

Indagini in situ e in laboratorio

CENSI NERI P., VIZZINI G., CATALANO M., CHIESSI V.



INDAGINI IN SITU




AREA INVESTIGATA circa 3 ha

ISPRA

SERVIZI GEOTECNICI S.r.l.

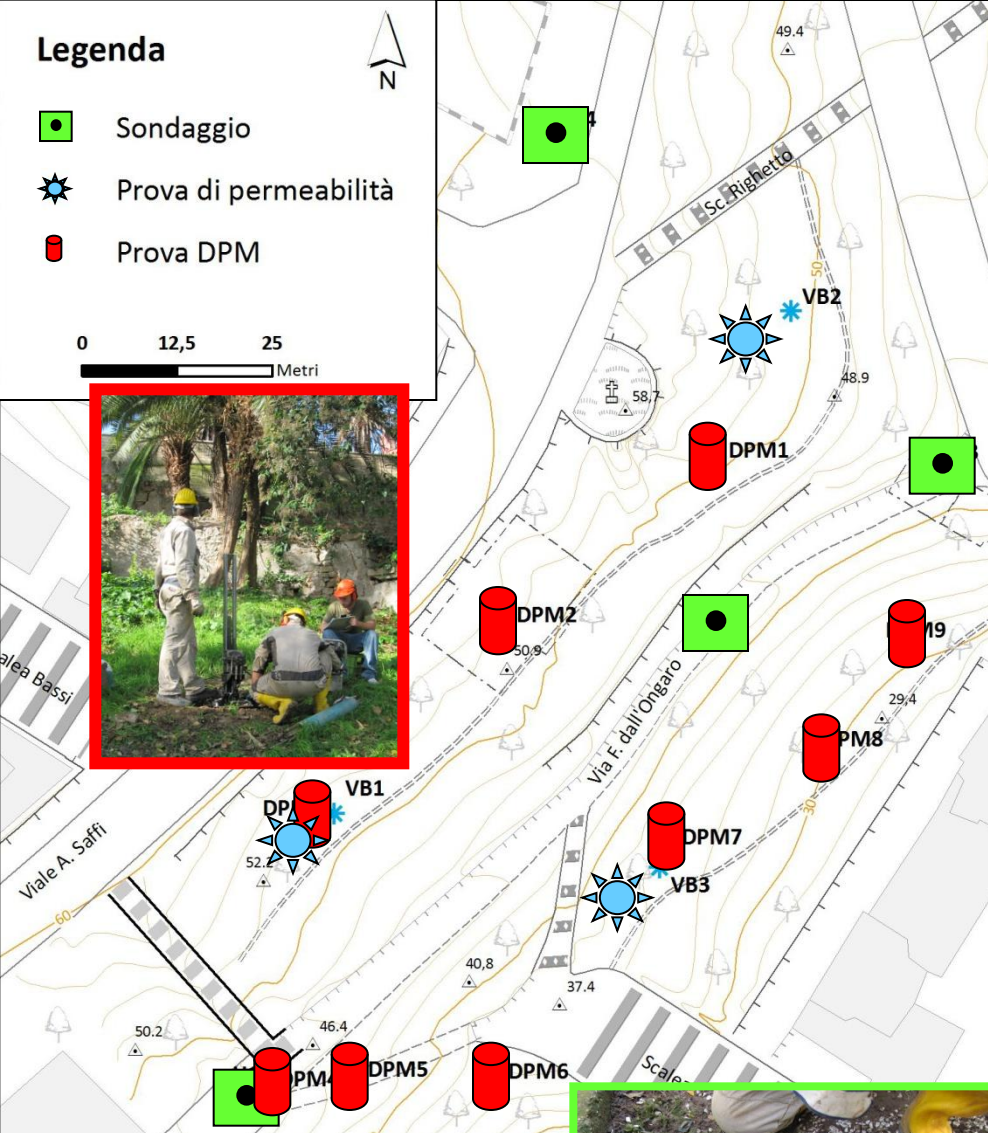


Legenda

-  Sondaggio
-  Prova di permeabilità
-  Prova DPM



0 12,5 25
Metri

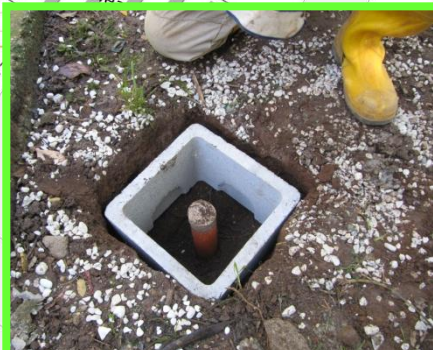


SONDAGGI (4)

- Prove SPT (8)
- Prove pressiometriche MENARD (2)
- Prove permeabilità LEFRANC (3)
- Installazione PIEZOMETRI (3)

DPM (9)

PERMEABILITA' IN SITU (3)



LE FRANE IN AREE URBANE IL CASO DI MONTEVERDE A ROMA

SONDAGGIO	metodo di perforazione	profondità raggiunta dal sondaggio (m) dal p.c.	profondità e risultati delle prove SPT		profondità e risultati delle prove di permeabilità LEFRANC		profondità e risultati delle prove pressiometriche MENARD		Condizionamento del sondaggio	Profondità del tratto filtrante
			(m) dal p.c.	N30	(m) dal p.c.	k (m/s)	(m) dal p.c.	E (MPa)		
H1	carotaggio continuo	25	4,50	11	13,50	2,8E-06			piezometro a tubo aperto	12,90 - 14,00
			7,50	16						
			15,00	RIF						
H2	carotaggio continuo	27	6,00	13	3,50	6,5E-05			piezometro a tubo aperto	20,00 - 21,00
			13,50	99	20,00	5,6E-06				
			16,50	RIF						
			20,11	RIF						
H3	carotaggio continuo	12				5,00	35,34			
H4	carotaggio continuo	30	4,50	57			4,00	91,85	piezometro a tubo aperto	12,00 - 13,00

DPM

Prova	Profondità raggiunta (m)
DPM1	8.00
DPM2	4.06
DPM3	3.02
DPM4	10.09
DPM5	7.09
DPM6	2.04
DPM7	7.03
DPM8	3.06
DPM9	3.05

