.F.: 00075830679

Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



## INDICE

PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE.....	3
STRUMENTAZIONE.....	4
PREPARAZIONE DEL FORO PER PROVA PRESSIOMETRICA.....	5
NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
MODALITA' OPERATIVA .....	8
INTERPRETAZIONE TEORICO SPERIMENTALE DEI RISULTATI.....	9
SOFTWARE.....	13
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	14

## ALLEGATI

- Certificati prove Pressiometriche;



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com  
info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche , riguardanti **SERVIZI DI INGEGNERIA CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DEL COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S.514 "DI CHIARAMONTE" CON LA S.S.115 E LO SVINCOLO DELLA S.S.194 "RAGUSANA" CON LA S.S.114** sono state effettuate **n°24** prove Pressiometriche per la caratterizzazione geotecnica dei materiali e **n°1** prove Dilatometrica eseguita nella prova n°3 del sondaggio **S108**, per la caratterizzazione geomeccanica.

In allegato si riportano i certificati di ogni singola prova e di seguito la tabella con la distribuzione delle prove eseguite nell'ambito dei 16 sondaggi eseguiti nel **lotto 2** :

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m)	PROVA PRESSIOMETRICA E/O DILATOMETRICA (n)
49	20.00	1
64	20.00	1

Tali prove sono state eseguite in tasche appositamente predisposte:

- del diametro di 66mm (prove MPT)
- del diametro di 101 mm (prove DRT).



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)  
[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## STRUMENTAZIONE

La campagna di prove in sito è stata eseguita mediante l'impiego della seguente strumentazione:

Dilatometro cilindrico volumetrico: GEODV 01 tipo CSM (Colorado school of Mine) volumetrico da 100 bar dotato di lettura delle pressioni e deformazioni volumetriche in alta sensibilità (0,01 cmc) in modo analogico/digitale, trasmissione delle pressione mediante cavi ad alta pressione, produzione 2001.

Dilatometro cilindrico con sensori radiali: Roctest Telemac DMP-02/95 matricola 21F07 produzione 2007 con misura degli spostamenti radiali a mezzo n. 3 LVD disposti a 120 ° (sensibilità 1 , errore strumentale  $\pm 5$  uno dall'altro e su piani diversi montati a guaina flessibile lunga 1 m, centralina ad acquisizione digitale dei dati dilaroc n. 28D03 e cavi ad alta pressione.

Pressiometro da terra Apageo: Segelm matricola 573\_ produzione dicembre 1998 da 60 bar di lettura delle deformazioni in sensibilità normale (1-5 cmc) Sonde pressiometrica: monocellulare ad alta resistenza diam 76 – 95 mm e tricellulare, dotata di guaina esterna rinforzata Carotiere: tipo semplice o doppio corona a prismi di widia ad alta resistenza

Energizzatore: bombola di azoto compresso a 300 bar



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## PREPARAZIONE DEL FORO PER PROVA PRESSIOMETRICA

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova è stata eseguita con tutti i possibili.

La perforazione del foro, nel caso di terreni, ha preceduto direttamente la prova, che è stata eseguita appena terminata la manovra di perforazione; per l'esecuzione della stessa è stato utilizzato un carotiere del diametro di 66 mm.

Durante esecuzione della tasca di prova, si è provveduto ad evitare inoltre le seguenti possibili cause di disturbo del terreno:

- compressione del terreno ad opera dell'utensile di perforazione o durante l'introduzione della sonda;
- perturbazione meccanica dovuta alla rotazione, alla percussione, alle vibrazioni od ai movimenti verticali dell'utensile;
- rammollimento od erosione ad opera dell'eventuale fluido di perforazione;
- decomposizione per rifluimento o rigonfiamento del terreno.

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per la esecuzione delle prove dilatometriche/pressiometriche si è fatto riferimento ai seguenti standard operativi:

- ISRM 1987 – (suggested method for determining deformability with flexible dilatometer with volume change measurements )
- ISRM 1987 – (suggested method for determining deformability with flexible dilatometer with radial displacement change measurements )
- Norme Francaise P 94-110 Juillet 1991
- “Prescrizioni tecniche” SILEC S.p.A.



#### D.4 Pression limite pressiométrique

C'est par convention la pression qui entraîne le doublement du volume de la cellule centrale de mesure. Cela correspond à un volume de liquide injecté :  $V = V_s + 2 V_1$ . Elle s'exprime en kilopascals ou mégapascals.

Lorsque, au cours d'un essai d'expansion de la sonde pressiométrique, le volume de liquide injecté  $V$  est insuffisant pour provoquer le doublement du volume de la cellule centrale de mesure, la pression limite est calculée en respectant les règles ci-après :

— si le nombre de paliers de pression au delà de la pression  $p_1$  (définie en D.3) est inférieur ou égal à 2, alors :

$$p_l = 1,7 p_1 - 0,7 \sigma_{HS} \approx 1,7 (P_F) + 545$$

avec :

$\sigma_{HS}$  défini au paragraphe 4.2.2.

Cette expression résulte de la corrélation expérimentale :

$$p_l^* = 1,7 p_1^*$$

$$1,7 P_F - 0,7 \sigma_{HS} = 1,7 P_F - 0,7 \sigma_{HS}$$

— si le nombre de paliers de pression au delà de la pression  $p_2$  est supérieur à 2, la courbe pressiométrique est extrapolée à partir du couple de valeurs  $(p_2, V_2)$  suivant la loi :

$$Y = Ap + B$$

avec :

$$Y = V^{-1}$$

A et B : coefficients obtenus par la méthode «des moindres carrés» sur les valeurs expérimentales  $(Y, p)$

Par convention, la pression limite est la valeur la plus faible des deux pressions suivantes :

$$p_l = - B/A + 1/ [A (V_s + 2 V_1)]$$

et

$$p_l = 1,7 p_1 - 0,7 \sigma_{HS}$$

En l'absence de données sur le sol, on adopte conventionnellement :

— un poids volumique  $\gamma$  de  $18 \text{ kN/m}^3$ ,

— une valeur de 0,5 pour le coefficient  $K_0$  de pression des terres au repos (voir paragraphe 4.2.1).

La pression limite nette est calculée à partir de :

$$p_l^* = p_l - \sigma_{HS}$$

avec :

$\sigma_{HS}$  défini au paragraphe 4.2.2.