Valore caratteristico
(n. colpi) per il detrito

10

H1

NSPT e DI30

$\Phi = 30^\circ - 35^\circ$

Correlazione di Vannelli e Benassi 1983

PERMEABILITA' IN SITU

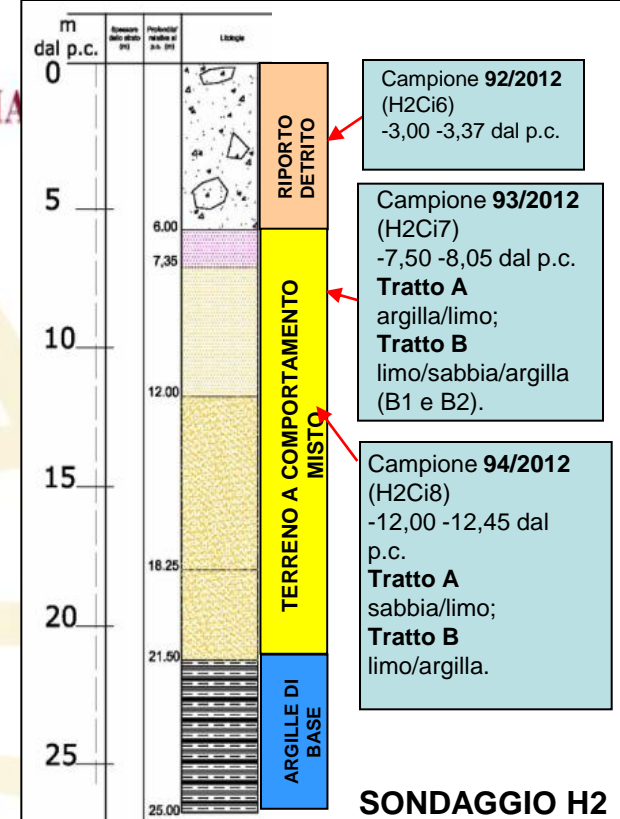
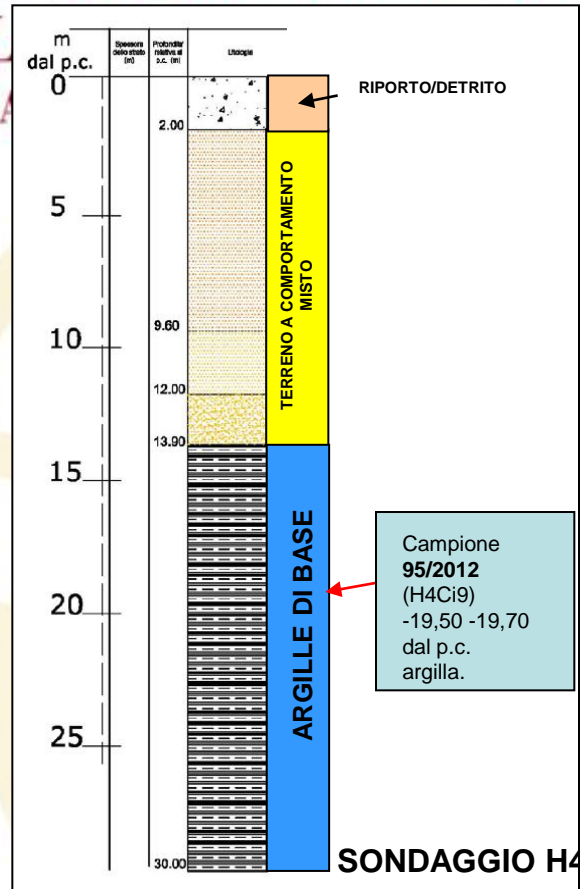
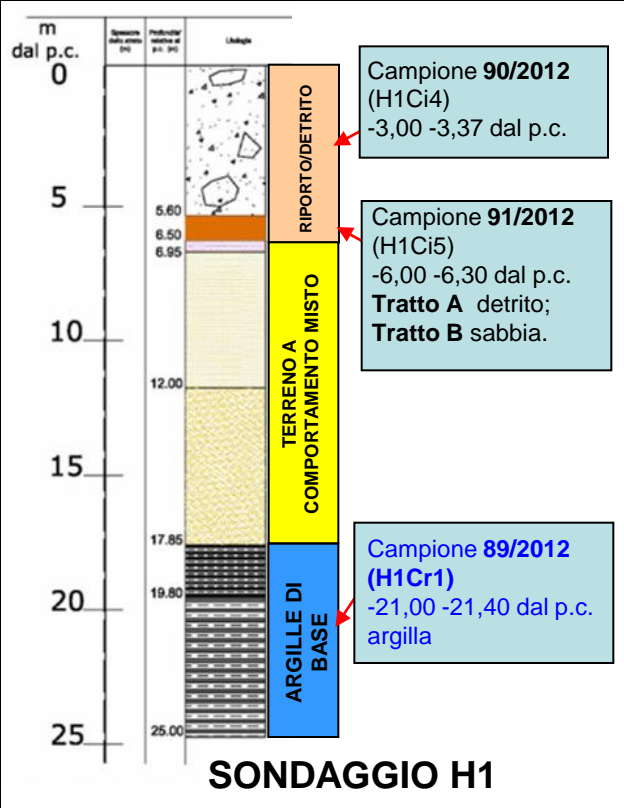
SIGLA	LITOLOGIA	PROFONDITA' dal p.c. del tratto investigato (m)	Valori di PERMEABILITA' misurata in situ a carico variabile
Prova			k (m/s)
1	riporto/detrito	0,70 - 1,00	$1 * 10^{-7}$
2	riporto/detrito	0,70 - 1,00	$1 * 10^{-7}$
3	riporto/detrito	0,70 - 1,00	$1 * 10^{-6}$

Sono state, pertanto, individuate **3 unità litotecniche** caratterizzate ciascuna da uniformità litologica (intesa come sequenza omogenea di alternanze di strati, di presenza di laminazioni e/o concrezioni, di colore, etc.), frazione granulometrica, grado di consistenza, coesione e resistenza alle sollecitazioni.

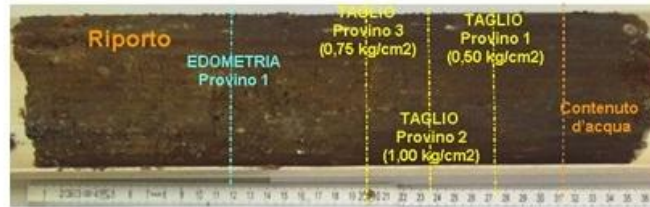
RIPORTI e DETRITI: Terreni a granulometria mista o indistinta, contenenti tracce di attività antropica, derivanti dal riporto antropico e dal detrito di versante.

TERRENI A COMPORTAMENTO MISTO: Terreni granulari e coesivi a comportamento complesso, costituiti da alternanze di limi e argille di color grigio-giallastro, di spessori decimetrico e a volte centimetrico. Tale successione è attribuibile alla Formazione di Monte Mario (MTM).

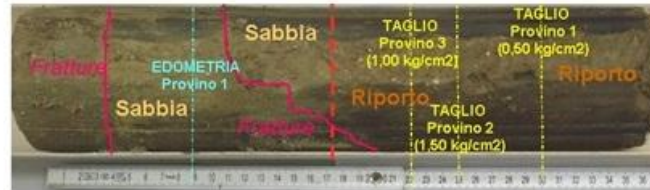
ARGILLE DI BASE: Argille con limo molto consistenti, di color grigio, intercalate da livelli di sabbie fini. Questi terreni sono riferibili alla Formazione di Monte Vaticano (MVA).



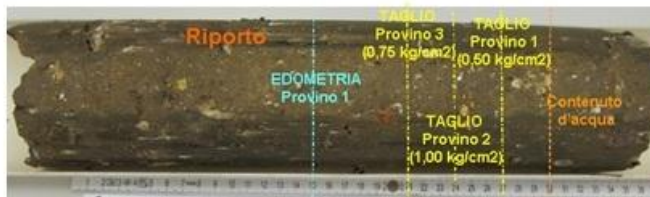
LE FRANE IN AREE URBANE IL CASO DI MONTEVERDE A ROMA



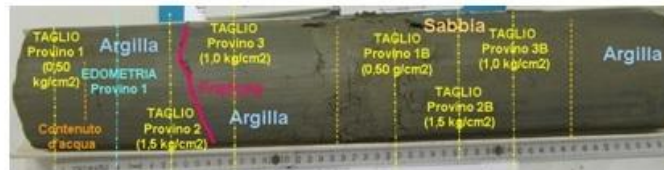
Campione 090/2012 (H1Ci4)



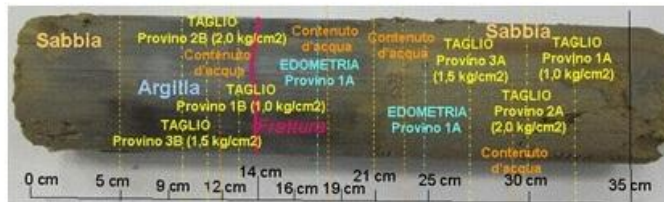
Campione 091/2012 (H1Ci5)



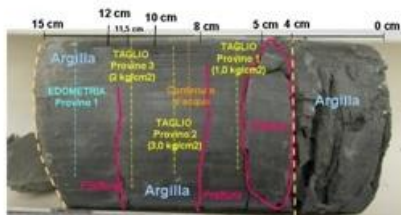
Campione 092/2012 (H2Ci6)



Campione 093/2012 (H2Ci7)



Campione 094/2012 (H2Ci8)



Campione 095/2012 (H4Ci9)



SIGLA		LITOLOGIA	PROFONDITA' prelievo campione dal p.c. (m)	Tiologia di campionamento
campione prelevato	campione laboratorio			
VB1	022/2012	riporto/detrito	0,50 - 1,00	materiale sciolto
VB2	023/2012	riporto/detrito	0,50 - 1,00	blocco
VB3	088/2012	riporto/detrito	0,50 - 1,00	blocco



Contenuto d'ACQUA

Prova di TAGLIO DIRETTO
(n° 3 provini)

Prova EDOMETRICA
(n° 2 prove)



Prova EDOMETRICA
(n° 1 prova)

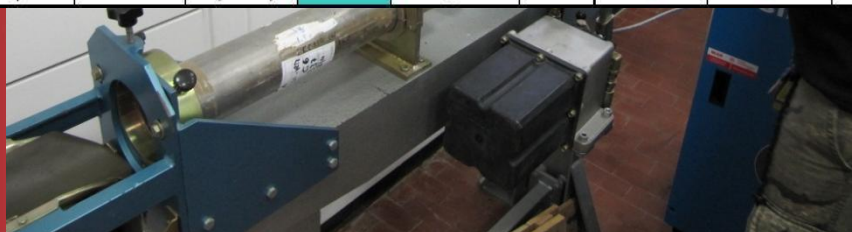
Prova di TAGLIO DIRETTO
(n° 3 provini)

Contenuto d'ACQUA

ANALISI DI LABORATORIO



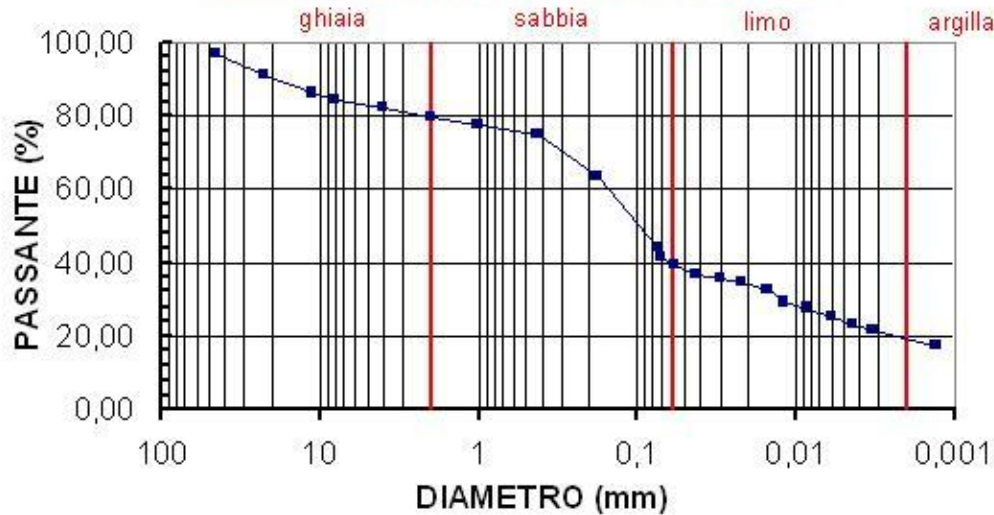
SIGLA		prof. Prelievo	Formazione geologica	LITOLOGIA	TRATTO	ANALISI EFFETTUATE										
laboratorio	campione					Contenuto d'acqua ASTM D2216-10	Peso dell'unità di volume CNR 40	Peso dell'unità di volume della parte solida ASTM D854-10	Analisi granulometrica (setacciatura - aeometria) ASTM D422-63 (2007)	LIMITI DI ATTERBERG ASTM D4318-10			PERMEABILITA'		TAGLIO DIRETTO ASTM D3080-04	EDOMETRIA ASTM D2435-04
										Limite liquido	Limite plastico	Indice plastico	in situ a carico variabile (su pozzetto) AGI 06/77	in laboratorio (edometria)		
022/2012	Bassi 1 (VB1)	-0,50 -1,00	RIPORTO	riporto/detrito		X	X					X				
023/2012	Bassi 2 (VB2)	-0,50 -1,00		riporto/detrito		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
088/2012	Bassi 3 (VB3)	-0,50 -1,00		riporto/detrito		X	X	X			X	X	X	X		
090/2012	H1Ci4	-3,00 -3,37		riporto/detrito		X	X	X					X	X		
091/2012	H1Ci5	-6,00 -6,30		riporto/detrito	A	X	X	X	X	X	X			X		
				riporto/detrito (sabbioso)	B	X	X	X	X				X		X	
092/2012	H2Ci6	-3,00 -3,37		riporto/detrito		X	X	X	X	X	X		X	X	X	
093/2012	H2Ci7	-7,50 -8,05	MTM	argilla/limo	A	X	X	X	X	X			X	X	X	
				limo/sabbia	B1	X	X	X	X				X		X	
				limo/argilla	B2		X		X						X	
094/2012	H2Ci8	-12,00 -12,45		sabbia/limo	A	X	X	X	X				X	X	X	
				limo/argilla	B	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
089/2012	H1Cr1	-21,00 -21,40	MVA	argilla		X	X	X	X	X	X				X	
095/2012	H4Ci9	-19,50 -19,70		argilla		X	X	X	X	X	X				X	