#### D.5 Vérification des valeurs des caractéristiques pressiométriques

Bien que la fourniture de la courbe pressiométrique corrigée ne soit à produire qu'en annexe du procès-verbal et que sur demande, il est obligatoire avant d'établir le procès-verbal de visualiser et de confronter les valeurs calculées  $p_1 - p_2 - p_1 - p_1$  à la courbe corrigée afin de déceler toute erreur et toute extrapolation abusive.



NF P 94-110

8

$V_s$	Volume initial conventionnel de la cellule centrale de mesure
$z$	Cote altimétrique, comptée positivement vers le haut à partir d'un plan de référence
$z_c$	Cote altimétrique de prise de pression
$z_s$	Cote altimétrique de l'essai
$z_w$	Cote altimétrique de la nappe
$\beta$	Coefficient d'incertitude
$\gamma$	Poids volumique du sol
$\gamma_i$	Poids volumique du liquide injecté dans la cellule centrale de mesure
$\gamma_w$	Poids volumique de l'eau
$\delta p$	Incertitude sur la mesure de la pression
$\delta t$	Durée de passage d'un palier de pression au palier consécutif
$\delta V$	Incertitude sur la mesure du volume injecté
$\Delta p$	Pas de pression
$\Delta t$	Durée d'application d'un palier de pression
$\Delta V^{60/30}$	Variation de volume injecté entre 30 et 60 s au cours d'un même palier de pression
$\sigma_{vs}$	Contrainte totale verticale au niveau d'essai
$\sigma_{HS}$	Contrainte totale horizontale au niveau d'essai

#### 4.2.2 Contraintes dans le sol au repos avant essai (figure 3)

- $\sigma_{vs}$  : contrainte totale verticale au niveau de l'essai,  
 $\sigma_{HS}$  : contrainte totale horizontale au niveau de l'essai prise égale à :

$$\sigma_{HS} = K_o (\sigma_{vs} - u_s) + u_s$$

où :

$$u_s = \gamma_w (z_w - z_s) \text{ pour } z_w > z_s$$

- $u_s$  : pression interstitielle au niveau de l'essai,  
 $K_o$  : coefficient de pression des terres au repos,  
 $z_s$  : cote altimétrique du niveau d'essai,  
 $z_w$  : cote altimétrique du niveau de la nappe,  
 $\gamma_w$  : poids volumique de l'eau interstitielle.

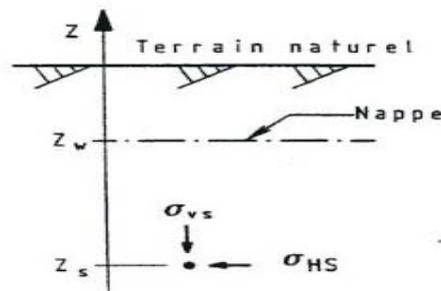


Figure 3 — Contraintes dans le sol avant essai



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sondedile.com](mailto:info@sondedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
P.IVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## MODALITA' OPERATIVA

La prova pressiométrica MPM (e dilatométrica DRT) consiste nella immissione in foro di sondaggio di una sonda cilindrica tricellulare (MPM) / monocellulare (DRT) dilatabile collegata ad un controllore pressione - volume posto in superficie e collegato al sistema di energizzazione rappresentato da una bombola di azoto a 200 bar. La deformazione del tratto di terreno sottoposto a prova viene ottenuta immettendo un liquido in pressione all'interno della cella di misura posta nella zona mediana della sonda pressiométrica, ovvero di azoto nella camera dilatométrica; essa, durante la prova, si comporta come una cavità cilindrica in espansione la cui geometria è correttamente mantenuta dalle opportune pressioni applicate alle celle di guardia, poste superiormente ed inferiormente alla stessa cella di misura. In tal modo si ottiene un tensore degli sforzi piano con sforzo principale orientato orizzontalmente, il cui valore, viene misurato in superficie mediante manometri di precisione a scale differenziate nonché corretto in funzione delle inerzie proprie del sistema di espansione e della profondità dell'eventuale acqua presente nel foro all'atto della prova. La rilevazione della deformazione del terreno viene eseguita direttamente in superficie mediante sistema volumetrico dotato di sensibilità normale (MPM) od in alta precisione (DRT) ovvero da n. 3 sensori radiali di tipo LVDT (DRT) posti nel settore centrale della sonda; tale meccanismo si rende necessario in funzione delle diverse tipologie di prova (prova su terreno o prova su roccia), ed il valore ricavato viene successivamente depurato della dilatabilità propria dei tubi di immissione. Applicando una serie di gradini di pressione, mantenuti costanti per determinati intervalli di tempo (stress controlled), e, rilevandone conseguentemente la deformazione, si ottiene una curva sforzo - deformazione in sito. Durante il corso delle prove pressiométriche/dilatométriche effettuate si è proceduto ad eseguire uno (MPM) o tre (DRT) cicli di scarico-ricarico a partire approssimativamente dal limite superiore del campo pseudoelastico (MPM) ovvero nel tratto pseudoelastico (DRT), al fine di determinare il modulo di elasticità di Young dalla pendenza media del ciclo stesso ovvero dal tratto di ricarica (MPM) o scarico (DRT). Di particolare importanza per l'esecuzione di



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)  
[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



una corretta modalità di prova è l'esecuzione del foro che è avvenuta secondo tecnologie diversificate in funzione della litologia e sotto la diretta supervisione del tecnico strumentista: in tal modo è possibile effettuare prove pressiometriche/dilatometriche con estrema versatilità, dai terreni poco consistenti sino alle rocce compatte.

## INTERPRETAZIONE TEORICO SPERIMENTALE DEI RISULTATI

I principi teorici interpretativi sui quali si fonda l'analisi delle risultanze della prova dilatometrica sono riconducibili alla espansione di una cavità cilindrica secondo le seguenti assunzioni:

- mezzo omogeneo - ortotropo di dimensioni illimitate;
- espansione della cavità secondo simmetria assiale coincidente con l'asse del foro e deformazione piana;
- espansione di tipo quasi statico con incrementi e decrementi di pressione sufficientemente lenti da rendere trascurabili gli effetti delle forze di inerzia;
- comportamento del mezzo secondo una legge elasto - plastico lineare.