RISULTATI OTTENUTI:

UNITA' LITOTECNICA: RIPORTO e DETRITO

GRANULOMETRIA campione 23/2012 (VB2)



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

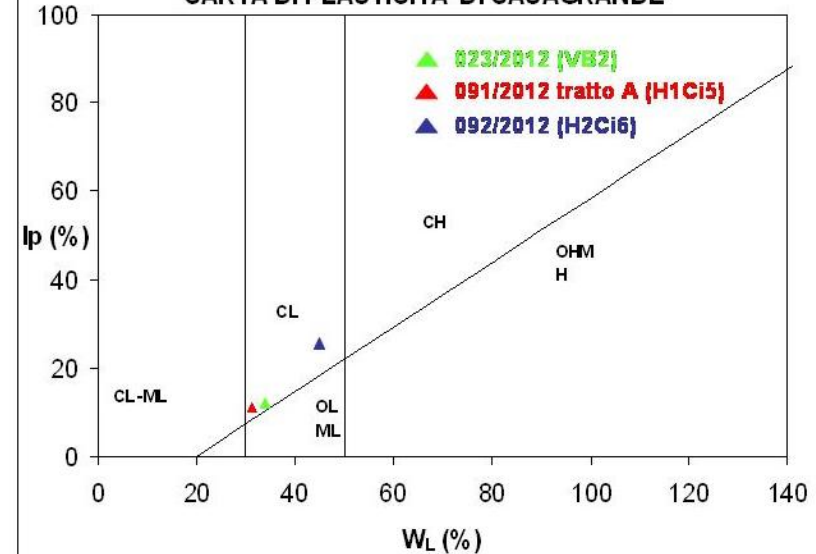
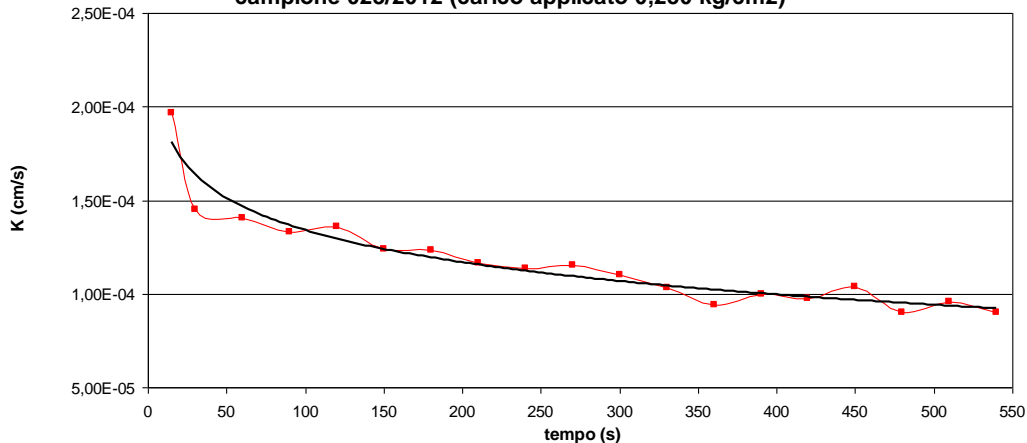
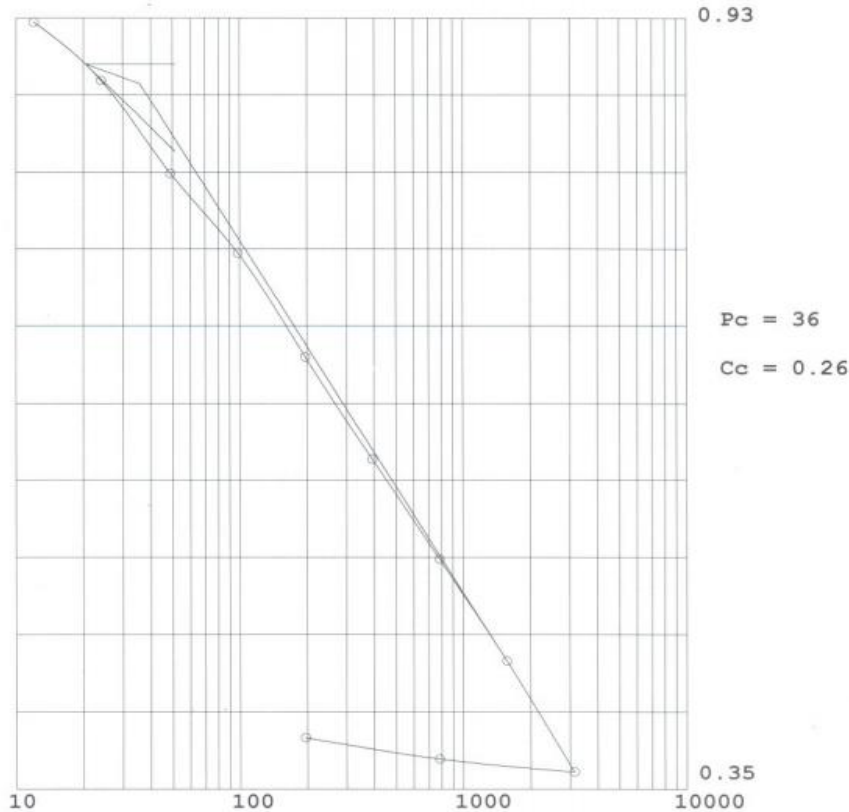


grafico tempo / permeabilità
campione 023/2012 (carico applicato 0,250 kg/cm2)

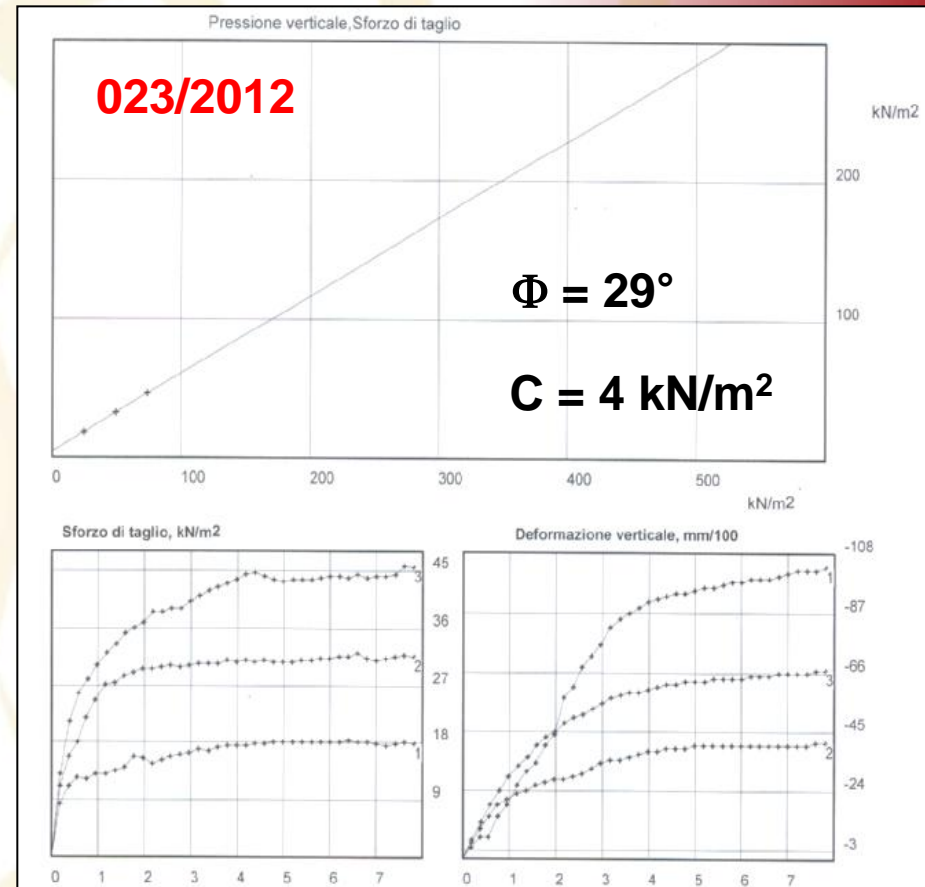


RISULTATI OTTENUTI:

UNITA' LITOTECNICA: RIPORTO e DETRITO



Note : CAMPIONE 090/2012 PROVENIENTE DAL SONDAGGIO H1



LE FRANE IN AREE URBANE IL CASO DI MONTEVERDE A ROMA

RIPORTO E DETRITO		
Peso di volume (g/cm^3) min - max	γ_n	1,63 - 1,99
Peso di volume della parte solida (g/cm^3)	γ_s	2,70
Contenuto d'acqua naturale (%)	W_n	16
Grado di saturazione (%)	S_r	56
Porosità (%)	n	43
Indice dei vuoti	e	0,78
Limite Liquido (%) min - max	LL	31 - 45
Limite Plastico (%) min - max	LP	20 - 22
Indice Plastico (%) min - max	IP	11 - 25
Coefficiente di permeabilità (cm/s)	In situ (min - max)	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}$
	in cella edometrica (min - max)	$2 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-4}$
Pressione di consolidazione (kPa) min - max	P_c	36 - 80
Indice di compressione min - max	C_c	0,19 - 0,26
angolo di attrito interno ($^\circ$)	ϕ	30
coesione (kN/m^2)	c	3 - 4

Considerazione sull'unità litotecnica dei Riporti e Detriti

Si tratta di terreni caratterizzati da estrema **ETEROGENEITA'** geometrica, litologica e meccanica. I parametri fisico-meccanici sono particolarmente dispersi, in particolare:

- Il **coefficiente di uniformità** nella granulometria supera il valore di 40
- I valori di **peso di volume** (1,63 – 1,99 g/ cm³) risentono della variazione nella porosità del materiale.
- Il valore di **coesione**, mediato fra tutti i campioni, è compreso tra i 3 e 4 kPa ma presenta un valore di picco pari a 17 kPa, in ragione della differente tipologia di materiale, da estremamente detritico ed incoerente a semicoesivo.
- Il valore di **angolo di resistenza al taglio** è decisamente più costante ed oscilla di pochi gradi attorno al valore di 30°, valore sottostimato poiché relativo alla matrice (campioni fustellabili).

La **COMPRESSIBILITA'** determinata dalle prove edometriche non è particolarmente elevata:

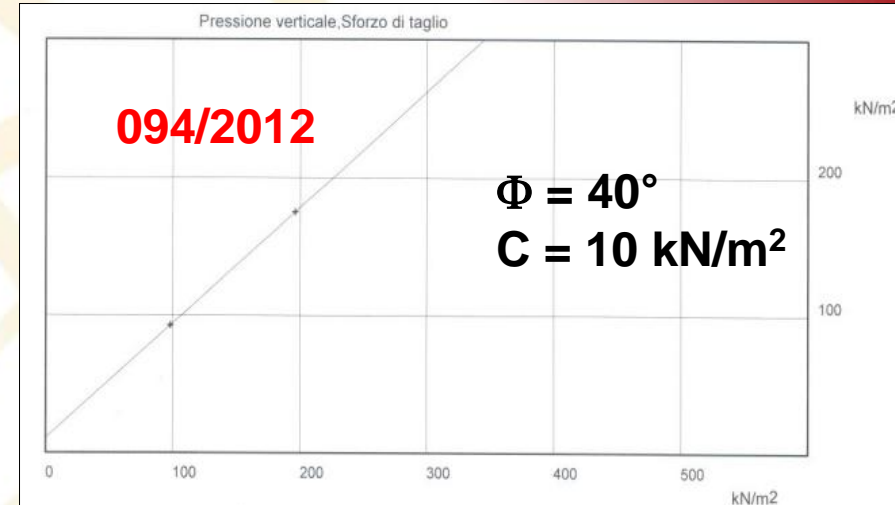
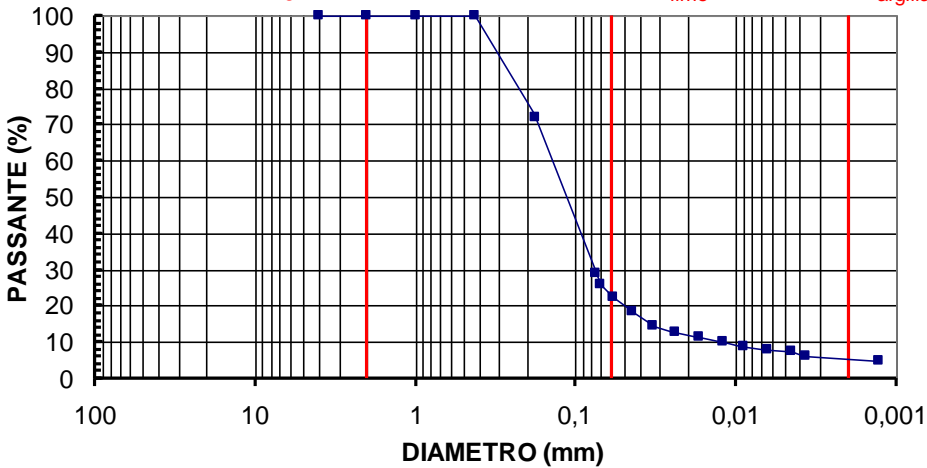
- i moduli derivati da prove edometriche e le curve sforzo-deformazione ottenute dalla prova di taglio diretto sono tipiche di materiali che procedono ad incrudimento con la progressione della deformazione e **tendono ad avere una deformazione piuttosto ampia prima di giungere a rottura.**