Gli elementi che influenzano una prova dilatometrica sono i seguenti:

- volume di roccia interessato (effetto scala)
- pressioni massime elevate (caso di rocce compatte)
- intervallo di deformazione possibilità di studio della anisotropia del litotipo ( orientazione della fatturazione)
- determinazione della deformabilità reale in sito mediante l'applicazione di opportune procedure operative (vedi cap. prec.)

I parametri ottenibili dall'analisi della curva dilatometrica sono i seguenti:



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)  
[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## **Po) PRESSIONE INIZIALE Po**

La Pressione iniziale Po viene determinata in corrispondenza del limite inferiore del campo pseudoelastico (tratto subrettilineo di prima compressione della curva dilatometrica), può o meno corrispondere alla tensione totale tangenziale in sito, poiché a seguito del preforo il litotipo si trova in condizioni di trazione a comportamento più o meno elastico in funzione della intensità del disturbo arrecato dalla perforazione.

## **E) MODULO DI ELASTICITA' Ey**

Il modulo reversibile di elasticità o di Young è dato dalla relazione di Lamè applicata ad una cavità cilindrica in espansione:

$$E = (1+\nu) P/d$$

con:

- $\nu$ : coefficiente di Poisson del materiale (sovente uguale a 0,25 – 0,30);
- $\phi$ : diametro del foro (mm);
- P : pressione (Mpa);
- D : deformazione diametrale (mm).

Il modulo è calcolato per ciascun ciclo nel tratto di scarico significativo nel seguente modo:

$$E = (1+\nu) \phi (P_{imax} - P_{imin}) / (d_{imax} - d_{imin})$$

con:

- $P_{imax} - P_{imin}$  : pressione massima e minima del tratto considerato;
- $d_{imax} - d_{imin}$  : deformazione massima e minima del tratto considerato;

Tali valori sono calcolati per interpolazione dai dati sperimentali mediante procedure statistiche matematiche.



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com  
info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo  
P.IVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



## T) MODULO DI DEFORMABILITA' TI

Analogamente ad E viene calcolato sulla curva di prima ricomprensione tra la pressione massima di un ciclo  $P_i$  (deformazione =  $x_i$ ) e la pressione massima raggiunta nel ciclo precedente  $P_{i-1}$  (deformazione =  $x_{i-1}$ ) secondo la seguente relazione:

$$T_i = (1 + \frac{P_i - P_{i-1}}{x_i - x_{i-1}})$$

## EG) MODULO DI DEFORMABILITA' GLOBALE EG

Tale modulo corrisponde alla pendenza media dello sviluppo della curva sperimentale di prima ricomprensione da  $P_o$ ,  $D_o$  sino a  $P_f$ ,  $D_f$  (limiti del campo pseudoelastico investigato)

## PL) PRESSIONE LIMITE PI

Corrisponde allo stato di equilibrio limite indifferente con deformazioni infinite, per convenzione al valore della pressione relativo ad una dilatazione della sonda pressiometrica uguale al raddoppio della cavità dopo l'inizio della fase pseudoelastica.

Da cui:  $P_l = f(V_{lim})$

$$P'_l \text{ (Pressione limite netta)} = P_l - P_o \text{ (pressione iniziale campo pseudoelastico)}$$

Con:

$$V_{lim} = v_o + (v_o + V_o)$$

$v_o$  = volume di ricomprensione iniziale

$V_o$  = volume proprio della sonda a riposo

La determinazione della pressione limite è stata qui eseguita in funzione del grado di deformazione raggiunto in base alle seguenti metodiche:

- metodo dell'extrapolazione diretta dalla curva pressiometrica;
- metodo dell'extrapolazione dall'inverso del volume iniettato (Van Wambecke e d'Henricourt, 1971).

I parametri riportati di seguito sono stimati e derivano dalla applicazione delle correlazioni internazionali più accreditate che andranno verificate con



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonnedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonnedile.com](http://www.sonnedile.com)  
[info@sonnedile.com](mailto:info@sonnedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



l'esperimento di prove geotecniche di laboratorio (in particolare tagli CD, edometriche e triassiali UU) in qualità di tarature eseguite in loco.

**Coesione non drenata cu** : stima della resistenza al taglio non drenata di materiali coesivi od assimilati a comportamento geomeccanico coesivo, direttamente dalla curva pressiometrica o mediante correlazioni sperimentali, ampiamente diffuse, in funzione della pressione limite netta dei terreni compresi nell'ambito di grado di consistenza da basso ad elevato ( Amar & Jezequel, 1972; Cassan, 1978, Johnson 1986);

**Angolo di attrito efficace ' + effetto coesione**: stima della resistenza al taglio drenata di materiali prettamente granulari od assimilati, derivante da correlazioni empiriche meno diffuse delle precedenti e sovente corrette in funzione di comparazioni locali con prove geotecniche in sito od in laboratorio eventualmente disponibili, secondo la seguente:

$$\phi' = (4 * (\text{Log}_2(P' / (Mpa) / 0,25) + 6))$$

( da Centre D'etudes L. Menard , 1963 e da Hughes et Alii, 1977).

I valori così ottenuti, comprensivi dell'effetto della coesione c' laddove presente, vanno utilizzati come indicativi .

Un altro approccio per valutare la resistenza dei materiali investigati è invece quello di derivarli in termini di pressioni nette, direttamente dalla pressione di creep o fluage (pressione di incipiente rottura) desunti dalla curva pressiometrica/dilatometrica corretta, in tal caso si dovrà considerare l'effetto scala e la rispondenza del bulbo delle tensioni prodotto dallo strumento con quello teorico delle opere da progettare.

Quando nel corso della prova non viene superato il range di deformazione relativo al campo pseudo elastico del materiale e quindi non si raggiunge la plasticizzazione (foro largo, raggiunti limiti di deformabilità strumentale, pericolo di scoppio della sonda, deformazioni anomale non cilindriche etc..), nei certificati di prova viene riportata una stima del limite inferiore della resistenza



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)  
[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



calcolata con la formula di cui sopra a partire dalla massima pressione raggiunta in prova.