UNITA' LITOTECNICA: TERRENI A COMPORTAMENTO MISTO

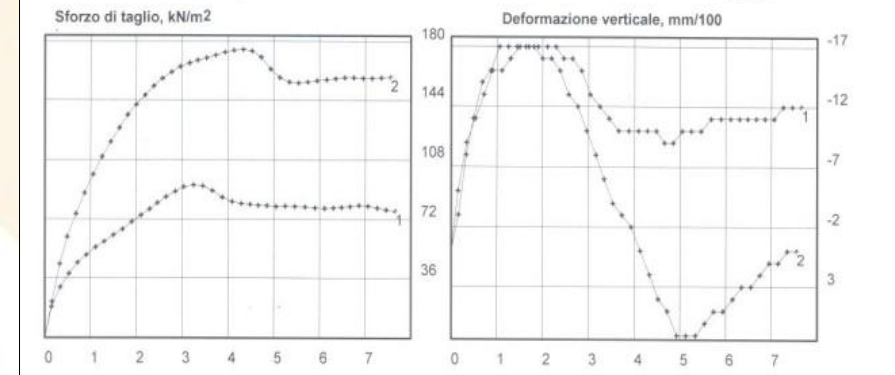
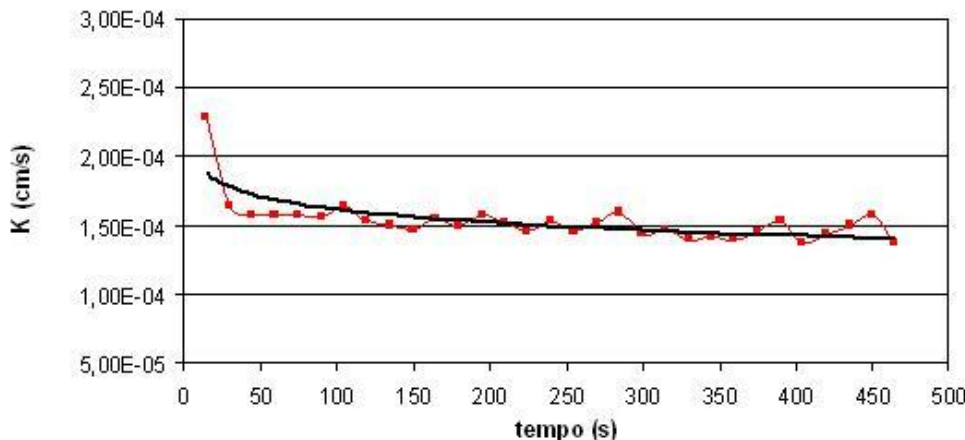
SABBIE/LIMI

GRANULOMETRIA campione 94/2012 tratto A (H2Ci8)

ghiaia sabbia limo argilla

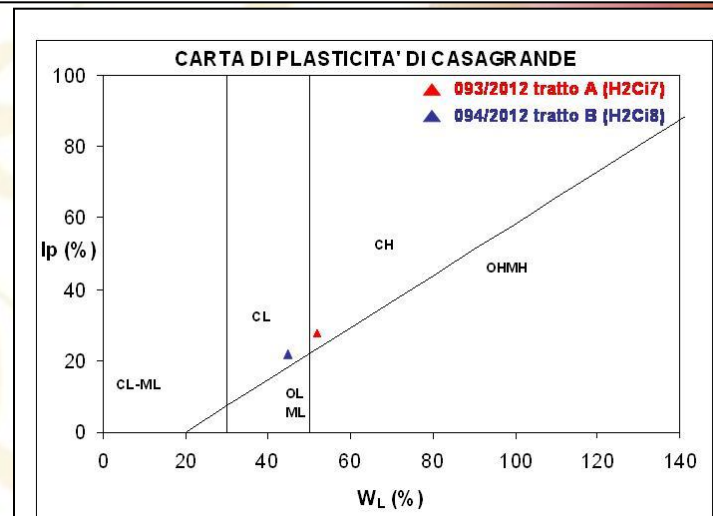
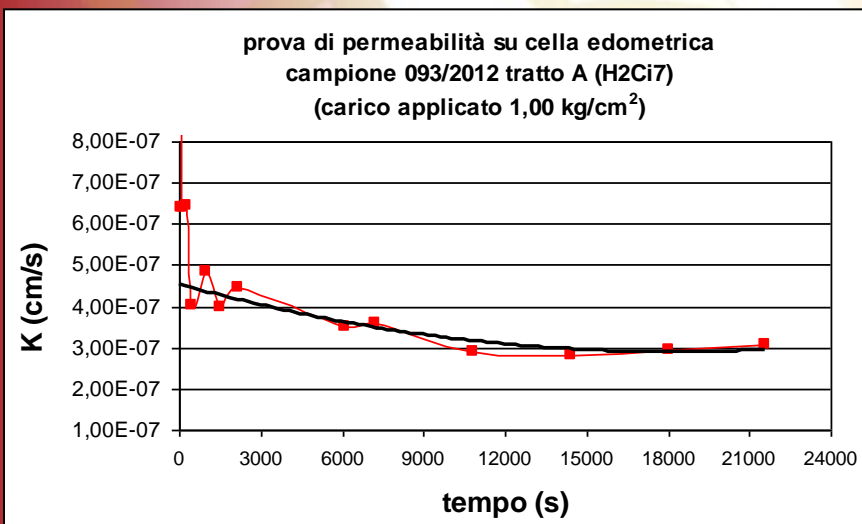
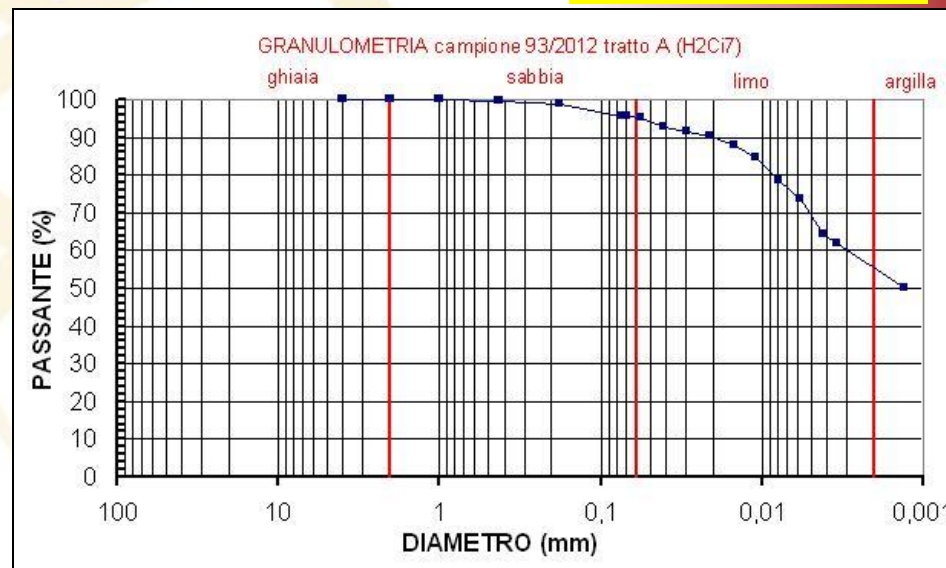
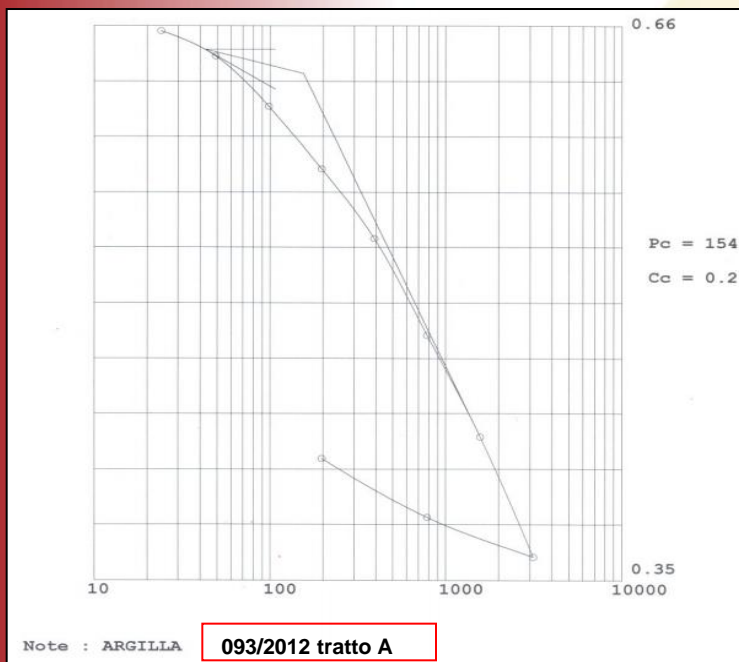


prova di permeabilità su cella edometrica
campione 094/2012 tratto A (H2Ci8)
(carico applicato 4,00 kg/cm²)



UNITA' LITOTECNICA: TERRENI A COMPORTAMENTO MISTO

ARGILLE/LIMI



LE FRANE IN AREE URBANE IL CASO DI MONTEVERDE A ROMA

TERRENI A COMPORTAMENTO MISTO			
Sabbie/Limi			
Peso di volume (g/cm^3)	γ_n		2,05
Peso di volume della parte solida (g/cm^3)	γ_s		2,71
Contenuto d'acqua naturale (%)	W_n		17
Grado di saturazione (%)	S_r		74
Porosità (%)	n		39
Indice dei vuoti	e		0,67
Limite Liquido (%)	LL		N.D.
Limite Plastico (%)	LP		N.D.
Indice Plastico (%)	IP		N.D.
Coefficiente di permeabilità (cm/s)	In situ (min - max)	k	N.D.
	in cella edometrica (min - max)	k	$2 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}$
Pressione di consolidazione (kPa) min - max	P_c		282 - 305
Indice di compressione	C_c		0,1
angolo di attrito interno ($^\circ$)	ϕ		40°
coesione (kN/m^2) min - max	c		5 - 10

TERRENI A COMPORTAMENTO MISTO			
Argille/Limi			
Peso di volume (g/cm^3)	γ_n		2,04
Peso di volume della parte solida (g/cm^3)	γ_s		2,74
Contenuto d'acqua naturale (%)	W_n		23
Grado di saturazione (%)	S_r		97
Porosità (%)	n		39
Indice dei vuoti	e		0,65
Limite Liquido (%)	LL		45 - 52
Limite Plastico (%)	LP		23 - 24
Indice Plastico (%)	IP		22 - 28
Coefficiente di permeabilità (cm/s)	In situ (min - max)	k	N.D.
	in cella edometrica	k	$3 \cdot 10^{-7}$
Pressione di consolidazione (kPa) min - max	P_c		112 - 154
Indice di compressione	C_c		0,2
angolo di attrito interno ($^\circ$) min - max	ϕ		$21^\circ - 28^\circ$
coesione (kN/m^2) min - max	c		21 - 46

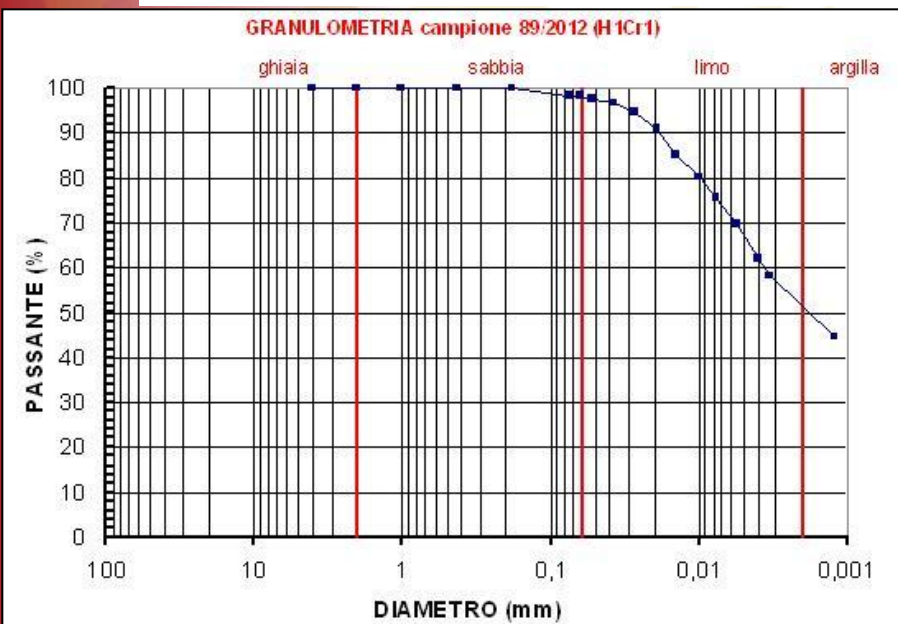
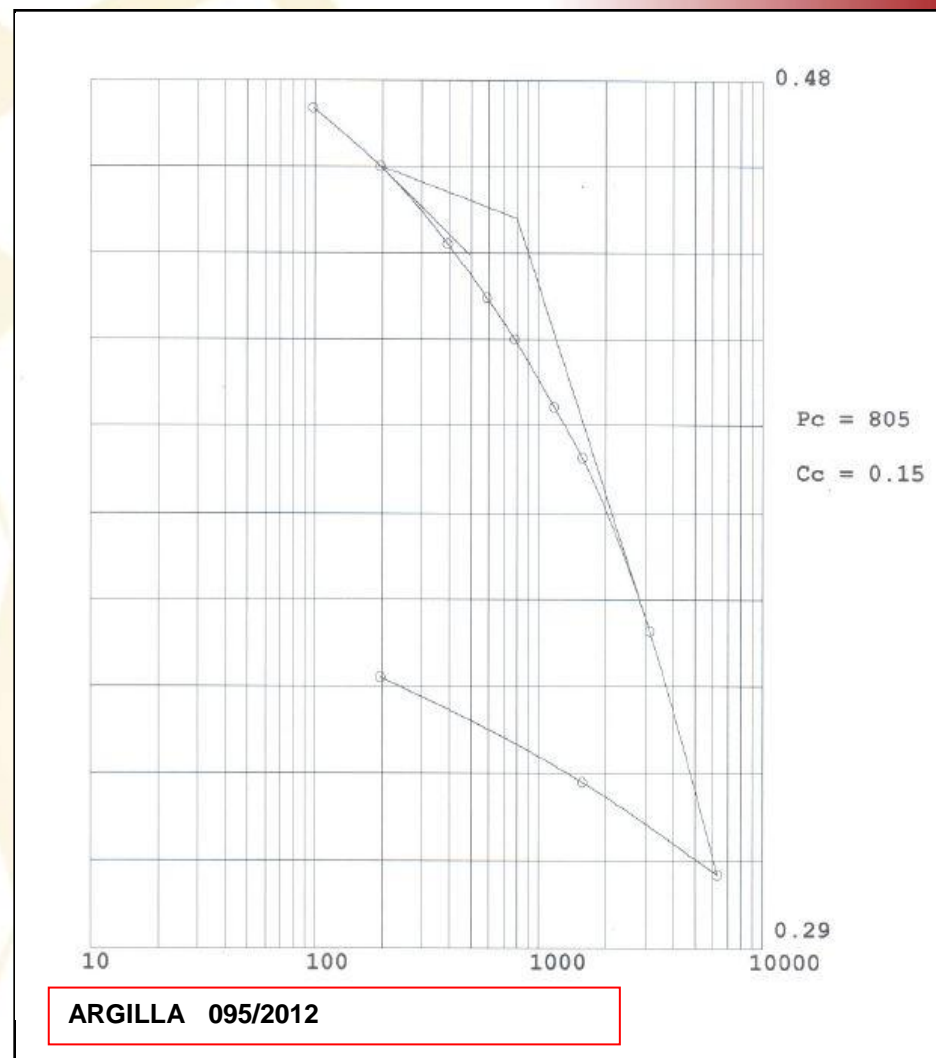
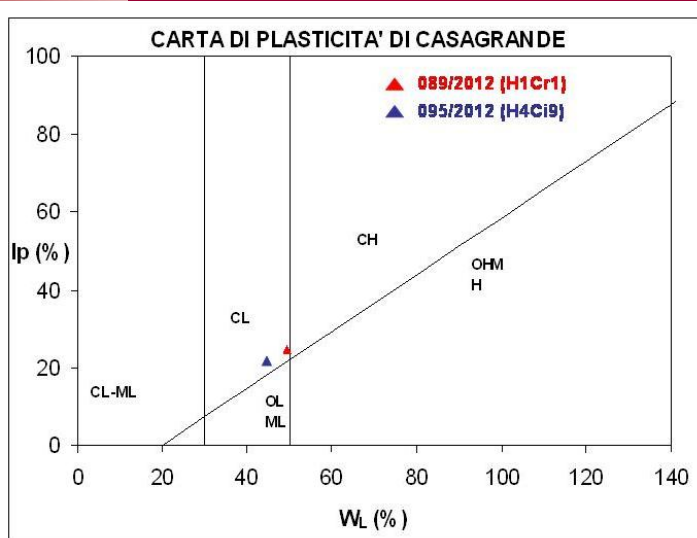
Considerazione sull'unità litotecnica dei Terreni a comportamento misto