## SOFTWARE

Per l'elaborazione dei dati dilatometrici si è utilizzato un codice di calcolo interno che consente sostanzialmente di:

- 1) applicare le correzioni strumentali ai dati rilevati in termini di spostamento assoluto a dilatazione diametrale assoluta e relativa
- 2) eseguire una analisi numerica dei dati acquisiti con eventuale applicazione di un filtro
- 3) applicare un algoritmo statistico matematico per la soluzione dei punti caratteristici della curva dilatometrica ( $P_o$ ,  $P_{max}$ ,  $P_{min}$ ,  $D_f$ ,  $d_{max}$ ,  $d_{min}$ , etc.)
- 4) determinare i moduli di elasticità nei tratti di curva richiesti

Si sottolinea che l'analisi dei punti sperimentali interpolati in una curva dilatometrica risultante possono presentare molto spesso un andamento non teorico e questo a causa di disomogeneità meccaniche della roccia; pertanto la soluzione dei punti caratteristici spesso richiede una procedura iterativa.

Evidentemente ed in particolare per litotipi dotati di elevati moduli di deformabilità l'ordine di grandezza della deformazione ottenuta può essere paragonabile alla precisione dello strumento, questo fattore rappresenta un ulteriore elemento di difficoltà nella fase di elaborazione.

Di seguito si riporta la spiegazione della simbologia usata nel modulo di elaborazione DILATOM vers. 2.0:

### Pressioni

Viene riportato il valore di pressione previsto in progetto e quello effettivamente misurato in prova corretto in termini di pressioni effettive.

### Deformazioni

Vengono riportate le grandezze fisiche di maggior interesse ed in particolare lo spostamento radiale dei tre trasduttori ed il loro valore medio nonché la dilatazione radiale netta iniziale e finale.



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del  
05-11-2007 per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17  
64100 Teramo (TE)  
ITALY

Tel: +39 0861 411432  
Fax: +39 0861 411442

[www.sonedile.com](http://www.sonedile.com)

[info@sonedile.com](mailto:info@sonedile.com)

C.C.I.A.A. di Teramo  
PIVA e C.F.: 00075830679  
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

**SINCERT**



Infine sono riportate la profondità media della sonda dilatometrica, la direzione del sensore di riferimento (C02 = Nord) la profondità della falda, il diametro iniziale della sonda ( $d_0$ ) e quello iniziale del foro ( $\phi_0$ ).

## PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La prova DRT ha permesso di misurare e ricostruire le curve sforzi-deformazioni di un ammasso roccioso (roccia eterogenea) per una lunghezza di circa 100 cm (lunghezza della sonda dilatometrica) ovvero di un ammasso terroso per una lunghezza di circa 40 cm (prove MPT); nel ns caso questa dimensione si ritiene pienamente rappresentativa delle condizioni in sito (effetto scala) caratterizzate sovente dalla presenza di discontinuità geomeccaniche o litostratigrafiche.

Il modulo di deformabilità globale EG (prove DRT) ovvero il modulo pressiometrico  $E_m$  (prove MPT) rappresenta il modulo secante per tutto il tratto pseudoelastico di prima compressibilità mentre i moduli di elasticità  $E_1$ ,  $E_2$ , ed  $E_3$  sono parametri calcolati nel tratto di scarico dei rispettivi cicli di isteresi.

Il modulo  $E_y$  significativo, per vari stati tensionali, è stato calcolato mediando i valori di  $E_i$  ottenuti in tutti quei cicli di isteresi che denotassero un comportamento pseudoelastico del materiale, escludendo da tale operazione i cicli che non hanno mostrato tale caratteristica.

Il significato fisico di questi moduli è sostanzialmente un modulo di prima compressione (EG) paragonabile nelle terre al modulo edometrico ed un modulo di elasticità  $E_y$ , sempre superiore in valore assoluto al primo, che si stima rappresentare un modulo di elasticità del materiale a livelli deformativi compresi nel *range* ove è calcolato.

**LOTTO 2**

**CERTIFICATI PROVE PRESSIOMETRICHE**



**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del  
05-11-2007, per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

**PRESSUREMETER TEST**

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S49	DEPTH m	8,3	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA		n° certificato 608/13		
OBJECT					
COORDINATES					
SITE		DATE	14.02.13	PAGE	1/3

weather \_\_\_\_\_ test depth 8,30 m

hydrostatic level (m) > \_\_\_\_\_ us \_\_\_\_\_ KPa display by surface (m) 1,00 SPT (m) \_\_\_\_\_ n/15cm

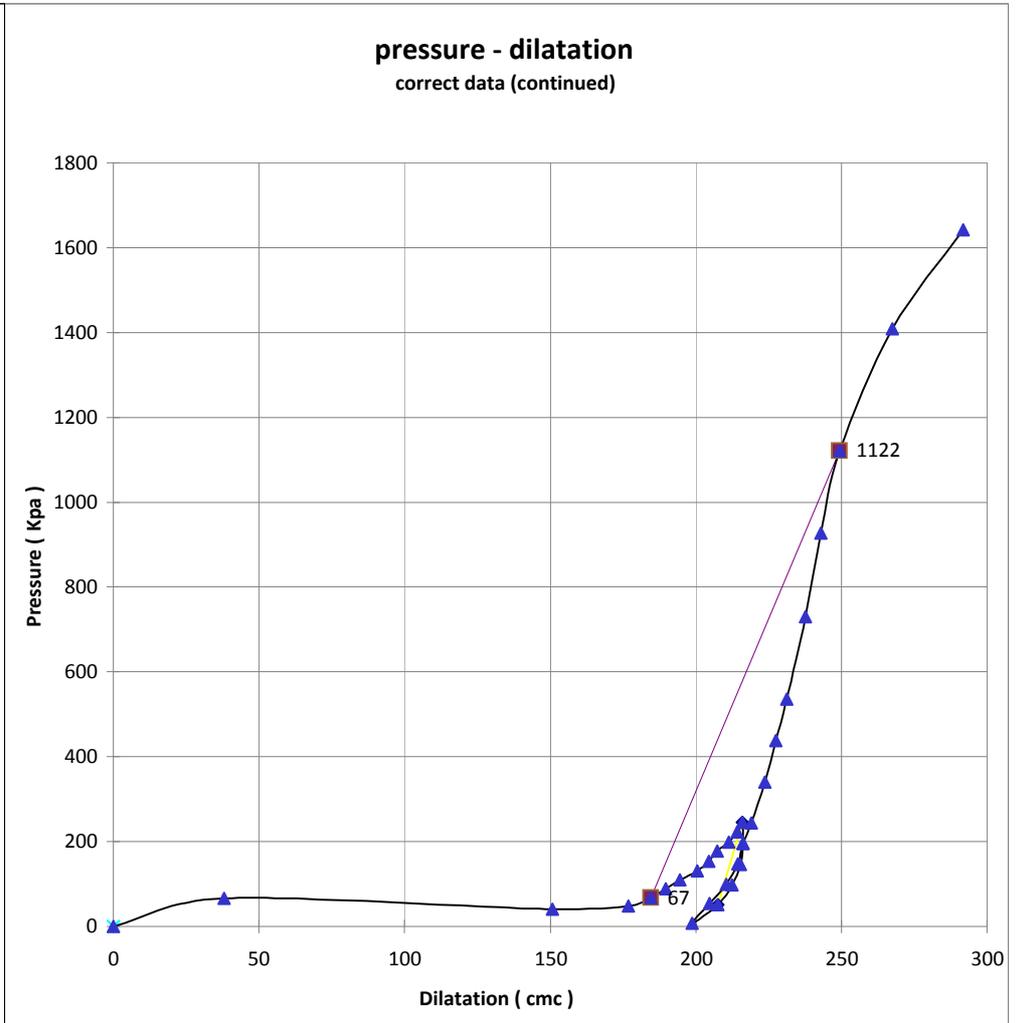
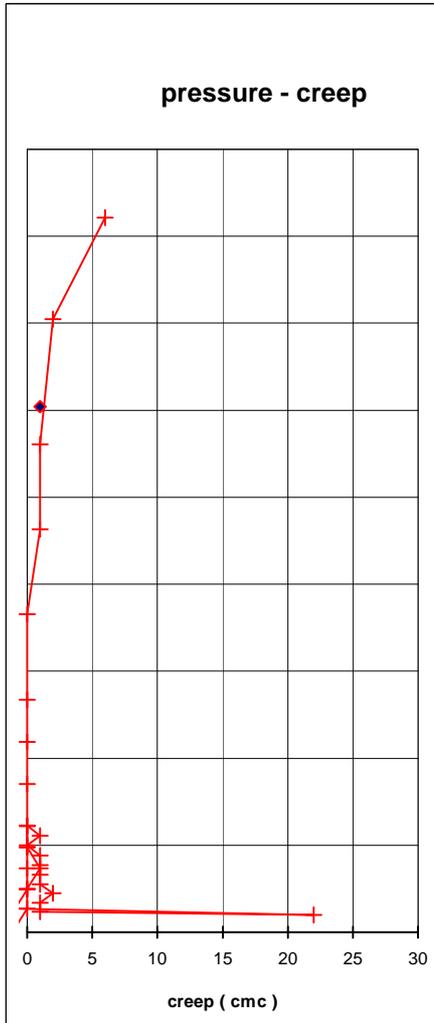
$\gamma_n$  nat.grav assumed 1,80 t/mc Pressuremeter: APAGEO SEGELM GA

$\sigma_v$  assumed 149 kPa test pocket carotaggio 66 mm probe: TRICELLULARE 60 MM

soil brief description LIMO SABBIOSO ARGILLOSO pressuremeter modulus **Em** 31,6 MPa  
assumed elasticity modulus **Ey** 44,5 MPa

geological unit \_\_\_\_\_ Em/P\*L 16,84

test in according with AFNOR NFP 94 - 110 Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel 213 kPa  
Assumed friction angle by Menard \_\_\_\_\_ °





# SONDEDILE

s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

## PRESSUREMETER TEST

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S49	DEPTH m	8,3	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA			n° certificato 608/13	
OBJECT					
COORDINATES					
SITE		DATE	14.02.13	PAGE	2/3

### DATA PROCESSING

#### PRESSUREMETER CURVE LIMITS

	FIRST LOAD	LOOP 1	LOOP 2
initial pressure P1 (kPa)	67	246	
initial volume pressure V1 (kPa)	185	216	
initial creep vol C1 (cmc)	1		
final pressure P2 (kPa)	1122	52	
final volume V2 (kPa)	249	208	
fin creep (cmc)/ unload Eu (Mpa)	1	44,5	

#### PHYSIC PROPERTIES

VP probe volume at rest	512	cmc
VL probe limit volume	882	cmc
V0 initial volume	185	cmc
1/VL	1,13	10 <sup>-3</sup> cmc
v poisson index	0,33	
α sp reologic experimental coeff.	0,71	
α reologic theoretic coefficient	0,67	

#### SYSTEM CORRECTION

inertia cover	
coeff.	0,67
sys. dilatation (cmc/bar)	
coeff.	0,30

MPa

#### PRESSUREMETER PARAMETERS

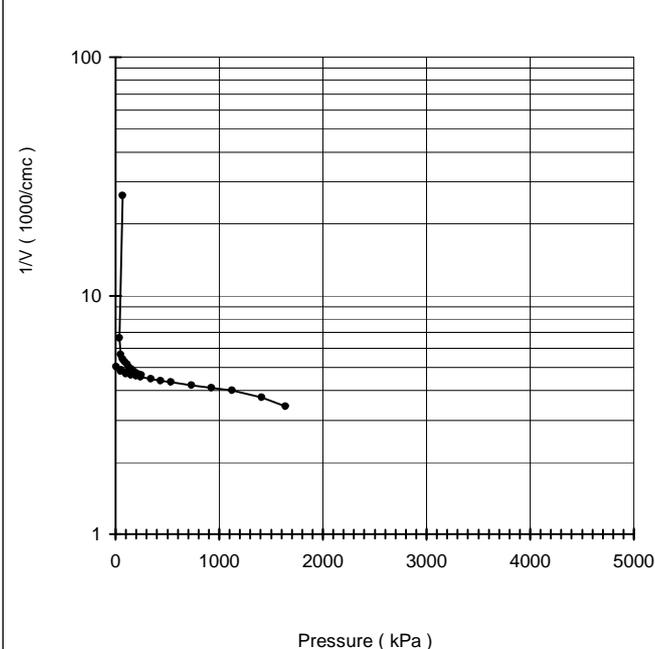
Ko lateral coeff at rest assumed	0,70	
Pho estim. Horiz pres at rest	105	kPa
P0 measured initial pressure	67	kPa
Em pressuremeter modulus	31,6	MPa
Ey min elasticity mod. measured in unload	44,5	MPa
Ey elasticity mod. assumed by C. reologic	47,2	MPa
Pc creep pressure	1209	kPa
P*c net creep pressure	1104	kPa
PL limit pressure by Cassan	1982	kPa
PL limit pressure by Van Vambecke	3699	kPa
PL assumed limit pressure	1982	kPa
P*L assumed net limit pressure	1877	kPa
Em/P*L	16,84	
Ey/P*L		

#### DATA

n°	Pressure bars	Vr 30" cmc	Vr 60" cmc	P corr. kPa	V corr. cmc	creep cmc	Modulus MPa
1	0,0	0	0	0	0	0	
2	0,0	58	38	66	38	-20	2,4
3	0,5	129	151	40	151	22	-0,4
4	0,8	176	177	48	177	1	0,5
5	1,0	184	185	67	185	1	4,6
6	1,3	188	190	89	190	2	8,2
7	1,5	194	195	111	195	1	8,2
8	1,8	200	201	132	200	1	6,7
9	2,0	204	205	154	204	1	10,8
10	2,3	207	208	177	207	1	15,0
11	2,5	212	212	199	211	0	10,9
12	2,8	214	215	222	214	1	15,2
13	3,0	217	217	246	216	0	23,8
14	2,5	217	217	196	216	0	-646,0
15	2,0	216	216	147	215	0	112,4
16	1,5	213	213	99	213	0	32,5
17	1,0	209	208	52	208	-1	18,5
18	0,5	200	199	8	199	-1	9,5
19	1,0	205	205	54	205	0	14,9
20	1,5	211	211	100	211	0	15,1
21	2,0	214	215	147	214	1	23,7
22	2,5	217	217	196	216	0	50,9
23	3,0	220	220	244	219	0	32,7
24	4,0	225	225	340	224	0	40,1
25	5,0	229	229	438	228	0	51,6
26	6,0	233	233	535	231	0	51,9
27	8,0	240	240	730	238	0	60,6
28	10,0	245	246	926	243	1	72,7
29	12,0	252	253	1122	249	1	61,6
30	15,0	270	272	1409	268	2	32,5
31	17,5	291	297	1642	292	6	20,3
32							
33							
34							
35							

#### GEOTECHNICAL PARAMETERS

Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel	213	kPa
Assumed friction angle by Menard		°



 <b>SONDEDILE</b> s.r.l. unipersonale Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246	<b>PRESSUREMETER TEST</b>				mod MPT rev 1.0	
	BOREHOLE	S49	DEPTH m	8,3	TEST CODE MPT	1
	CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
	PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA			n° certificato 608/13	
	OBJECT					
COORDINATES						
SITE		DATE	14.02.13	PAGE	3/3	

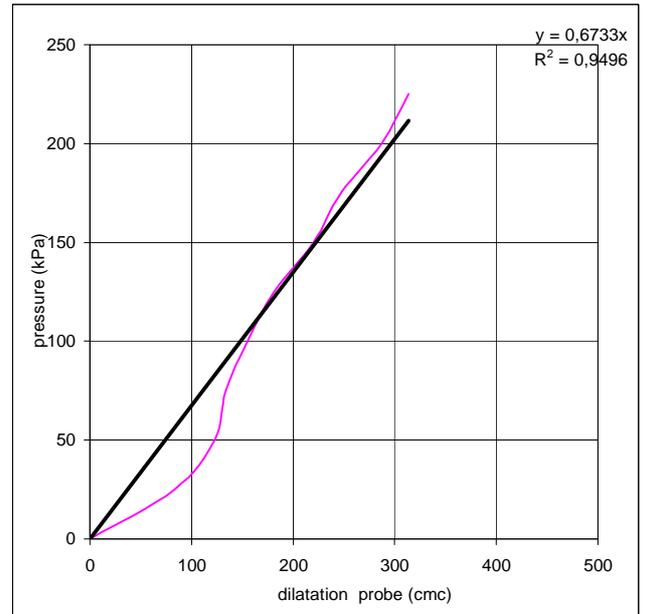
**PLACE**



**CALIBRATION IN AIR**

membrane caucciù cover gomma rinforzata Coeff. 0,67

Height measure cell (cm) 21,00 VP in. probe vol (cmc) 512



**SOIL TYPE**

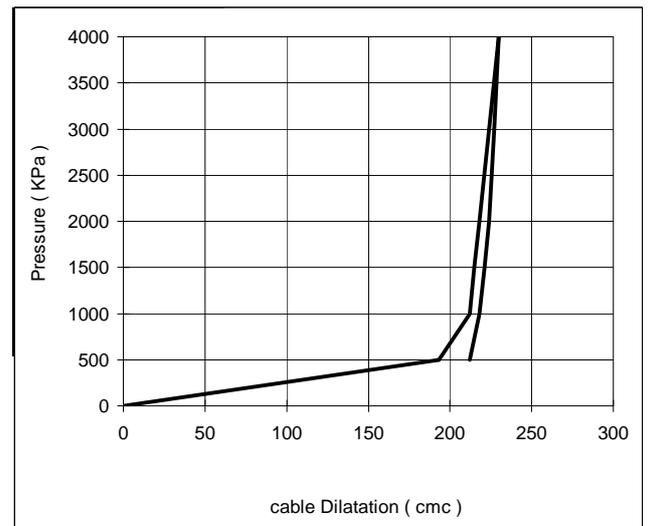


**CONFINED CALIBRATION**

Lenght cable 50  $\phi$  confined diameter (cm) 6,6

Vi (cmc) 206 Coeff. 167 cmc/kPa first load

tube volume cmc 718 Coeff.          cmc/kPa unload





**SONDEDILE**  
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del  
05-11-2007, per il rilascio dei certificati  
relativi alle prove geotecniche sui terreni  
(settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

**PRESSUREMETER TEST**

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S64	DEPTH m	5,5	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA		n° certificato 609/13		
OBJECT					
COORDINATES					
SITE		DATE	11.12.12	PAGE	1/3

weather \_\_\_\_\_ test depth 5,50 m

hydrostatic level (m) > \_\_\_\_\_ us \_\_\_\_\_ KPa display by surface (m) 1,00 SPT (m) \_\_\_\_\_ n/15cm

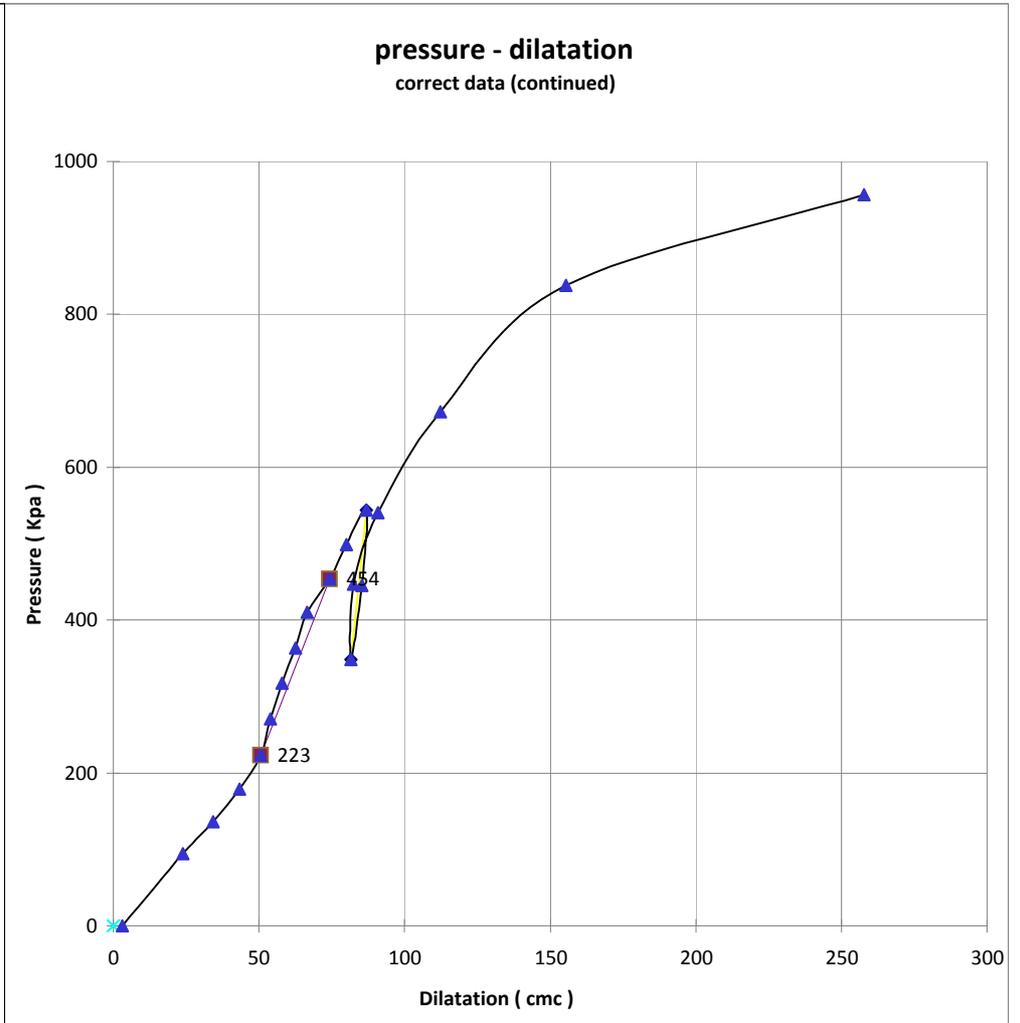
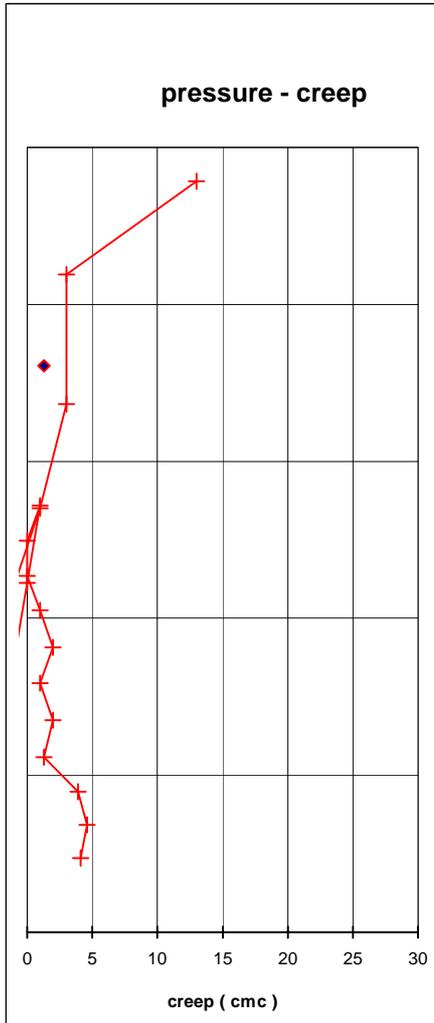
$\gamma_n$  nat.grav assumed 1,80 t/mc Pressuremeter: APAGEO SEGELM

$\sigma_v$  assumed 99 kPa test pocket carotaggio 66 mm probe: telata diam 60 mm

soil brief description limo sabbioso argilloso pressuremeter modulus **Em** 14,9 MPa  
assumed elasticity modulus **Ey** 29,7 MPa

geological unit \_\_\_\_\_ Em/P\*L 14,52

test in according with AFNOR NFP 94 - 110 Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel 127 kPa  
Assumed friction angle by Menard \_\_\_\_\_ °





# SONDEDILE

s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

## PRESSUREMETER TEST

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S64	DEPTH m	5,5	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA		n° certificato 609/13		
OBJECT					
COORDINATES					
SITE	0	DATE	11.12.12	PAGE	2/3

### DATA PROCESSING

#### PRESSUREMETER CURVE LIMITS

	FIRST LOAD	LOOP 1	LOOP 2
initial pressure P1 (kPa)	223	543	
initial volume pressure V1 (kPa)	51	87	
initial creep vol C1 (cmc)	1		
final pressure P2 (kPa)	454	348	
final volume V2 (kPa)	74	82	
fin creep (cmc)/ unload Eu (Mpa)	1	59,3	

#### PHYSIC PROPERTIES

VP probe volume at rest	512	cmc
VL probe limit volume	613	cmc
V0 initial volume	51	cmc
1/VL	1,63	10 <sup>-3</sup> cmc
v poisson index	0,33	
α sp reologic experimental coeff.	0,25	
α reologic theoretic coefficient	0,5	

#### SYSTEM CORRECTION

inertia cover	
coeff.	0,79
sys. dilatation (cmc/bar)	
coeff.	0,39

MPa

#### PRESSUREMETER PARAMETERS

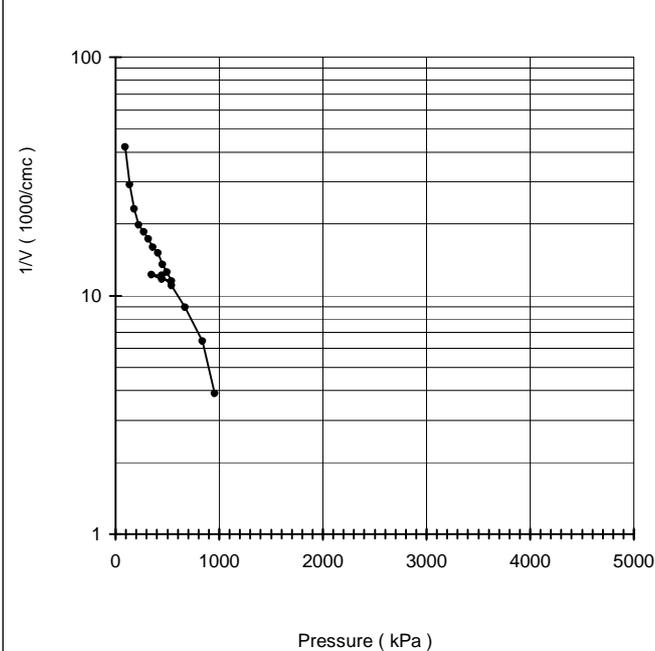
Ko lateral coeff at rest assumed	0,70	
Pho estim. Horiz pres at rest	69	kPa
P0 measured initial pressure	223	kPa
Em pressuremeter modulus	14,9	MPa
Ey min elasticity mod. measured in unload	59,3	MPa
Ey elasticity mod. assumed by C. reologic	29,7	MPa
Pc creep pressure	721	kPa
P*c net creep pressure	652	kPa
PL limit pressure by Cassan	1178	kPa
PL limit pressure by Van Vambecke	1092	kPa
PL assumed limit pressure	1092	kPa
P*L assumed net limit pressure	1023	kPa
Em/P*L	14,52	
Ey/P*L	58,00	

#### DATA

n°	Pressure bars	Vr 30" cmc	Vr 60" cmc	P corr. kPa	V corr. c mc	creep cmc	Modulus MPa
1	0,0	0	3	0	3	0	
2	0,5	20	24	95	24	4	6,3
3	1,0	30	35	136	34	5	5,8
4	1,5	40	44	179	43	4	6,9
5	2,0	50	51	223	51	1	9,1
6	2,5	53	55	270	54	2	20,2
7	3,0	58	59	317	58	1	18,6
8	3,5	62	64	363	63	2	14,6
9	4,0	67	68	410	66	1	18,9
10	4,5	76	76	454	74	0	8,7
11	5,0	82	82	499	80	0	12,2
12	5,5	88	89	543	87	1	10,4
13	4,5	87	87	445	85	0	97,2
14	3,5	84	83	348	82	-1	42,5
15	4,5	85	84	447	82	-1	220,1
16	5,5	92	93	540	91	1	17,4
17	7,0	112	115	673	112	3	10,1
18	9,0	156	159	838	156	3	6,6
19	11,0	249	262	957	258	13	2,2
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

#### GEOTECHNICAL PARAMETERS

Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel	127	kPa
Assumed friction angle by Menard		°



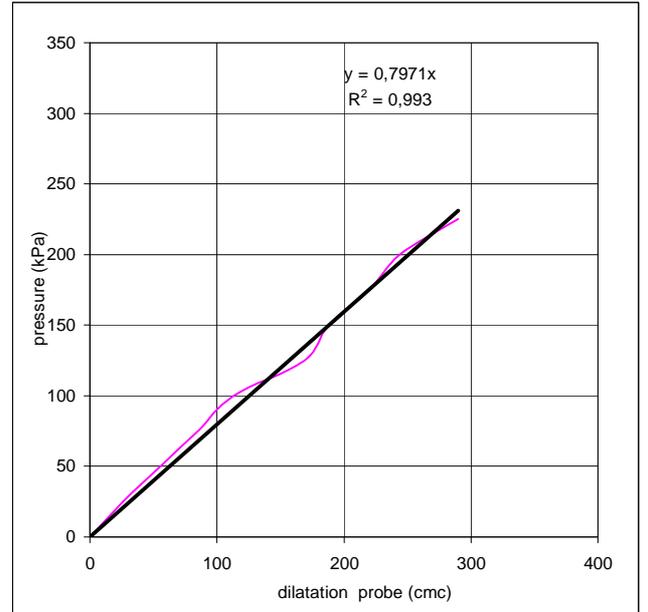
 <b>SONDEDILE</b> s.r.l. unipersonale Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246	PRESSUREMETER TEST					mod MPT	rev 1.0
	BOREHOLE	S64	DEPTH m	5,5	TEST CODE MPT	1	
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013		
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA				n° certificato	609/13	
OBJECT							
COORDINATES							
SITE	0	DATE	11.12.12	PAGE	3/3		

**PLACE**

**CALIBRATION IN AIR**

membrane caucciu cover telata Coeff. 0,79

Height measure cell (cm) 21,00 VP in. probe vol (cmc) 512



**SOIL TYPE**

**CONFINED CALIBRATION**

Lenght cable 50  $\phi$  confined diameter (cm) 6,6

Vi (cmc) 206 Coeff. 167 cmc/kPa first load

tube volume cmc 718 Coeff. 258 cmc/kPa unload