Questo deposito sedimentario presenta una importante peculiarità dovuta ad una marcata **ANISOTROPIA** legata alla associazione di due litotipi differenti: il primo costituito da un sedimento **sabbioso-limoso** l'altro di tipo francamente **argilloso**. Dal momento che le carote dei campioni indisturbati prelevati erano spesso costituite da diverse litologie, sono state determinate le **caratteristiche geotecniche** di ciascuna di esse **in parallelo**, suddividendo il campione in varie porzioni (TRATTI).

La **CARATTERIZZAZIONE** dei parametri geotecnici è stata, pertanto, effettuata sulle **due componenti** che presentano **caratteristiche del tutto differenti**.

Viceversa, in merito all'**ANALISI DI STABILITA'** effettuata, per la quale è fondamentale stimare le caratteristiche meccaniche delle unità litotecniche coinvolte, sono stati **utilizzati dei valori di resistenza equivalenti ottenuti da una media ponderata in funzione della percentuale di ogni singola componente sul totale**.

UNITA' LITOTECNICA: ARGILLE DI BASE



LE FRANE IN AREE URBANE IL CASO DI MONTEVERDE A ROMA

ARGILLE DI BASE			
Peso di volume (g/cm^3)		γ_n	2,07
Peso di volume della parte solida (g/cm^3)		γ_s	2,76
Contenuto d'acqua naturale (%)		W_n	19
Grado di saturazione (%)		S_r	100
Porosità (%)		n	33
Indice dei vuoti		e	0,50
Limite Liquido (%) min - max		LL	45 - 49
Limite Plastico (%) min - max		LP	23 - 25
Indice Plastico (%) min - max		IP	22 - 24
Coefficiente di permeabilità (cm/s)	In situ (min - max)	k	N.D.
	in cella edometrica (min - max)	k	N.D.
Pressione di consolidazione (kPa) min - max		P_c	805
Indice di compressione		C_c	0,15
angolo di attrito interno ($^\circ$)		ϕ	N.D.
coesione (kN/m^2)		c	N.D.

Considerazione sull'unità litotecnica delle Argille di base

Su questa litologia **non sono state effettuate molte determinazioni** perché:

- si tratta di una formazione **ampiamente studiata** dal punto di vista geotecnico, per la quale si dispongono informazioni, presenti in bibliografia, numerose ed esaurienti;
- la **geometria** della formazione è **facilmente identificabile** ed il relativo riconoscimento è agevole;
- le **caratteristiche meccaniche** che esibisce sono **decisamente buone** anche in relazione alle formazioni soprastanti;
- in relazione al problema in analisi questa litologia **non appare interessata a movimenti di versante**.

Le prove di laboratorio effettuate, pertanto, avevano come obiettivo solamente quello di **identificare con certezza la litologia** dal punto di vista geotecnico, **confermare le caratteristiche meccaniche ipotizzabili** e verificare che localmente questa litologia non avesse comportamenti differenti. In questo ambito è stata data particolare enfasi alle **caratteristiche meccaniche di compressibilità**, dalle quali si evince:

- un **valore di OCR pari a 2÷3**,
- un **coefficiente di rigonfiamento di 0.03**
- valori delle **caratteristiche fisiche** e delle **granulometrie** che **ben si accordano con quanto è presente in letteratura**.

CONCLUSIONI

A seguito dello studio effettuato da ISPRA è possibile affermare:

- Le **indagini in situ**, effettuate in funzione dell'accessibilità della strumentazione, sono state **eseguite in tutta l'area di studio**;
- **Tutte le litologie** presenti nel sottosuolo **sono state studiate e caratterizzate** dal punto di vista geotecnico;
- I **parametri/risultati** ottenuti sono **conformi con quanto riportato nella letteratura**;
- I principali **parametri geotecnici** ottenuti hanno permesso la costruzione del **modello geotecnico** e la valutazione della **stabilità di versante** della zona in studio.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE