

## 2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DEL COMUNE DI ROMA

### 2.1 I PROBLEMI GEOTECNICI NELLO SVILUPPO URBANO NELL'AMBITO DEL COMUNE DI ROMA

La storia geologica del territorio del Comune di Roma, la morfologia della regione, la natura dei terreni sono stati illustrati nel precedente capitolo. La conoscenza di questi elementi è necessaria sia per la comprensione del comportamento del terreno rispetto alle opere già eseguite dall'uomo, (costruzioni, ecc.) e dei risultati di interventi sul suolo e nel sottosuolo, sia per conoscere il comportamento dei terreni in zone oggi interessate dallo sviluppo urbanistico della città di Roma e che fino a pochi anni or sono erano in aperta campagna e sia infine per la esecuzione di opere sempre più impegnative con carichi concentrati sempre più elevati, con sbancamenti e scavi sempre più profondi dovendo realizzare due od anche tre piani sotto il livello stradale.

Ma oltre alle suddette informazioni di carattere geolitologico e morfologico è fondamentale anche, quando si debbono affrontare problemi importanti, (eseguire costruzioni impegnative, redarre piani e programmi urbanistici, fissare zone per nuovi insediamenti urbani ed industriali, fissare le direttrici dello sviluppo edilizio della città di Roma, ecc.) la conoscenza sia delle caratteristiche intrinseche dei terreni ed in particolare delle loro proprietà fisico meccaniche, sia delle caratteristiche estrinseche ed in particolare della presenza delle falde acquifere sotterranee.

Una preventiva indagine dal punto di vista geologico tecnico può permettere di evitare le difficoltà nelle quali si è già incorsi in passato per avere destinato a costruzioni intensive zone non idonee dal punto di vista geotecnico.

Nel presente capitolo pertanto si forniscono le indicazioni sulle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni, limitandoci peraltro a quelle dei terreni presenti estesamente in superficie e nell'immediato sottosuolo nell'ambito del Comune di Roma.

Si precisa peraltro che non ci si è soffermati a considerare le caratteristiche di resistenza di tutti i tufi lapidei poichè essi non pongono problemi come terreni da fondazione e ci si è limitati soltanto a considerare le caratteristiche di quei tufi (tufo lionato, tufo rosso a scorie nere, peperino di Albano, "tufi antichi", ecc.) che hanno avuto in passato particolare importanza nello sviluppo architettonico della città di Roma.

## 2.2 FORMAZIONI SEDIMENTARI PREVULCANICHE

### 2.2.1 SEDIMENTI ARGILLOSI CALABRIANI E PLIOCENICI

#### a) COSTITUZIONE

I sedimenti argillosi marini calabriani e pliocenici, (Pm) che rappresentano il basamento di tutta la regione romana, sono costituiti, come è noto, dal punto di vista petrografico, da un'argilla marnosa, passante a marna argillosa e dal punto di vista geotecnico da un limo argilloso.

Essi sono stati più volte oggetto di studi comprendenti analisi microscopiche, termodifferenziali, roentgenografiche e chimiche e da indagini di carattere geotecnico.

#### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Lo studio delle caratteristiche geotecniche delle argille plioceniche è stato eseguito sulle argille della cava esistente in passato al Piazzale degli Eroi, su campioni delle argille del Colle Quirinale, sulle argille prelevate in località Tre Fontane - EUR ed infine sulle argille prelevate presso Villa Madama a Monte Mario.

Nella Tab. 2.1 sono riportati, in forma sintetica, i risultati di analisi geotecniche di argille plioceniche prelevate a diverse profondità nel corso della esecuzione di sondaggi eseguiti in diverse località del Comune di Roma.

Dall'esame di queste analisi è stato possibile riconoscere i campi di variazione delle caratteristiche fisiche, granulometriche, di consistenza e meccaniche.

#### b1) CARATTERISTICHE FISICHE

Peso specifico dei granuli	2.64 - 2.74 gr/cm <sup>3</sup>
Peso di volume	1.92 - 2.09 “
Contenuto naturale d'acqua	21% - 32%
Grado di saturazione	92% - 100%

#### b2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

I campi di variazione delle percentuali fra le varie frazioni granulometriche acquisiti con l'esame di numerosi campioni sono risultati i seguenti:

Sabbia 2% - 18%

Limo 42% - 65%

Argilla 22% - 53%

In fig. 2.1 è rappresentato il campo di variazione della granulometria ottenuto con l'esame di dodici campioni delle argille di Monte Mario.

Da essa risulta che la formazione argillosa pliocenica è costituita da limi con argilla passanti a limi argillosi debolmente sabbiosi.

In base alla percentuale delle varie frazioni granulometriche della formazione argillosa secondo l'AGI i vari campioni esaminati risultano definibili come argilla con limo, argilla con limo debolmente sabbiosa, limo con argilla, limo con argilla debolmente sabbiosa e limo argilloso.

#### b3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Per la definizione dei terreni della formazione argillosa pliocenica in relazione alla plasticità ci si basa, con Casagrande, sui limiti di liquidità e sull'indice di plasticità.

I valori del limite di liquidità sono risultati alle diverse analisi compresi fra 33 e 54 mentre quelli dell'indice di plasticità sono risultati compresi fra 9 e 33. Il campo di variazione delle caratteristiche di consistenza, ottenute sulla base di numerose analisi di laboratorio, è rappresentato in fig. 2.2. Dai dati dei limiti di consistenza risulta inoltre che l'indice di consistenza è compreso fra 0.63 e maggiore di 1, con maggiore frequenza fra 0.85 e 0.90 e che l'indice di attività è compreso fra 0.35 e 0.89 con valori più frequenti fra 0.50 e 0.70.

#### b 4) CARATTERISTICHE MECCANICHE

**Vane Test e penetrometro tascabile.** Nel corso della esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove Vane Test e prove con il penetrometro tascabile. Le prove Vane Test hanno fornito per  $c_u$  valori superiori ad 1.4 kg/cm<sup>2</sup> e per la maggior parte superiori a 2 kg/cm<sup>2</sup>.

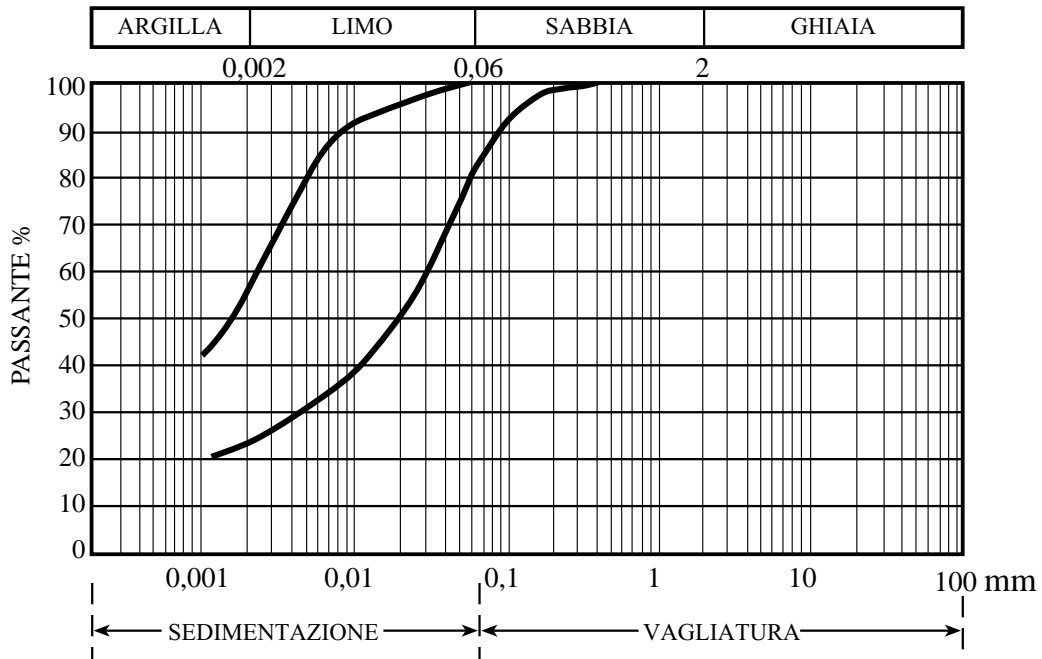


Fig. 2.1 Campo di variazione della granulometria delle argille plioceniche di Monte Mario (COGETEC, 1986).

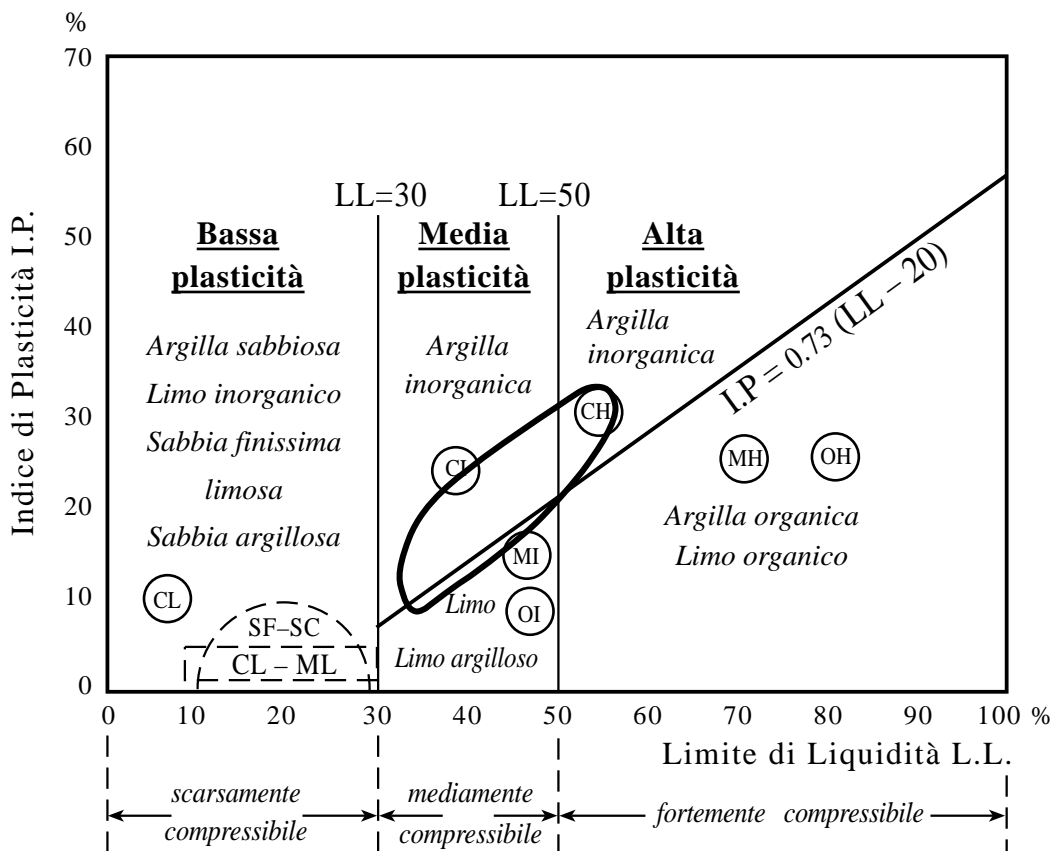


Fig. 2.2 Campo di variazione dei limiti di consistenza delle argille plioceniche di Monte Mario.

**Tab. 2.1 Risultati delle analisi geotecniche eseguite sulle argille**

Località	Sond	Prof (m)	Caratteristiche															
			Carat fisiche				Carat granulometriche				Caratt. di consistenza				Vane test cu	Pen Tasc kg/cm <sup>2</sup>		
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale %	sat. %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	IC			A'	
Villa Madama a Monte Mario	1	3	2,69	2,09	21	100	-	6	64	30	36	14	22	0,68	0,72	>2	5,5	
		10	2,64	1,92	32	100	-	2	48	50	54	28	26	0,86	0,53	>2	7	
		23	2,67	1,94	29	100	-	5	42	53	48	24	24	0,79	0,46	>2	12	
	2	6	2,69	1,99	26	99	-	2	51	47	52	22	30	0,89	0,64	>2	5,2	
		16	2,67	2,02	24	99	-	2	52	46	45	18	27	0,80		>2	6	
	3	6	2,74	2,06	22	97	-	10	64	26	33	24	9	>1	0,35	1,4	3,2	
		23	2,67	2,01	24	100	-	2	51	47	51	20	31	0,86	0,65	>2	7,3	
		40	2,71	1,96	25	93	-	18	60	22	36	16	20	0,63	0,89	1,8	3,1	
	4	14	2,64	1,99	21	92	-	3	60	37	41	17	24	0,83	0,64	1,9	4,2	
		26	2,69	2,08	23	100	-	-	52	48	54	21	33	0,93	0,69	>2	9,3	
	5	9	2,73	2,00	25	96	-	3	57	40	50	21	29	0,87	0,71	2	5,1	
		17	2,65	2,01	21	95	-	3	58	39	44	19	25	0,91	0,63	>2	8,3	
	Via S Tommaso D' Aquino	1	14			24						45		15	1,17			2,4
			24		1,94	30						53		30	0,75			0,8-1,2
30				2,06	32						47		26	0,95			5-6	
Monte Mario Via Trionfale	1	48	2,75	2,10	20	95	-	3	65	32	34	19	15	0,96				
Via Angelo Emo	1	20	2,65-2,67	1,98										>1				

Attività A'=Ip/pass.2 μ

(x) con termini di tensioni totali

*plioceniche (Pm) prelevate nell' ambito del Comune di Roma*

geotecniche						Classificazione	
Carat. meccaniche				Carat. di compressibilità			
Res com dll	taglio diretto.		triassiale		Modulo edometrico		
	c kg/cm <sup>2</sup>	φ	cu, c' kg/cm <sup>2</sup>	φ	σ Kg/cm <sup>2</sup>		E Kg/cm <sup>2</sup>
	0,5	26°			4-8	336	limo argilloso grigio azzurro e azzurro
			nc,nd				limo argilloso grigio chiaro
			3,2	0°			
			c. nd				argilla limosa grigio azzurrastra
			1,3 <sup>(s)</sup> 1,2 <sup>(xx)</sup>	32 <sup>(s)</sup> 35 <sup>(x x)</sup>			
					4-8	231	argilla limosa grigio plumbeo con rari livelli di sabbia
			nc,nd				argilla grigio azzurrastra con intercalazioni limose e sabbiose
			2,55	0			
	0,3	26°			4-8	143	limo argilloso grigio compatto
							argilla limosa grigia con livelli di sabbia fine
			c,nd				limo argilloso grigio
			0,9 <sup>(s)</sup> 0,9 <sup>(x x)</sup>	29 <sup>(s)</sup> 31 <sup>(x x)</sup>			
							limo argilloso grigio omogeneo
	cd						limo con argilla grigio azzurro
	1,1	23°					
			1,05 <sup>(x)</sup> 0,95 <sup>(xx)</sup>	27 <sup>(x)</sup> 29 <sup>(x)</sup>	4-8	285	limo argilloso grigio azzurro con rari livelli di sabbia
							limo argilloso
	1,10						limo sabbioso
	0,40						limo argilloso
	0,53						limo argilloso
					4-8	mv 5.0 - 6.1 - 10 <sup>-3</sup>	limo argilloso
3	0-13	29°					

(x x) con termini di tensioni efficaci

Le prove con il penetrometro tascabile hanno fornito valori compresi fra 3.1 kg/cm<sup>2</sup> e 12 kg/cm<sup>2</sup> con valori più frequenti fra 5 kg/cm<sup>2</sup> e 7 kg/cm<sup>2</sup>.

**Prove di taglio diretto c.d.**

Le prove di taglio diretto c.d. hanno fornito per la coesione valori fra 0.3 e 1.1 kg/cm<sup>2</sup> e per l'angolo di attrito interno valori fra 19° e 26°

**Prove triassiali.** Le prove triassiali hanno fornito i seguenti valori

prove triassiali n.c. n.d.;	angolo di attrito 0°; coesione 1.58 - 3.2 kg/cm <sup>2</sup> ;
prove triassiali c. n.d.;	angolo di attrito 29° e 32° coesione 0.9 - 1.3 kg/cm <sup>2</sup> ; <sup>(1)</sup>
	angolo di attrito 31° - 35° coesione 0.9 - 1.2 kg/cm <sup>2</sup> ; <sup>(2)</sup>

**Prove di resistenza a compressione a d.l.l.**

Le prove di resistenza a compressione a d.l.l. hanno fornito valori più frequenti fra 2.3 kg/cm<sup>2</sup> e 3.7 kg/cm<sup>2</sup>, anche se alcuni campioni hanno fornito valori fino a 16 kg/cm<sup>2</sup>.

**Prove di compressibilità edometrica.** Prove di compressibilità edometrica hanno fornito per il modulo di compressibilità. E' valori compresi fra 140 e 340 kg/cm<sup>2</sup> per  $\sigma$  da 4 ad 8 kg/cm<sup>2</sup>.

## LE ARGILLE PLIOCENICHE E CALABRIANE COME TERRENI DA FONDAZIONE

Le elevate caratteristiche geotecniche di queste argille giustificano ampiamente l'apprezzamento dei costruttori che considerano, a giusto merito, questi terreni un buon terreno da fondazione che non lascia incognite di sorta.

L'apprezzamento dei costruttori è dovuto essenzialmente alle sue caratteristiche geotecniche, al contenuto di acqua, alla sua potenza, alla mancanza di intercalazioni sabbiose capaci di costituire livelli acquiferi ed alla mancanza di vuoti sotterranei. Ed è proprio sulla conoscenza delle buone caratteristiche di questa formazione che a Roma è comunemente accettato l'adagio che l'argilla, senz'altre specificazioni, è un buon terreno e su di esso si può fondare sempre e dovunque con la massima tranquillità.

A tal proposito non è inutile sottolineare che esistono nello stesso Comune di Roma altre formazioni argillose che all'esame grossolano non si presentano molto diverse dalle argille plioceniche, ma che ne differiscono nettamente nelle proprietà geotecniche perchè altre sono le loro caratteristiche intrinseche ed estrinseche. Basti ricordare, come esempio, al riguardo, quanto diverso sia il comportamento delle argille plioceniche alle falde di Monte Mario da quelle non lontane dalle argille alluvionali del Tevere.

A titolo orientativo si segnala che alle argille di questa formazione possono trasmettersi carichi uniformemente distribuiti fino a 2.5 kg/cm<sup>2</sup> ed in alcuni casi anche maggiori.

E' peraltro da sottolineare che il comportamento del terreno alle sollecitazioni trasmesse dalle fondazioni può peggiorare notevolmente per azione di vari elementi fra i quali lo stato degradato dei livelli più superficiali, la vicinanza di pendii fortemente scoscesi, la plasticizzazione dei livelli argillosi per azione delle acque superficiali, i disturbi in superficie dovuti all'erosione, ecc.

Riguardo alle argille plioceniche è importante fare un'altra considerazione.

Trattandosi di una formazione molto estesa, di grande potenza, impermeabile, sottoposta a formazioni tutte più o meno permeabili, essa costituisce la base di appoggio della falda acquifera più importante che si estende al disotto del sottosuolo del Comune di Roma.

Pertanto la conoscenza dell'andamento della superficie limite superiore di queste argille fornisce preziose e precise indicazioni riguardo alla profondità alla quale si può incontrare la falda acquifera di base ed impedisce quindi di fare scriteriate ricerche a maggiori profondità.

### 2.2.2 FORMAZIONE SABBIOSA DI FACIES DI SPIAGGIA DEL CALABRIANO-SICILIANO

#### a) COSTITUZIONE

La formazione sabbiosa di facies di spiaggia del Calabriano-Siciliano (Psi) affiora, nell'ambito del Comune di Roma, all'estremo nord, lungo i fianchi dell'ampia valle del Tevere; in destra dal Colle

<sup>(1)</sup> Con termini di tensioni totali.

<sup>(2)</sup> Con termini di tensioni efficaci.

Romano al fosso di Fontanalunga fino alla altezza della Grotta della Regina ed in sinistra da Fonte di Papa al fosso della Regina.

Più a sud la formazione affiora estesamente lungo i fianchi del fosso della valle della Rimessola, della valle del fosso dei Frati, nella zona di M. Mario e nella parte alta della valle dell'Inferno.

La formazione (Psi) comprende sabbie grigio azzurre più o meno argillose, sabbie gialle o rossastre, talora concrezionate ed a luoghi grossolane; livelli conglomeratici, con verso l'alto, passaggio ad argille grigio verdi, sabbiose e marne gialle o biancastre, tripolacee. I terreni dei singoli litotipi sabbiosi sono omogenei ed uniformi, a granulometria da media a fine, in strati orizzontali, notevolmente spessi, con intercalazioni a diverse altezze stratigrafiche di strati lenticolari di conglomerati e ciottoli calcarei con dimensioni massime di cinque centimetri e di calcareniti organogene ricche di malacofauna.

La frazione limosa ed argillosa negli strati sabbiosi è variabile e raggiunge il massimo di circa il 20%.

#### b) CARATTERISTICHE TECNICHE

Le caratteristiche tecniche delle sabbie presentano sensibili oscillazioni in relazione alla percentuale della frazione limoso argillosa presente. In tutti i livelli le sabbie si presentano mediamente addensate.

In Tab. 2.2 sono riassunti i risultati di numerose prove eseguite su campioni di diversa provenienza.

**Tab. 2.2** *Caratteristiche tecniche delle sabbie Calabriane-Siciliane*

Peso specifico reale	2.65 - 2.67 gr/cm <sup>3</sup>
Peso dell'unità di volume	1.85 - 2.18 gr/cm <sup>3</sup>
Contenuto naturale dell'acqua	18% - 30%
Grado di saturazione	90%
Angolo di attrito interno	28° - 38°
Coesione	0 - 0.15 kg/cm <sup>2</sup>
Permeabilità (per le sabbie fini con limo)	4.10 <sup>-4</sup> - 1.3.10 <sup>-6</sup> cm/sec

#### c) LE SABBIE DEL CALABRIANO-SICILIANO COME TERRENI DA FONDAZIONE

Riguardo al comportamento della formazione delle sabbie come terreno da fondazione si può affermare che sia il notevole spessore della formazione che si mantiene in genere dell'ordine di alcune decine di metri, sia l'orizzontalità degli strati, sia la omogeneità ed uniformità su grandi estensioni, sia le caratteristiche geotecniche di assieme, sia infine la mancanza di acqua, fanno ritenere queste sabbie un discreto terreno di fondazione al quale i costruttori romani trasmettono con le fondazioni dei manufatti carichi unitari dell'ordine di 2 - 2.5 kg/cm<sup>2</sup>. Tale favorevole comportamento che in generale la formazione sabbiosa presenta alle sollecitazioni trasmesse dalle fondazioni dei manufatti, non si riscontra ovviamente, al bordo degli affioramenti della formazione ove il suo spessore è modesto e dove essa è sede di una falda d'acqua la cui base poggia sulle argille plioceniche sottostanti, né si riscontra ove sono più frequenti le intercalazioni limoso sabbiose o limoso argillose. E' consigliabile pertanto, prima di progettare le fondazioni dei manufatti interessanti questi terreni, compiere una indagine preventiva ed estesa allo scopo di rilevare nel modo più completo possibile le eventuali variazioni sia in orizzontale che in verticale delle caratteristiche geotecniche del complesso e la presenza di possibili livelli acquiferi.

### 2.2.3 SEDIMENTI DEL SICILIANO

Le formazioni del periodo geologico Siciliano comprendono tutte quelle comprese fra i sottostanti depositi del Calabriano e del Pliocene e le sovrastanti formazioni vulcaniche.

Esse pertanto comprendono:

- presenti soprattutto nella parte settentrionale del territorio del Comune di Roma: a) argille, sabbie e ghiaie di ambiente salmastro (qt); b) ghiaie con molluschi marini, ghiaie di facies deltizia e depositi alluvionali di ciottolame e puddinghe (qc);
- presenti soprattutto nella parte meridionale del territorio del Comune di Roma; c) diatomiti, limi lacustri e palustri (qt); d) concrezioni e livelli travertinosi (qt); e) sabbie dunari arrossate, livelli di sabbie con ghiaie, sabbie fluviali e deltizie (qt); f) argille sabbiose e sabbie gialle, localmente cementate in concrezioni e lenti di ciottolame (qt);
- affioranti soprattutto nella zona di Castel Porziano: g) sabbie, ghiaie e marne d'acqua dolce (qsl); h) puddinghe e conglomerati, ghiaie arrossate per ossidazione (qsl).

Per una sintesi delle cognizioni acquisite con le analisi di laboratorio sono stati riuniti i risultati in due gruppi di tabelle, uno riguardante i campioni di argille (Tab. 2.3), di limi (Tab. 2.4) e di sabbie e ghiaie (Tab. 2.5) dei sedimenti presenti nella parte settentrionale, e l'altro riguardante i campioni di argille (Tab. 2.6), di limi (Tab. 2.7) e di sabbie e ghiaie (Tab. 2.8) dei sedimenti presenti nella parte meridionale del Comune di Roma.

In ogni tabella poi le analisi sono state raggruppate in base al settore di prelevamento dei campioni esaminati.

#### 2.2.3.1 SEDIMENTI DEL SICILIANO DELLA ZONA SETTENTRIONALE DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ROMA

##### a) COSTITUZIONE

I sedimenti del Siciliano affioranti o riscontrati con i sondaggi nella parte settentrionale del Comune di Roma e cioè a nord dei settori di Castel di Guido, Casalotti, Roma Nord, La Rustica, comprendono un complesso di argille, limi grigi, verdi e gialli, di ambiente salmastro, un complesso di argille torbose e di sabbie fini giallastre, fluviali e litoranee, un complesso di sabbie rossastre eoliche, di sabbie gialle grossolane, deltizie, talora cementate ed infine livelli di travertini e di sabbie calcaree di origine chimica.

Per quanto riguarda la percentuale complessiva dei livelli sabbiosi rispetto ai livelli argillosi e limosi, dall'esame delle stratigrafie dei sondaggi risulta che i livelli argillosi e limosi sono molto più abbondanti delle sabbie.

Dall'esame dei risultati delle prove di laboratorio (Tab. 2.3, 2.4, 2.5) risultano le caratteristiche geotecniche sintetizzate qui di seguito.

##### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE ARGILLE E DEI LIMI

###### b1) CARATTERISTICHE FISICHE

Dall'esame delle Tab. 2.3 e 2.4 risulta che il *peso specifico* varia nei diversi campioni da 2.63 a 2.88 gr/cm<sup>3</sup>, con valori più frequenti tra 2.68 e 2.72; il *peso dell'unità di volume* varia da 1.08 a 2.05 gr/cm<sup>3</sup> con valori più frequenti tra 1.60 e 2.0 gr/cm<sup>3</sup>; il contenuto naturale d'acqua varia dal 18% al 55%, con valori più frequenti tra il 20% ed il 35%; il *grado di saturazione* varia da 0.80 ad 1.66 con valori più frequenti da 0.75 ad 1.

###### b2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

I campi di variazione delle percentuali delle varie frazioni granulometriche nelle argille e nei limi sono i seguenti:

	livelli di argille, argille limose e argille sabbiose	livelli di limi, limi argillosi e limi sabbiosi
ghiaia %	0 - 3	
sabbia %	1 - 38 (valori più frequenti 0 - 20)	0 - 33 (valori più frequenti 5 - 20)
limo %	10 - 47 (valori più frequenti 16 - 35)	37 - 72 (valori più frequenti 10 - 65)
argilla %	41 - 85 (valori più frequenti 45 - 64)	12 - 46 (valori più frequenti 20 - 40)



In ambedue i gruppi le percentuali del secondo costituente (limo od argilla) sono fortemente variabili ed esistono tutti i termini di passaggio dalle argille debolmente limose (argilla 85%, limo 10%) ai limi debolmente argillosi (limo 72%, argilla 12%).

#### b3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Dalle Tab. 2.3 e 2.4 per i valori delle caratteristiche di consistenza per le argille ed i limi dei complessi del Siciliano risulta che il *limite di liquidità* varia dal 24% al 66% con valori più frequenti tra il 40% ed il 60%; (è stato anche riscontrato il valore anomalo di 103% in un campione di limo con argilla debolmente sabbioso con detriti, proveniente dal settore Casalotti, a m. 25 di profondità; ad esso è associato un altrettanto anomalo indice di plasticità pari al 73%) il *limite di plasticità* varia dal 14% al 34%, con valori più frequenti tra il 20% e il 30%; l'*indice di plasticità* varia dal 10% al 44% con valori più frequenti tra il 15% ed il 34%; l'indice di consistenza varia da 0.23 a 1.2 con valori più frequenti tra 0.5 ed 1 (è stato riscontrato il valore anomalo zero in un campione di limo con argilla e con sabbia prelevato in via Sabiniano, Roma, a m. 3 di profondità; l'*attività* varia da 0.3 a 0.82, con valori più frequenti tra 0.63 e 0.80.

Il campo di variazione delle caratteristiche di consistenza quale risulta dalle analisi riportate in Tab. 2.3 e 2.4 è rappresentato nella Carta di Casagrande in fig. 2.3.

#### b4) CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le prove di resistenza a compressione a d.l.l. hanno fornito valori da 0 a 8.2 kg/cm<sup>2</sup> con valori più frequenti fra 0 e 3.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Alle prove di taglio diretto c.d. la coesione è risultata variabile da 0 a 0.7 kg/cm<sup>2</sup>, con valori più frequenti fra 0.20 e 0.40 kg/cm<sup>2</sup> e l'angolo d'attrito interno è risultato compreso fra 16° e 32° con valori più frequenti fra 18° e 28°.

Le prove triassiali hanno fornito per campioni n.c. n.d. per la coesione valori compresi fra 0.4 e 1.58 kg/cm<sup>2</sup>, su campioni c, n.d. coesione di 0.02 kg/cm<sup>2</sup> ed angolo d'attrito di 26° con termini di tensione efficace e coesione di 0.3 kg/cm<sup>2</sup> ed angolo d'attrito di 20° con termini di tensione totale.

Le prove di compressibilità edometrica hanno fornito per E' i seguenti intervalli di valori

per $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16
E'	26 - 60	34 - 96	38 - 202	47 - 203	67 - 223

La permeabilità è risultata sempre bassa compresa cioè fra  $3.7 \times 10^{-7}$  e  $5 \times 10^{-7}$  cm/sec.

#### c) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LIVELLI A PREVALENTE FRAZIONE SABBIOSA O SABBIOSO GHIAIOSA

Le sabbie, le sabbie limose e le sabbie argillose hanno presentato alle analisi di laboratorio caratteristiche geotecniche fortemente variabili, in dipendenza della percentuale delle frazioni fini e finissime.

##### c 1) CARATTERISTICHE FISICHE

Alle analisi di laboratorio (Tab. 2.5) è risultato che nei campioni esaminati il *peso specifico* varia da 2.62 a 2.76 gr/cm<sup>3</sup>, il *peso dell'unità di volume* da 1.33 a 1.92 gr/cm<sup>3</sup> ed il *contenuto naturale d'acqua* dal 17% al 58%.

##### c 2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Le analisi hanno fornito per i campi di variazione delle percentuali delle varie frazioni granulometriche i seguenti risultati:

ghiaia % 0 - 24	}	ghiaia più sabbia (%) 36 - 93
sabbia (%) 30 - 93		
limo (%) 7 - 42	}	limo più argilla (%) 7 - 64
argilla (%) 1 - 28		

**Tab. 2.3 a) Argille e argille limose delle formazioni del Siciliano**

Località	Prof (m)	Caratteristiche geotecniche													
		Carat. fisiche				Carat. granulometriche			Carat. di consistenza				Caratteristiche		
		peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	wn %	sat %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	Ic	A'	Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	Taglio c kg/cm <sup>2</sup>
Casalotti	8	2,85	1,78	35	86	32	27	41	48	29	19			0,11	
	9	2,69	1,79	37	94	16	28	56	52	22	30			0,25	
	14	2,68	1,81	34	93	6	13	81	60	34	26			0,55	
	17	2,71	1,99	24	93	11	16	73	58	32	26			0,50	
Castel di Guido Tenuta Malagrotta Podere Albuceto	10	2,88	1,80	31	87	38	18	44	44	24	20	0,87	0,5	0,25	
Monte Salustri	7	2,87	1,71	34	83	22	30	48	50	29	21	0,76	0,4	0,30	
	3	2,68	1,78	25	76	32	33	35	24	14	10	0	0,3	0,25	
	10	2,68	1,80	26	80	6	19	75	55	33	22	1	0,3	0,4	
	27	2,71	2,04	21	94	3	34	63	54	33	21	1	0,3	0,45	
Roma NO	6	2,66	1,90	30	146	20	27	53	57	25	32	0,84		1,8-2	0,30
	8	2,65	1,75	33	131	10	26	64	58	24	34	0,73		1,2-1,3	0,35
	9	2,68	1,98	26	158	9	43	48	51	30	21	1		2 - 2,5	0,3
	11	2,71	1,98	25	158	3	34	63	55	27	28	1		2,3 - 3	0,3
	12	2,68	1,75	27	138	10	29	61	57	27	30	1		1,4 - 1,7	0,35
	13	2,68	1,96	25	158	20	34	46	40	24	16	0,9		1,4 - 1,6	0,25
	15	2,72	1,92	20	160	7	42	51	53	25	28	1		2,6 - 3,2	0,3
	16	2,72	1,32	25	154	2	36	62	58	25	33	1		2,5 - 3	0,4
	18	2,88	1,71	33	128	20	34	46	43	27	16	0,62		1 - 1,2	0,25
	19	2,68	1,72	28	134	16	32	52	49	21	28	0,75		1,2 - 1,4	0,25
	25	2,70	1,84	25	147	4	43	53	53	23	30	0,93			0,4
	26	2,68	1,80	25	144	10	30	60	51	23	28	1		2,7 - 3	0,35
	28	2,68	1,80	32	136	21	32	47	45	29	16	0,77		1,2 - 1,5	0,20
	29	2,67	1,68	40	120	6	46	48	45	24	21	0,23		1,4 - 1,6	0,20
	31	2,73	1,95	23	158	10	20	70	63	21	42	0,95		1,4 - 1,6	0,40
	35	2,69	1,76	40		5	10	85	66	24	42	0,59		1,8 - 2	0,40
40	2,72	1,86	23	150	6	20	74	64	20	44	0,93		2,5 - 3	0,45	
50	2,72	1,93	20	1,61	10	18	72	61	22	39	1		2,8 - 3	0,4	

MI limo di media plasticità, mediamente compressibile

MH limo organico di alta plasticità e fortemente compressibile

CI argilla inorganica di media plasticità e mediamente compressibile

CH argilla inorganica di alta plasticità e fortemente compressibile

CL argilla sabbiosa di bassa elasticità e scarsamente compressibile

presenti nella parte settentrionale del territorio del Comune di Roma (da Casalotti a Roma NO)

meccaniche								Caratt. di compressibilità							Classificazione	
dirett	Triassiale		$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16	Secondo Casagrande	Sec AGI						
$\phi$	cu, c' kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	Indice edometrico E' kg/cm <sup>2</sup>													
	c' nd															
28°	0,02	26°							MI	argilla con limo e con sabbia						
16°30'									CH	argilla con limo sabbiosa						
16°30'									MH	argilla deb. sabbiosa e deb. limosa						
18°									MH	argilla limosa deb. sabbiosa						
24°	nc,nd															
	0,4	0°							CI	argilla con sabbia limosa						
21°30'	nc,nd								MI - MH	argilla con limo sabbiosa						
	0,63	0°														
24°30'									CL	argilla con limo e con sabbia						
21°									MI - MH	argilla limosa deb. sabbiosa						
19°	nc,nd								MI	argilla con limo						
	1,58	0°														
21°									CH	argilla con limo sabbiosa						
18°30'									CH	argilla con limo deb. sabbiosa						
22°									MH-MI	argilla con limo deb. sabbiosa						
19°									CH	argilla con limo						
18°									CH	argilla con limo deb. sabbiosa						
22°									CI	argilla con limo sabbiosa						
20°									CH	argilla con limo deb. sabbiosa						
18°									CH	argilla con limo						
26°									CI - MI	argilla limosa sabbiosa						
22°									CI - CH	argilla con limo sabbiosa						
20°									CH	argilla con limo						
19°									CH - CI	argilla con limo deb. sabbiosa						
23°									MI	argilla con limo sabbiosa						
24°									CI	argilla con limo deb. sabbiosa						
18°									CH	argilla limosa deb. sabbiosa						
17°30'									CH	argilla deb. limosa deb. sabbiosa						
16°									CH	argilla limosa deb. sabbiosa						
18°									CH	argilla limosa deb. sabbiosa						

Attività A' = Ip / pass 2  $\mu$

**Tab. 2.3 b) Argille e argille limose delle formazioni del Siciliano**

Località	Prof (m)	Caratteristiche geotecniche													
		Carat. fisiche				Carat. granulometriche			Carat. di consistenza					carat.	
		peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	w <sub>n</sub> %	sat %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	Ic	A'	Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	Taglio c kg/cm <sup>2</sup>
Roma NE Via di S. Costanza	20	2,72	1,65	49	97	8	44	48	66	34	32	0,53	0,65		0,35
	34	2,75	1,96	26	94	10	40	50	55	22	33	0,86	0,63	4,6 - 3,8	
La Rustica	6	2,66	1,90	30	97	20	27	53	57	25	32	0,84		1,8 - 2	0,3
	8	2,71	1,94	29	97	11	23	66	58	24	34	0,85		1,6 - 1,8	0,4
	9	2,68	1,98	26	37	9	43	48	51	30	21	1		2 - 2,5	0,3
	11	2,71	1,98	25	95	3	34	63	55	27	28	1		2,3 - 3	0,3
	12	2,68	1,75	27	76	10	29	61	57	27	30	1		1,4 - 1,7	0,35
	13	2,68	1,96	26	95	20	34	46	40	24	16	0,9		1,4 - 1,6	0,25
	15	2,73	2,03	24	98	5	31	64	60	23	37	0,97		4 - 4,2	0,35
	16	2,63	1,95	24	91	23	32	45	41	27	14	1		0,9 - 1	0,20
	18	2,88	1,71	33	81	20	34	46	43	23	16	0,62		1 - 1,2	0,25
	19	2,68	1,72	28	75	16	32	52	49	21	28	0,75		1,2 - 1,4	0,25
	23	2,68	1,80	31	87	4	44	52	48	24	24	0,70		1,8 - 2	0,25
	25	2,68	1,67	28	71	7	27	66	57	24	33	0,87		1,8 - 2	0,4
	26	2,68	1,80	25	77	10	30	60	51	23	28	1		2,7 - 3	0,35
	28	2,67	1,68	40	87	6	47	47	45	24	21	0,23		1,4 - 1,6	0,2
	31	2,73	1,95	23	87	10	20	70	63	21	42	0,95		1,4 - 1,6	0,4
35	2,69	1,76	40	95	5	10	85	66	24	42	0,59	0,59	1,8 - 2	0,4	
40	2,72	1,86	23	78	6	20	74	64	20	44	0,93	0,93	2,5 - 3	0,45	
50	2,72	1,93	20	79	10	18	72	61	22	39	1		2,8 - 3,2	0,4	

MI limo di media plasticità, mediamente compressibile

MH limo organico di alta plasticità e fortemente compressibile

CI argilla inorganica di media plasticità e mediamente compressibile

CH argilla inorganica di alta plasticità e fortemente compressibile

CL argilla sabbiosa di bassa elasticità e scarsamente compressibile

presenti nella parte settentrionale del territorio del Comune di Roma (da Roma NO a La Rustica)

									Classificazione	
meccaniche			Caratt. di compressibilità						Secondo Casagrande	Sec AGI
dirett	Triassiale		$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16		
$\phi$	cu, c' kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	Indice edometrico E' kg/cm <sup>2</sup>							
26°									CH	argilla con limo deb. sabbiosa
									CH	argilla con limo deb. sabbiosa
21°				32	42	55	104	107	CH	argilla con limo sabbiosa
18°30'				29	34	67	83	96	CH	argilla limosa deb. sabbiosa
22°				44	82	112	154	205	MH-MI	argilla con limo deb. sabbiosa
19°					52	48	88	100	CH	argilla con limo
18°					52	60	76	107	CH	argilla con limo deb. sabbiosa
22°				29	42	55	84	184	CI - MI	argilla con limo sabbiosa
18°					91	202	203	223	CH	argilla con limo deb. sabbiosa
25°				30	48	97	113	127	MI	argilla con limo sabbiosa
26°									MI - CI	argilla con limo sabbiosa
22°									CI	argilla con limo sabbiosa
25°30'									CI	argilla con limo sabbiosa
16°									CH	argilla con limo deb. sabbiosa
19°									CH - CI	argilla con limo deb. sabbiosa
21°									CI	argilla con limo deb. sabbiosa
18°					53	75	98	118	CH	argilla limosa deb. sabbiosa
17°30'									CH	argilla deb. limosa deb. sabbiosa
16°									CH	argilla deb. limosa deb. sabbiosa
18°									CH	argilla limosa deb. sabbiosa

Attività A' = Ip / pass 2  $\mu$

**Tab. 2.4 Limi, limi argillosi e limi sabbiosi del Siciliano presenti**

Localita'	Sond	Prof. (m)	Caratteristiche geotecniche												
			Caratt. fisiche				Caratt. granulometriche			Caratt. di consistenza					Caratt.
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	wn %	sat %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	Ic	A'	Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>
Casalotti		4	2,63	1,93	26	95	34	36	30	43	24	19			
		25	2,72	1,10	53		6	65	29	103	30	73			0,7
		26			20		-	60	40	45	20	25	1-1,2	0,7	
Roma NO		9	2,68	1,84	31		14	50	36	42	28	14	0,75		1,9-2
		10	2,67	1,83	35		8	50	42	50	29	21	0,71		1-1,2
Roma NE via Somalia		5	2,69	1,82	33	92	19	41	40	45	26	19			
		11	2,72	1,90	19	75	18	42	40	47	31	16			
		24	2,70	1,08	55		21	60	19						0,3
Piazza Cinquecento		23	2,70	0,80	87		5	57	38						0,6
		24	2,70	0,71	103		1	59	40						1
		25	2,72	1,10	53		6	65	29	103	30	73			0,7
Via di S. Costanza	1	24	2,71	1,85	26	83	16	72	12	35	19	16	0,56	0,73	0,6
		30	2,70	1,95	26	94	10	55	35	46	18	28	0,72	0,82	0-2
		32	2,72	1,93	30	98	5	60	35	49	22	27	0,69	0,73	2,2-2,6
		36	2,73	1,97	26	96	8	60	32	45	21	24	0,78	0,75	1,8-2,2
		58	2,77	2,06	23	97	4	50	46	54	23	31	0,99	0,66	7,7-8,1
	2	24	2,73	1,87	30	91	12	66	22	43	21	22	0,59	0,78	
		30	2,74		26		15	58	27	45	23	22	0,84	0,8	
		35	2,72	1,95	28	97	2	70	28	39	21	18	0,59	0,64	2,3-2,7
La Rustica	1	13		2,07	23					43	20	23			3,3
		24		2,03	24					50	22	28			2,9
	2	15		1,98	27					39	16	23			2,2
	3	10	2,67	1,83	35	96	8	50	42	50	29	21	0,71		1-1,2
		16	2,70	1,87	26	90	17	47	36	53	32	21	1		2,2-3
		18	2,68	1,69	40	88	28	38	34	32	22	10			1,6-1,8
		21	2,70	1,74	30	80	33	37	30	35	25	10	0,5		1,2-1,6
		24	2,67	1,65	35	78	19	43	38	33					
	4	9	2,68	1,84	31	91	14	50	36	41	27	14	0,75		1,9-2
		16	2,68	1,78	25	80	28	40	32	42	27	15			1,2-1,6
MI limo argilloso a media plasticità e mediamente compressibile															
MH limo organico ad alta plasticità e fortemente compressibile															
CI argilla inorganica a media plasticità e mediamente compressibile															
CH argilla inorganica ad alta plasticità e fortemente compressibile															
Attività A' = Ip / pass 2 μ															

*nella parte settentrionale del territorio del Comune di Roma*

meccaniche		Caratt. di compressibilità						Classificazione			
Taglio dirett		$\sigma$ Kg cm <sup>2</sup>	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16	Secondo Casagrande		Sec AGI	
c kg/cm <sup>2</sup>	$\varphi$										
0,05	32°							CI	limo con sabbia e con argilla		
nc, nd								CH	limo con argilla		
0,2	1°										
0,30	25°					270		CI	limo con argilla		
0,15	26°							MI	limo con argilla		
0,25	27°							CI-MI	limo con argilla debolmente sabbioso		
0,35	20°							MI-CI	limo con argilla sabbioso		
								MI	limo con argilla sabbioso		
									limo sabbioso argilloso		
									limo con argilla debolmente sabbioso		
nc, nd								CH	limo con argilla debolmente sabbioso		
0,7	0°										
nc, nd								CH	limo con argilla debolmente sabbioso		
0,2	0°										
								CI	limo sabbioso deb. argilloso		
								CI	limo con argilla debolmente sabbioso		
0,30	26°							CI	limo con argilla debolmente sabbioso		
								CI	limo con argilla deb sabbioso		
0,30	22°							CH	limo con argilla		
								CI	limo con argilla sabbioso		
								CI	limo con argilla sabbioso		
								CI	limo con argilla		
0,20	29°							CI	limo con argilla		
								CI-CH	limo con argilla sabbioso		
								MI	limo argilloso deb. sabbioso		
0,25	27°		60	96	106	188	170	CI-CH	limo con argilla debolmente sabbioso		
0,20	22°		38	48	61	76	97	CH-MH	limo con argilla sabbioso		
0,15	21°							CI	limo con argilla e con sabbia		
0,15	25°							MI	limo con sabbia e con argilla		
0,25	25°								limo con argilla sabbioso		
0,15	26°		27	42	92	134	106	MI	limo con argilla deb. sabbioso		
0,35	18°							MI	limo con argilla e con sabbia		

**Tab. 2.5 Sabbie e sabbie limose delle formazioni del Siciliano prese**

Località	Sond	Prof. m.	Caratteristiche geotecniche													
			Carat fisiche				Caratt granulometriche				Caratt di consistenza				Caratteristiche mec	
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale% sat %		G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	IC	Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	taglio c kg/cm <sup>2</sup>
Ottavia Insugherata	1	12	2,65	2,09	19		-	48	11	41	41	25	16	1,36		0,52
		23	2,70	0,71	107		1	59	40	-					1	0,7
		27	2,71	1,33	37		6	61	28	5						0,0
	2	14	2,72	1,50	46	76	20	30	40	10	35	21	14			0,10
		22	2,76	1,69	54-58			48	42	10	55	36	19			0
Casalotti Tomba di Nerone		4	2,68	1,75	33	85	12	46	31	11	11	nd	nd			0,16
		6	2,62	1,90	20		-	68	15	17						0
		16		1,92	17		-	93	7	-						0
		18	2,67	1,70	33	81										0,03
La Rustica		14	2,64	1,60	35	75	12	60	24	4						0,05
		17	2,68	1,70	25	63	9	52	28	11					1,6 - 1,8	0
		19	2,66	1,53	30	63	24	54	22	1						0
		23	2,68	1,74	25	73	-	37	35	28						0,15
MH limo organico ad alta plasticità e fortemente compressibile																
CI argilla inorganica a media plasticità e mediamente compressibile																



nti nella parte settentrionale del territorio del Comune di Roma

							Classificazione					
caniche	Caratteristiche di compresibilità											
dirett.	$\sigma$ Kg cm <sup>2</sup>	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16	Sec. Casagrande	Secondo AGI				
$\phi$	Modulo edometrico E' kg/cm <sup>2</sup>											
27°							CI	sabbia con argilla deb. limosa				
0°								sabbia con limo				
29°								sabbia con limo deb.ghiaiosa				
29°							CI	limo deb. argilloso con sabbia ghiaiosa				
32°							MH	sabbia con limo deb.argillosa				
27°								sabbia con limo deb.argillosa, deb ghiaiosa				
33°		36	63	103	170	285		sabbia argillosa deb.limosa				
35°								sabbia deb. limosa				
30°,30'								sabbia limosa				
27°								sabbia limosa deb.ghiaiosa				
28°								sabbia con limo deb.argillosa				
28°								sabbia ghiaiosa e limosa				
26°								sabbia con limo e con argilla				

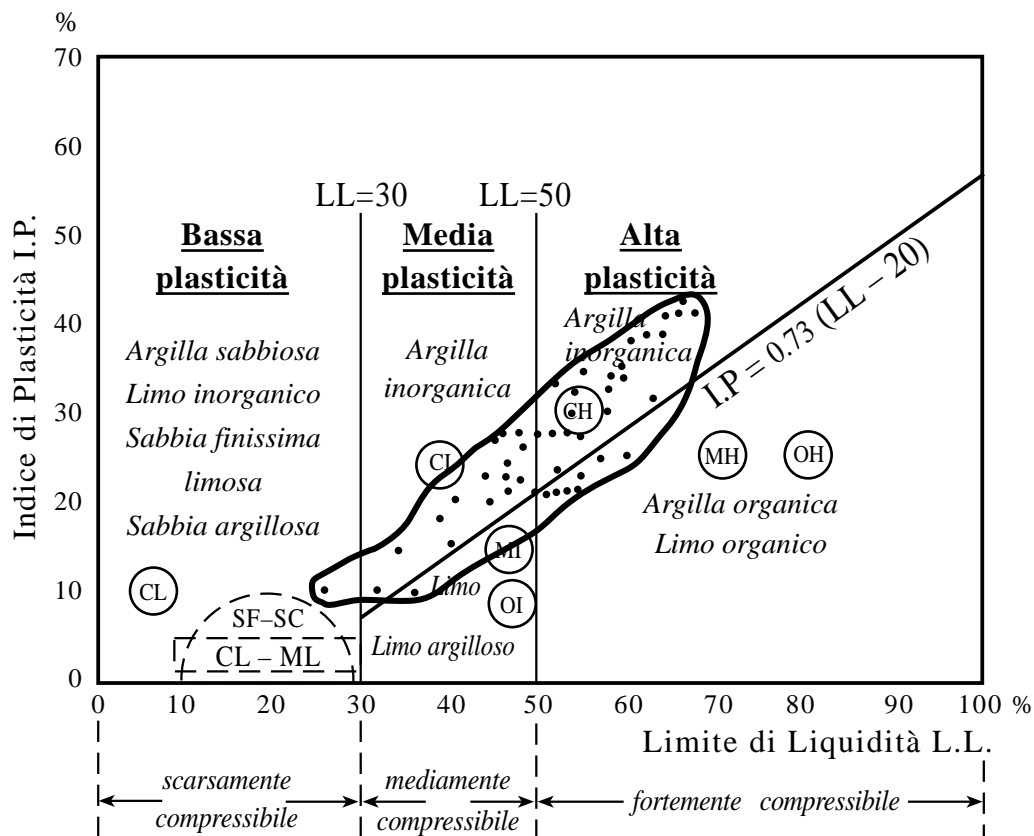


Fig. 2.3 Carta di Casagrande. Campo delle argille limose e dei limi argillosi della parte settentrionale del territorio del Comune di Roma.

Pertanto tra i campioni di sabbie esaminati alcuni risultano costituiti quasi esclusivamente da sabbia o ghiaia, mentre altri presentano una prevalenza delle frazioni fini (limi) o finissime (argilla).

#### c 3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Dalla Tab. 2.5 risulta che nelle sabbie, sabbie limose e sabbie argillose il limite di liquidità varia dall'11% al 55%, il limite di plasticità è compreso fra il 21% ed il 36% e l'indice di plasticità varia dal 14% al 16%.

#### c 4) CARATTERISTICHE MECCANICHE

Nei livelli prevalentemente sabbiosi le prove di taglio diretto hanno fornito, a seconda della percentuale minore o maggiore delle frazioni limose ed argillose, per la coesione valori compresi fra 0 e 0.16 kg/cm<sup>2</sup> e per l'angolo d'attrito valori da 26° a 35° e per la coppia coesione-angolo d'attrito i seguenti campi di variazione

coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	0 - 0.05	0.05 - 0.10	0.10 - 0.16
angolo d'attrito	32° - 35°	27° - 29°	26° - 27°

Si segnala inoltre che, localmente, nelle sabbie si sono riscontrati dei livelli di sabbia calcarea, localmente cementata e con noduli e lenti più o meno sottili ed estesi di concrezioni travertinose; la granulometria di questi livelli è prevalentemente sabbioso limosa con percentuali delle sabbie intorno al 30 - 35% e del limo intorno al 45 - 50%; il limite di liquidità varia intorno al 30% e l'indice di plasticità tra il 5% ed il 10%.

#### d) PROVE DI CARICO

Per avere un'indicazione sulla capacità portante delle sabbie sono state eseguite alcune prove di carico. A titolo di esempio dei risultati ottenuti, si riportano i dati relativi ad una prova di carico eseguita su un palo del diametro di 0.80 e della lunghezza di 12 metri. I terreni attraversati dal palo sono terreni di riporto del tutto inconsistenti per sette metri e sabbia per cinque metri; al disotto

della punta del palo la sabbia era stata accertata preventivamente per uno spessore non inferiore ad otto metri. Nei venti metri esplorati non è stata incontrata alcuna falda acquifera. La portanza del palo era pertanto affidata praticamente soltanto alla resistenza alla punta offerta dalla sabbia. I risultati della prova, bene rappresentati nel grafico carichi/cedimenti di fig. 2.4. possono riassumersi nei seguenti punti:

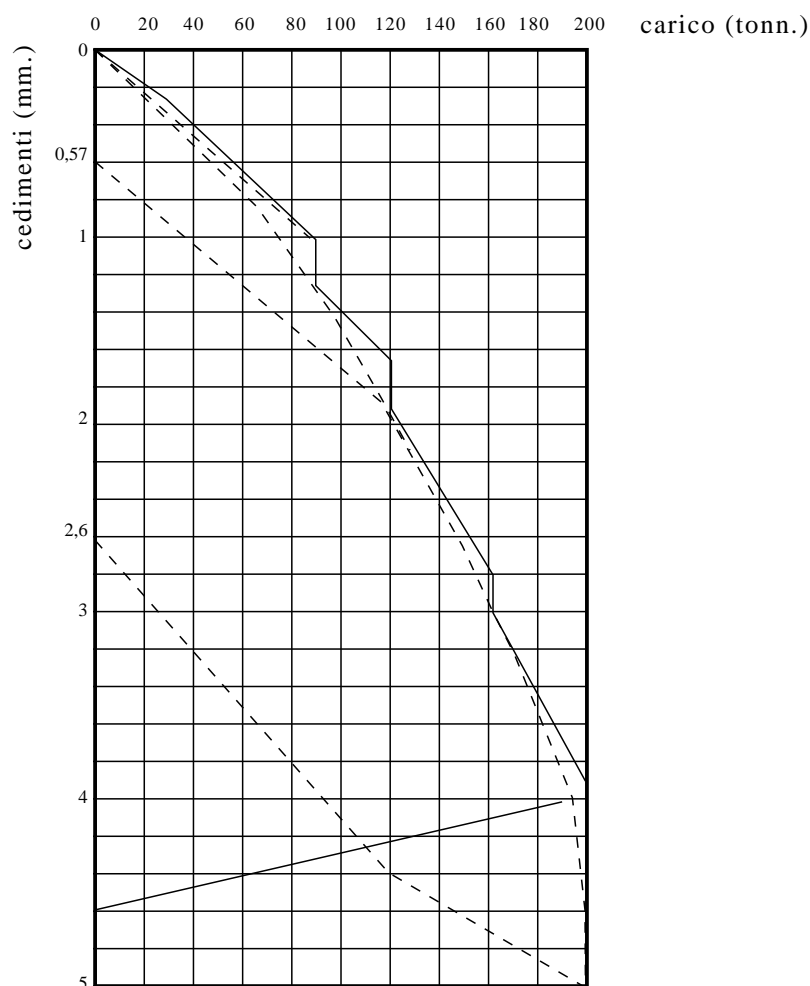


Fig 2.4 Prova di carico su un palo  $\phi$  0.80, lungh. 12 m. stratigrafia: 0-7 terreno di riporto; 7-10 sabbia gialla; 10-12 sabbia grigia; 12-20 sabbia. Località zona stazione Aurelia-Villa Troili.

- 1°) al carico di 120 tonnellate il cedimento è risultato di mm. 1.85; la curva di ritorno indica allo scarico un cedimento di mm. 0.57 pari a circa il 31% del cedimento totale;
- 2°) al carico di 200 tonnellate il cedimento è risultato di mm. 5.07 ed allo scarico il cedimento residuo è risultato di mm. 2.60, pari a circa il 50% del cedimento totale;
- 3°) dall'andamento della curva cedimenti/carichi risulta che, al carico di 200 tonnellate, si è presso la zona di massima curvatura ("ginocchio") della curva.

### LE GHIAIE COME TERRENI DI FONDAZIONE

Particolare interesse riguardo alle fondazioni degli edifici presenta il banco di ghiaia e sabbia che si riscontra intercalato o sottostante ai livelli argillosi, limosi o sabbiosi del complesso del Siciliano (qt).

Le caratteristiche delle ghiaie possono riassumersi nei seguenti dati: coesione nulla; angolo d'attrito  $34^\circ - 35^\circ$  anche se nel caso di ghiaia compatta, bene addensata può giungere fino a  $45^\circ$ ; peso volume 1.7 - 2 ton/m<sup>3</sup>.

Pertanto quando il banco di ghiaia ha uno spessore sufficiente la resistenza offerta ai carichi trasmessi è elevata.

Un'indicazione su tale comportamento è data dai risultati di una prova di carico effettuata su un palo del diametro di m. 0.80 e della lunghezza di 31 metri ed eseguito in un sito nel quale era stata riscontrata la seguente stratigrafia:

da m.	0.00	a m.	6	terra e sabbia;
“	6	“	11	sabbia;
“	11	“	29	argilla limosa e limo argilloso;
“	29	“	31	ghiaia in matrice sabbiosa.

I risultati della prova, bene rappresentati in fig. 2.5 nel grafico carico/cedimenti, possono riassumersi nei seguenti punti:

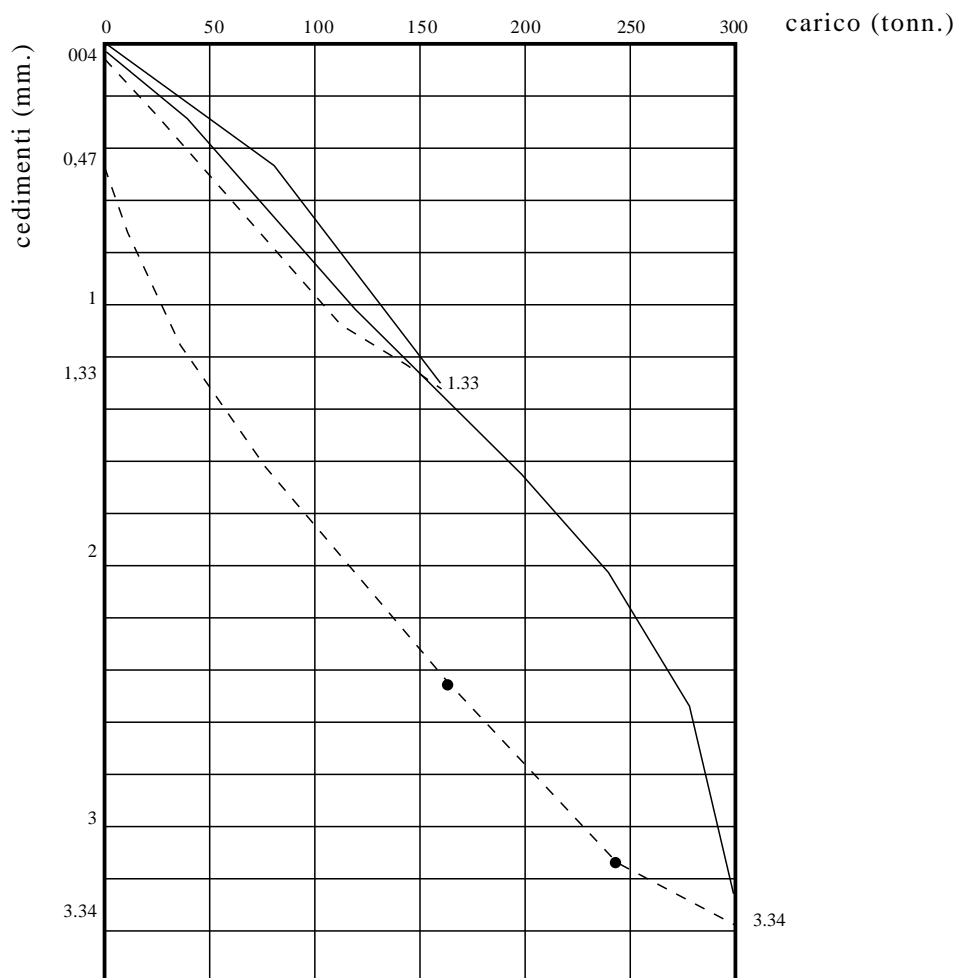


Fig. 2.5 Prova di carico su un palo  $\phi$  0.80, lungh. 31 m. stratigrafia: 0-6 terra e sabbia; 6-11 sabbia; 11-29 argilla limosa e limo argilloso; 29-31 ghiaia in matrice sabbiosa. Località zona stazione Aurelia-Villa Troili.

- 1°) al carico di 160 tonnellate il cedimento è risultato di mm. 1.33, la curva di ritorno indica allo scarico un cedimento residuo praticamente nullo (mm. 0.04);
- 2°) al carico di 300 tonnellate il cedimento è risultato di mm. 3.34 ed allo scarico il cedimento residuo è risultato di mm. 0.47 pari a circa il 14% del cedimento totale.

### 2.2.3.2 SEDIMENTI DEL SICILIANO DELLA ZONA MERIDIONALE DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ROMA

#### a) COSTITUZIONE

I sedimenti del Siciliano nella parte meridionale del Comune di Roma, affioranti o riscontrati con

i sondaggi nella zona a sud dei settori di Castel di Guido, Casalotti, Roma Nord, Rustica, sono costituiti prevalentemente da argille, argille limose e limi argillosi e, subordinatamente, da sabbie più o meno limose.

Peraltro nella zona a sud ovest della città di Roma ed a Ponte Galeria sono presenti importanti livelli, di notevole potenza di ghiaie più o meno sabbiose.

#### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE ARGILLE E DEI LIMI

Dalle analisi di laboratorio risulta che le caratteristiche geotecniche nei campioni esaminati variano entro limiti notevolmente estesi, e che tali variazioni non dipendono soltanto dalla maggiore o minore profondità di prelevamento dei campioni.

##### b 1) CARATTERISTICHE FISICHE

Il *peso specifico* varia da 2.62 a 2.87 gr/cm<sup>3</sup> con valori più frequenti tra il 2.65 ed il 2.78 gr/cm<sup>3</sup>; il *peso dell'unità di volume* è compreso fra 1.35 e 2.09 gr/cm<sup>3</sup>, con valori più frequenti tra 1.70 e 2.04 gr/cm<sup>3</sup>; il contenuto naturale d'acqua varia dal 12% al 83% con valori più frequenti dal 25% al 35%; il grado di saturazione varia da 0.64 ad 1, con valori più frequenti da 0.78 a 0.98.

##### b 2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

I campi di variazione delle percentuali delle varie frazioni granulometriche sono indicati separatamente per i campioni a prevalenza di argilla e per i campioni a prevalenza di limi (Tab. 2.6)

<b>Tab. 2.6 Granulometria dei livelli limosi e dei livelli argillosi</b>				
	livelli di limi sabbiosi e di limi argillosi		livelli di argille, di argille limose e di argille sabbiose	
	percentuali	valori più frequenti	percentuali	valori più frequenti
sabbia (%)	0 - 35	0 - 10	0 - 37	0 - 5
limi (%)	47 - 67	45 - 60	5 - 47	8 - 42
argilla (%)	11 - 50	40 - 50	36 - 94	35 - 50

Dall'esame delle analisi granulometriche risulta che nei campioni di argille e di limi la frazione sabbiosa può raggiungere anche il 37% del totale, anche se in genere non supera il 10%.

##### b 3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Dalle Tab. 2.7 e 2.8 per i valori delle caratteristiche di consistenza per le argille ed i limi risulta che il *limite di liquidità* varia dal 35% al 90% con valori più frequenti da 35% a 65%; il *limite di plasticità* varia dal 15% al 62% con valori più frequenti dal 20% al 35%; l'*indice di plasticità* varia dal 11% al 48% con valori più frequenti dal 15% al 30%; l'*indice di consistenza* varia da 0.04 a maggiore di 1 con valori più frequenti tra 0.6 e 1.

Il campo di variazione delle caratteristiche di consistenza, quale risulta dalle analisi è rappresentato nella Carta di Casagrande in fig. 2.6. Da questa è messo in evidenza che trattasi prevalentemente di argille e limi argillosi, inorganici, a plasticità da media ad alta.

Tra i campioni esaminati fanno eccezione alcuni pochi campioni che hanno fornito per il limite di liquidità valori fra il 79% ed il 90% e per l'indice di plasticità valori dal 28% al 48%.

##### b 4) CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le prove di taglio c.d. hanno fornito per la coesione valori compresi fra 0.10 e 1.23 kg/cm<sup>2</sup>, con valori più frequenti tra 0.20 e 0.60 kg/cm<sup>2</sup> e per l'angolo d'attrito interno valori compresi fra 12° e 28° con valori più frequenti tra 15° e 24°. Le prove n.c. n.d. hanno fornito per la coesione valori compresi fra 0.46 e 0.83 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tab. 2.7 Argille e argille limose delle formazioni del Siciliano**

Località	Prof. m.	Caratteristiche												
		Carat. fisiche				Caratt. granulometriche				Caratt. di consistenza				
		peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale %	sat %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	IC	A'
Monte Salustri Tenuta Malagrotta	3	2,87	1,70	31	78	-	34	30	36	43	29	14	0,86	0,4
	4	2,65	1,60	40	84	-	26	34	40	47	30	17	0,42	0,4
	6	2,67	1,67	39	86	-	4	18	78	58	34	24	0,78	
La Massimina Casal Lumbroso Casale Massa Gallese	3	2,69	1,84	25	82					50	32	18	1	0,3
	4	2,71	1,79	26	77					59	29	30	1	0,4
	7	2,70	1,80	35	92					65	37	28	1	0,3
	8	2,71	1,80	40	98					59	31	28	0,69	0,3
	9	2,70	1,78	42	98					53	33	20	0,58	0,3
	10	2,74	1,94	30	98					59	29	30	0,38	0,4
Serpentone (IAPC)	8	2,78	1,84	37	96	-	-	24	76	79	31	48	0,88	0,62
Via Guinizelli	6	2,62	2,03	20	96	-	37	25	38	42	21	21	1,03	
Villa Sciarra	6	2,70	1,85	19	64	-	21	18	61	57	34	23	1	0,3
	15	2,70	1,35	31	92	-	-	14	86	64	27	37	0,81	0,4
Villa Doria Pamphili	4	2,71	1,90	13	74	-	28	24	48	47	27	20	1	0,4
	33	2,72	1,94	44	98	-	19	32	49	48	30	18	1	0,3
V. Belluzzo Via degli Irlandesi	4	2,68	1,76	29	81	-	-	9	91	61	33	28		0,3
	5	2,68	1,75	28	79	-	1	5	94	62	32	30		0,3
	7	2,69	1,74	30	81	-	2	15	83	58	29	29		0,3
	8	2,68	1,72	29	77					63	32	31		0,3
Palazzo Valentini Via 4 Novembre	16	2,70	1,95	29	100					53	26	27	0,88	
	20	2,71	1,98	25	99					46	22	24	0,81	
Ponte Galeria Via Ponte Pisano	14	2,75	1,93	29	95		3	47	50	44	22	22	0,67	0,43
	15	2,74	1,98	26	97		4	55	41	44	22	22	0,79	0,53
	21	2,76	1,94	30	98		5	47	48	44	22	22	0,63	0,46
	22	2,74	1,97	26	98		4	57	39	38	21	17	0,63	0,44
Spinaceto Tenuta della Perna	15	2,78	1,96	29		-	3	42	55	53	19	34	0,70	
	21	2,78	1,70			-	3	30	67	64	35	29	0,47	
		MI limo argilloso a media plasticità e mediamente compressibile MH limo organico ad alta plasticità e fortemente compressibile CI argilla inorganica a media plasticità e mediamente compressibile CH argilla inorganica ad alta plasticità e fortemente compressibile												

presenti nella parte meridionale del territorio del Comune di Roma

geotecniche										Classificazione	
Carat. meccaniche					Carat. di compressibilità					Secondo Casagrande	Secondo AGI
Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	taglio dirett.		triassiale		$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	0,5-1	1-2	2-4	4-8		
	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	cu c'	$\phi$						Indice edom. E' kg/cm <sup>2</sup>	
	cd									MI	argilla con sabbia e con limo
	0,2	24°									
	cd		nc,nd							MI	argilla con limo e con sabbia
	0,1	18°	0,2	0°							
	cd		nc,cd			83	70	57	101	MH-MI	argilla con sabbia limosa
	0,35	22°	0,45	0°							
	cd		nc,nd			35	41	65	109	CH	argilla limosa
	0,30	18°	0,35	0°							
	cd		nc,nd			25	31	48	82	MH	argilla deb limosa
	0,45	18°	0,65	0°							
	cd		nc,nd			34	42	48	66	CH-MH	argilla limosa deb sabbiosa
	0,35	20°	0,66	0°							
	cd		nc,nd			36	50	84	112	MH	argilla limosa deb sabbiosa
	0,35	23°	1,18	0°							
	cd		nc,nd			24	33	48	89	CH	argilla limosa
	0,55	16°	1,3	0°						CH	argilla limosa
4,85	cd					193	192	170	182	CI	argilla con limo e con sabbia
	0,3	23°									
	nc,nd										
	0	24°									
	cd									MH	argilla limosa e sabbiosa
	0,35	20°									
	cd		nc,nd							CH	argilla deb limosa
	0,35	18°	0,48	0°							
										CI-MI	argilla sabbiosa e limosa
										MI	argilla con limo sabbiosa
	cd		nc,nd							MH	argilla deb limosa
	0,35	17°30'	0,97	0°							
	cd									CH	argilla deb limosa
	0,4	15°									
	cd		nc,nd							CH	argilla limosa
	0,4	18°30'	0,55	0°							
	cd		nc,nd							CH	argilla deb. limosa
	0,45	16°30'	1,03	0°							
	cd									CI	argilla limosa
	1,23	25°									
3,2						10	16	31	65	CI	argilla limosa
1,5	cd									CI	argilla con limo
	0,32	19°									
										CI	limo con argilla
										CI	argilla con limo deb.sabbiosa
										CI	limo con argilla
	cd									CH	argilla con limo
	0,20	25								MH	argilla con limo

Attività A' = Ip/ pass 2μ

**Tab. 2.8 Limi, limi argillosi e limi sabbiosi delle formazioni del**

Località	Sond	Caratteristiche geotecniche														
		Prof. (m)	Carat. fisiche				Carat. granulometriche			Carat. di consistenza					Carat.	
			peso spec g/cm <sup>3</sup>	peso volume g/cm <sup>3</sup>	acqua naturale %	sat %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	IC	A'	Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	taglio c kg/cm <sup>2</sup>
Massimina Casal Lumbroso Via Aurelia km 8		8	2,64	1,84	22	77	13	64	23	38	23	15	1,08	0,64		0,07
		18		1,61	53					70	50	20	0,57			0,26
		21	2,69	1,80	35	98				40	25	15	0,38	0,3		0,20
Via Maglianella		4-10	2,67-2,68			97-98	2- 7	60-65	31-33		12				1,03-6,31	0,08-0,1
Villa Sciarra		24	2,72	2,02	20	91	2	50	48	49	29	20	1	0,4		0,4
Roma SE P.S. Giovanni		12	2,63		54											
		14	2,68	1,70	55	100										
		24	2,76	1,97	26					41	24	17	0,85	0,56	1,88 2,08	
Piazza Dante		17	2,71	1,80	37	91				58	30	28	0,80	0,7		0,5
Villa Celimontana		23	2,72	2,02	19	86	-	31	67	58	37	21	1	0,3		
EUR Torino Nord Prato Rotondo	S1	53	2,72	1,93	22	84	3	70	27	48	32	16	1	0,8		
		54	2,71	2,02	25		3	60	37	38	21	17	0,73			0,55
		55	2,75	2,06	25		2	59	39	40	15	25				1,1
		60	2,73	2,00	27			53	47	45	25	20				0,7
	S2	2	2,72	1,88	29					49	22	27	0,74			0,25
		24	2,68	2,09	21		8	60	32	35	20	15	0,93			0,75
	S3	8	2,70	1,99	27			54	46	57	27	30	0,98			0,4
	S4	39	2,75	1,96	24		1	51	48	44	18	26	0,79			0,6
		51	2,75	2,0	25		6	57	37	38	22	16	0,81			0,5
		55	2,73	2,06	23		7	49	44	42	24	18	>1			0,55
	S5	14	2,65	1,45	83		2	51	47	90	62	28	0,24			0,25
		22	2,73	1,78	35		35	54	11	37	26	11	0,20			0
		33	2,72	1,86	32		3	53	44	47	25	22	0,69			0,3
		46	2,75	1,96	28		5	50	45	40	23	17	0,72			0,4
		60	2,73	1,96	27			56	44	43	23	20	0,77			0,6
	S6	20	2,71	1,73	34		8	67	25	40	25	15	0,40			0,05
		33	2,73	1,89	34		3	50	47	57	30	27	0,04			0,4
		48	2,74	2,03	25			56	44	36	16	20	0,54			0,4
Torino Nord Via di Decima		39	2,75	1,96	28			52	48	46	21	25	>1		0,4	
Torino Nord Via C. Troiani		8	2,71	1,80	39		8	50	42	51	23	28	0,63		0,5	
		16	2,64	1,90	33		2	55	43						0,4	
		24	2,68	2,09	21		8	50	42	35	20	15	0,93		0,75	
Torino Nord Largo Misserville		18	2,76	2,02	20		30	50	20						0,30	
	MI limo a media plasticità e mediamente compressibile															
	MH limo organico ad alta plasticità e fortemente compressibile															
	CI argilla inorganica a media plasticità e mediamente compressibile															
	CH argilla inorganica ad alta plasticità e fortemente compressibile															
	Attività A' = Ip / pass .2 μ															



Siciliano presenti nella parte meridionale del territorio del Comune di Roma

										Classificazione		
meccaniche			Carat. di compressibilità							Sec Casagrande	Sec. AGI	
diretto	triassiale		$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-8			8-16
$\phi$	cu c' kg/cm <sup>3</sup>	$\phi$	Modulo edometrico E' kg/cm <sup>2</sup>									
31°											MI-CI	limo argilloso deb. sabbioso
24°				13	27	42	54	99	128	165		limo da sabbioso ad argilloso
23°	nc,nd			18	27	38	72				MI-CI	limo argilloso deb. sabbioso
	0,42	0°										
27°-29°												limo argilloso a luoghi sabbioso
20°												limo con argilla
												limo con sabbia deb. argilloso
												limo con sabbia deb. argilloso
						49	70	92	124	189	CI	limo con argilla sabbioso
27°											CH-MH	limo sabbioso argilloso
											MH	argilla con limo
											ML	limo con argilla
21°											CI	limo con argilla
15°											CI	limo con argilla
17°						122	115	169	192	189	CI	limo con argilla
21°							62	71	91		CI	limo con argilla
28°											CI	limo con argilla deb sabbioso
22°											CH	limo con argilla
19°											CI	limo con argilla
22°											CI	limo con argilla deb sabbioso
21°											CI	limo con argilla deb sabbioso
19°						26	17	17	28	55	MH	limo con argilla
26°											MI	limo con sabbia deb. argilloso
18°											MI	limo con argilla
25°						27	59	83	139	217	CI	limo con argilla deb sabbioso
21°						45	90	111	227	270	CI	limo con argilla
26°											CI-MI	limo con argilla deb sabbioso
18°											CH-MH	limo con argilla
18°											CI	limo con argilla
20°											CI	limo con argilla
12°											CH	limo con argilla deb sabbioso
18°												limo con argilla
28°											CI	limo con argilla deb sabbioso
27°												limo con sabbia argilloso

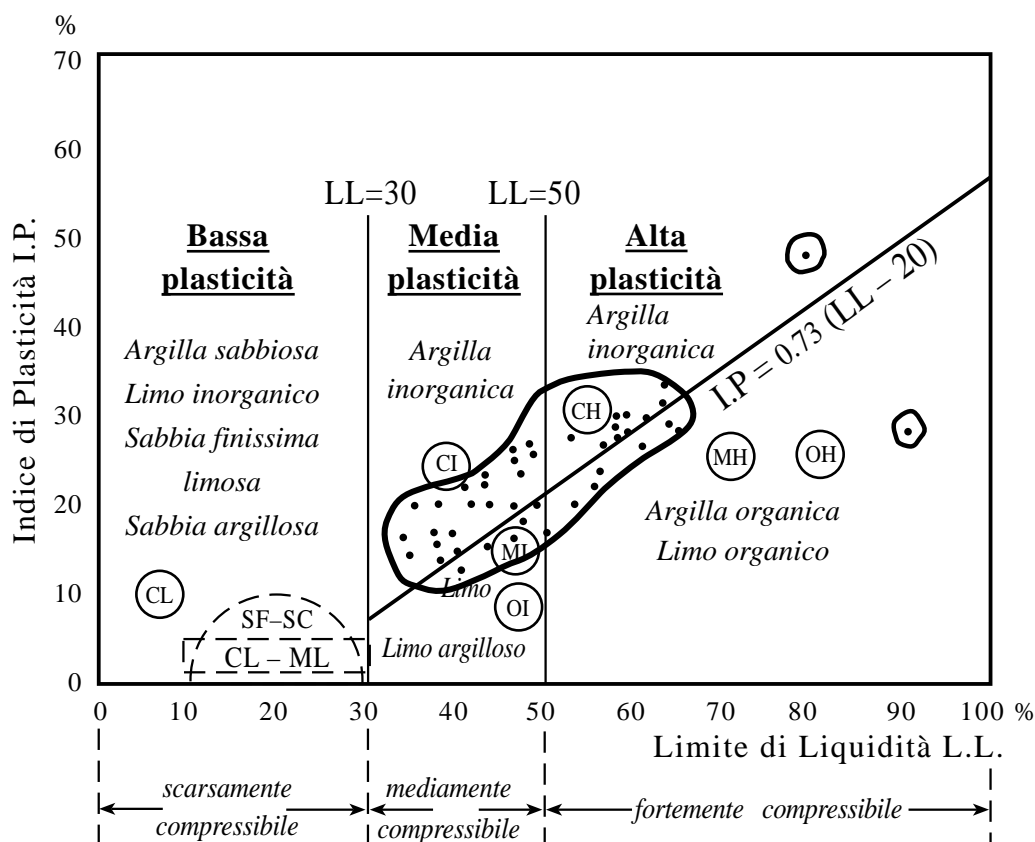


Fig. 2.6 Carta di Casagrande. Campo delle argille limose e dei limi argillosi della parte meridionale del territorio del Comune di Roma.

Le prove triassiali n.c. n.d. hanno fornito per la coesione valori compresi fra 0.2 e 1.30 kg/cm<sup>2</sup>, con valori più frequenti tra 0.35 e 0.65 kg/cm<sup>2</sup>.

Le misure di compressibilità edometrica hanno fornito i seguenti risultati:

per $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16
E'	10 - 193	16 - 192	31 - 170	65 - 227	55 - 270

c) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LIVELLI A PREVALENTE FRAZIONE SABBIOSA

Nei livelli costituiti prevalentemente dalle sabbie le caratteristiche geotecniche risultate alle analisi di laboratorio sono fortemente variabili in relazione alla percentuale delle frazioni fini e finissime.

c 1) CARATTERISTICHE FISICHE

Alle analisi di laboratorio (Tab. 2.9) è risultato che nei campioni esaminati il *peso specifico* varia da 2.63 a 2.89 gr/cm<sup>3</sup>, con valori più frequenti tra 2.70 e 2.78; il *peso dell'unità di volume* varia da 1.56 a 2.20 gr/cm<sup>3</sup>, con valori più frequenti tra 1.73 e 1.80 gr/cm<sup>3</sup>; il contenuto naturale d'acqua varia dal 12% al 60% con valori più frequenti tra il 30% ed il 45%.

c 2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

I campi di variazione delle frazioni granulometriche forniti dalle analisi di laboratorio sono: ghiaia da 0 al 62% con valori più frequenti da 0 al 14%; sabbia da 35% al 95% con valori più frequenti tra il 45% ed il 75%; ghiaia più sabbia dal 42% al 98% con valori più frequenti dal 60% al

98%; limo dal 2% al 41% con valori più frequenti dal 2% al 25%; argilla dal 0% al 30% con valori più frequenti da 0% al 5%; limo più argilla dal 2% al 58% con valori più frequenti dal 2 al 40%. Pertanto fra i campioni a frazione sabbiosa dominante la percentuale complessiva della ghiaia e della sabbia rappresenta in alcuni campioni la quasi totalità del campione, mentre in altri la frazione limosa ed argillosa raggiunge complessivamente anche il 58%.

c 3) CARATTERISTICHE MECCANICHE

La coesione varia da 0 a 0.40 kg/cm<sup>2</sup>, con valori più frequenti fra 0.05 e 0.21 kg/cm<sup>2</sup>, mentre l'angolo d'attrito interno varia da 18° a 41° con valori più frequenti fra 24° e 32°.

I campi di variazione delle coppie angolo d'attrito-coesione e gli intervalli di maggiore frequenza sono i seguenti

coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	angolo di attrito interno	
	campo di variazione	valori più frequenti
0.00 - 0.10	23° - 41°	31° - 33°
0.10 - 0.20	20° - 31°	20° - 22°
0.20 - 0.30	18° - 27°	24° - 26°

d) PROVE DI CARICO

Nella zona di Spinaceto, Torino Nord, ecc., le formazioni di argille e di ghiaia e sabbia del Siciliano (qt) sono in molte parti sottoposte a forti spessori di alluvioni fluviali, di scarsa consistenza e che pertanto, in genere, debbono essere attraversate dalle fondazioni, di tipo indiretto (a pali trivellati) delle erigende costruzioni.

Per fornire un'indicazione della resistenza dei terreni argillosi e ghiaiosi del Siciliano si riportano, a titolo di esempio, i risultati di due prove di carico (fig. 2.7 e 2.8) eseguite su pali notevolmente lunghi, uno con la punta incassata nelle ghiaie (a m. 45) e l'altra con la punta nelle argille (a m. 49) dove le ghiaie sono assenti.

Le due prove hanno fornito risultati del tutto concordanti: fino al carico di 360 - 400 tonnellate il grafico carico/cedimenti è praticamente lineare ed il cedimento totale è inferiore a 5 mm. ed il cedimento residuo allo scarico è inferiore al mm. Per carichi superiori il grafico inizia ad incurvarsi, ma a 600 tonnellate il cedimento totale è risultato ancora di soltanto 8 mm. ed il cedimento residuo allo scarico è risultato di 2 mm.

## 2.3 FORMAZIONI VULCANICHE

Nell'ambito del territorio del Comune di Roma, come si è visto nel precedente capitolo, rientrano numerose formazioni piroclastiche e laviche dovute all'attività sia del vulcano dei Colli Albani (vulcano Laziale) sia del vulcano dei Monti Sabatini.

Di queste formazioni tuttavia ci si limita a considerare le caratteristiche tecniche soltanto di quelle che hanno presentato, e presentano tuttora, notevole importanza per le attività costruttive ed estrattive e che hanno avuto un'importanza fondamentale nello sviluppo urbanistico di Roma.

Particolare importanza hanno le formazioni laziali che raggiungono, o sono prossime al territorio della città di Roma e cioè, fra le piroclastiti il tufo di Villa Senni, le pozzolane ("grigia" "nera" e "rossa"), il tufo lionato, il tufo grigio antico e fra le lave quelle di Capo di Bove, dell'Acquacetosa, di Vallerano, di Casal Brunori. Tra i prodotti dell'apparato vulcanico sabatino ci si limita a segnalare soltanto il tufo de La Storta ed il tufo di Sacrofano che, interessando estesamente la parte settentrionale del Comune di Roma, presentano interesse come base di fondazione di molti degli edifici del Comune di Roma.

**Tab. 2.9 Sabbie e sabbie limose delle formazioni del Siciliano**

Località	Sond	Prof. (m)	Caratteristiche geotecniche										
			Carat. fisiche				Carat. granulometriche				Carat. di		
			peso spec kg/cm <sup>3</sup>	peso volume kg/cm <sup>3</sup>	acqua naturale %	sat. %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %
Monte Salustri	S1	5		1,82	33		5	85	10				
		7		1,82	30		21	72	7				
		8		1,83	30		19	74	7				
	S2	7	2,75	1,71	45		-	43	34	23			
		8	2,76	1,73	44		-	44	35	21			
		11		1,87	19		2	86	12				
	S3	4	2,70	2,01	23		13	70	17				
		7	2,80	2,15	13		50	48	2				
		14	2,74	1,95	31		8	64	28				
		20	2,76	2,01	27			67	11	22	40	27	13
	S4	2	2,76	1,85	41		2	59	31	8	46	28	18
		7	2,80	2,20	12		62	35	3				
		8	2,72	1,98	21		2	95	3				
	S5	3	2,76	1,86	42		8	56	32	4			
		9	2,76	1,89	30		-	50	22	28	50	21	29
		18	2,78	2,00	20		35	58	7	-			
	S6	3	2,78	1,92	29		2	69	10	19	37	31	6
		9	2,78	1,88	31		-	63	17	20	54	24	30
18		2,70	1,99	26			72	8	20	38	26	12	
La Massimina Casale Lumbroso		7	2,68	1,99	14	71		84	16				
		20	2,69	1,75	29	84				32	24	8	
		22	2,71	1,80	41	94				34	25	9	
V. Aurelia km.8		0-8	1,42 1,75	33 80		24	54	22					
La Maglianella		10	2,93	1,81	24	91	-	36	34	16			
		22	2,64		29	92		66	48	30			
V. Belluzzo Via degli Irlandesi		4	2,67	1,87	35	81	-	39	33	28	35	24	11
		5	2,70	1,77	14	52	10	84	6				
Villa Sciarra		6	2,63	1,85	22	79	-	42	39	19	31	23	8
Villa Doria Pamphili		10	2,63	1,87	19	73	-	63	26	11			
		12	2,70	1,92	18	75	2	52	16	30	24	9	15
Valcannuta		2	2,69	1,73	36								
		5	2,67	1,60	47		14	48	29	9			
		7	2,89	1,8	32	88	-	94	6	-			
Corviale		3	2,69	1,56	60		4	73	23	-			
		6	2,64	2,01	19		4	73	23				
Torrino Nord		7	2,68	1,89	27		3	95	2				
		24	2,74	1,99	22		-				37	24	13
EUR Torrino Nord Prato Rotondo		35	2,69	1,92	28		-	43	31	26			
Spinaceto		12					-	46	41	13			
Ponte Galeria Via Ponte Pisano		17	2,68	1,61	16	46	-	71	29	-			
Attività A' = Ip / pass 2 μ													

presenti nella parte meridionale del territorio del Comune di Roma

consistenza		Carat. meccaniche					Classificazione	
IC %	A'	Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	taglio diretto.		triassiale		Secondo Casagrande	Sec AGI
			c kg/cm <sup>2</sup>	φ	cu c' kg/cm <sup>2</sup>	φ		
			0,06	33°				sabbia deb. limosa e deb.ghiaiosa
			0,04	32°				sabbia ghiaiosa deb.limosa
			0,06	31°				sabbia ghiaiosa deb.limosa
			0,2	18°				sabbia argillosa
			0,10	19°				sabbia con limo argillosa
			0,05	31°				sabbia con limo
			0,05	26°				sabbia limosa deb. ghiaiosa
			0,00	31°				ghiaia con sabbia
			0,03	23°				sabbia con limo deb.ghiaiosa
0,95			0,14	23°			MI	sabbia argillosa deb. limosa
0,27			0,11	21°			CI-MI	sabbia con limo deb. argillosa
			0,00	32°				ghiaia con sabbia
			0,00	29°				sabbia
			0,12	22°				sabbia con limo deb. ghiaiosa
0,67			0,12	20°			CH-CI	sabbia argillosa limosa
			0,00	31°				sabbia con ghiaia deb limosa
1,41			0,10	20°			MI	sabbia argillosa deb. limosa
0,76			0,11	21°			CH	sabbia argillosa limosa
1,02			0,06	19°			MI	sabbia argillosa deb. limosa
				32°				sabbia limosa
0	0,3		0,15	24°	nc,nd		MI-CI	sabbia
					0,52	0		
0,43	0,4		0,27	27°	nc,nd		MI-CI	sabbia
					1,25	0		
			0,04	32°				sabbia limoso ghiaiosa
			0,13	35°				
		0,52						sabbia limoso argillosa
0,4			0,25	26°			MI-CI	sabbia con limo e con argilla
			0	31°				sabbia deb ghiaiosa e deb limosa
1	0,3		0,29	24°			MI-CI	sabbia con limo deb. argillosa
			0,20	25°				sabbia con limo deb. argillosa
			0,20	27°			CL	sabbia con argilla limosa
		2,7 3,2						sabbia
			0,12	31°				sabbia con limo deb.ghiaiosa deb argillosa
								sabbia deb limosa
			0	41°				sabbia limosa
			0,05	34°				sabbia limosa
			0,14	31°				sabbia
>1			0,40	26°			MI	sabbia argillosa
			0	36°				sabbia con limo con argilla
			0,05	41°				sabbia con limo deb argillosa
				32°				sabbia con limo

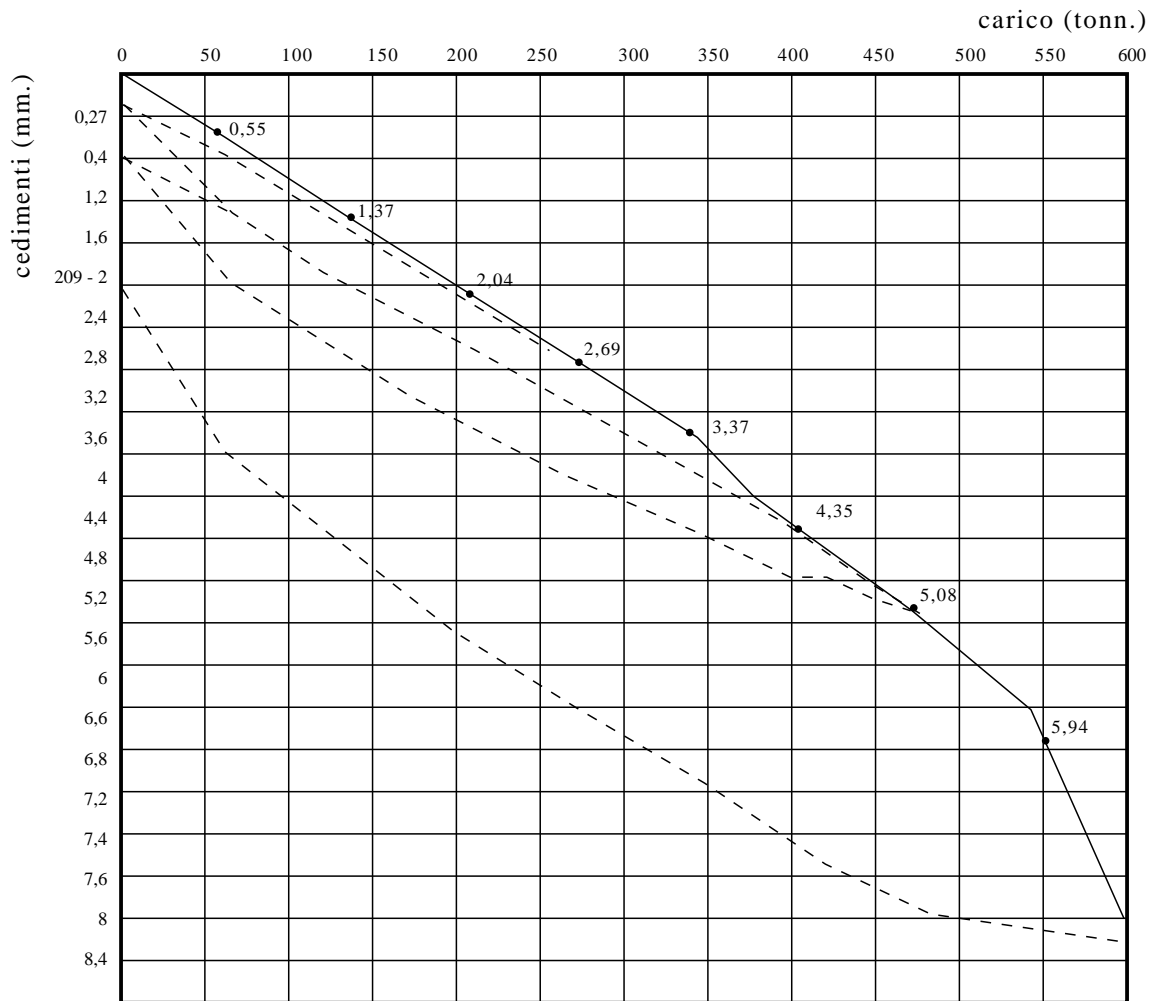


Fig. 2.7 Prova di carico su un palo del diametro di 1 metro e della lunghezza di m. 45, eseguito in via Città d'Europa, al Torrino Nord. La stratigrafia del terreno, riscontrata con un sondaggio preliminare, è la seguente: da m. 0 a m. 42 alluvione terrosa, limo argillosa, torbosa, di scarsa consistenza; 42-48 m. ghiaia in matrice sabbiosa; da m. 48 a m. 55 argilla grigia uniforme bene addensata.

### A. FORMAZIONI PIROCLASTICHE DELL'APPARATO VULCANICO DEI COLLI ALBANI

#### 2.3.1 TUFO DI VILLA SENNI

Il tufo di Villa Senni nell'ambito del Comune di Roma costituisce il terreno di superficie di un'area molto limitata, sita nella zona dell'ippodromo delle Capannelle e della stazione metro Anagnina, ove si presenta del tutto incoerente e di caratteristiche molto simili a quelle della sottostante pozzolana "grigia" dalla quale si distingue solo per la maggiore abbondanza di leucite e per avere molto ridotto il comportamento pozzolanico.

Le caratteristiche tecniche di questa formazione sono state esaminate su campioni prelevati a profondità diverse durante l'esecuzione di un sondaggio nei pressi della stazione metro Anagnina.

I risultati delle analisi sono riportati schematicamente nella Tab. 2.10.

Tab. 2.10 Caratteristiche tecniche del tufo di Villa Senni																	
Località	Prof (m)	Caratteristiche geotecniche															
		Carat fisiche				Carat granulometriche			Carat meccaniche		Carat di compressibilità						
		peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	sat. %	G %	S %	L %	prove di taglio c kg/cm <sup>2</sup>	φ	σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25-0,50	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16
Fermata Metro Anagnina	10	2,54	1,79	34	97	40	46	14	0	40°		87	58	68	112	180	277
	20		1,63	42		27	52	21	0	50°							
	31	2,50	1,78	31	95	47	39	14	1,30	30°		50	51	74	111	183	309

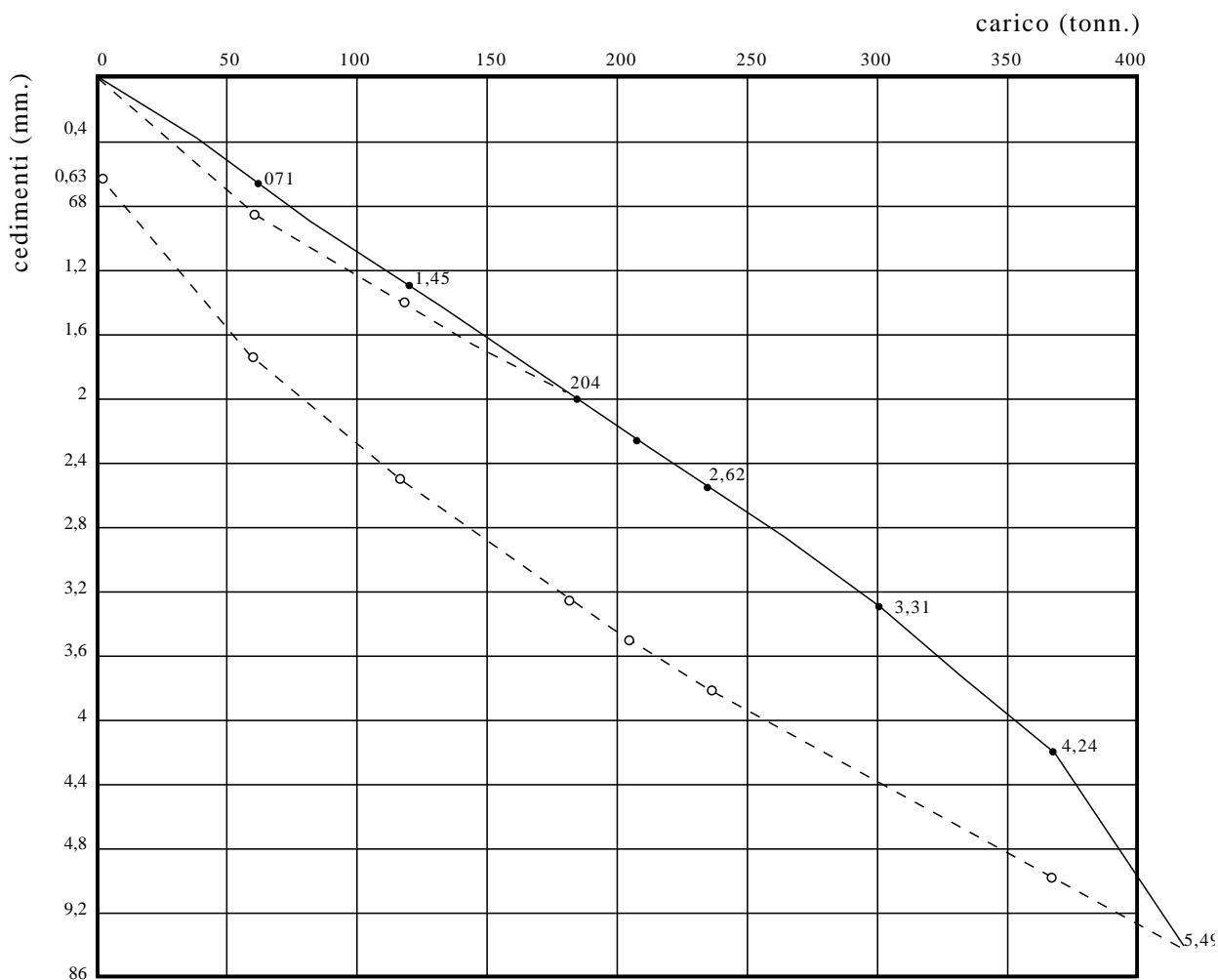


Fig. 2.8 Prova di carico su un palo del diametro di 1 metro e della lunghezza di m. 49, eseguito in via Città d'Europa, al Torrino Nord.

La stratigrafia del terreno, riscontrata con un sondaggio preliminare, è la seguente: da m. 0 a m. 34 alluvione terrosa, limo argilloso, torboso, di scarsa consistenza; da m. 34 a m. 34.50 ghiaietto in abbondante matrice limo argilloso; da m. 34.50 a m. 38 argilla gialla, eterogenea alla frattura; da m. 38 a m. 51 argilla grigia, uniforme, bene addensata.

### 2.3.2 POZZOLANA SUPERIORE

#### a) COSTITUZIONE

La pozzolana superiore, denominata anche “grigia” o “pozzolanella” è una tipica pozzolana scoriacea; le scorie sono nere ed opache, con cristalli di leucite, per lo più analcimizzata, di pirosseno (augite) e di mica (biotite).

Le analisi roentgenografica e termodifferenziale hanno indicato nella pozzolana la presenza di un minerale argilloso del tipo halloysite e di analcime. Pertanto, mentre gli esami chimico-mineralogici hanno indicato che la composizione petrografica è vesuvitica con tendenza a leucititica, gli esami roentgenografici e termodifferenziali, insieme con le analisi chimiche, hanno indicato un certo grado di alterazione con formazione di analcime e di minerali argillosi del tipo halloysite.

#### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Sono state eseguite numerose analisi di laboratorio su campioni della pozzolana superiore prelevati in varie località ed in particolare ad est della città di Roma, e cioè nella zona di Annunziatella e di Torrenova, nella zona meridionale della città (zona sud est di Roma), nella zona della Cecchignola e di Pomezia.

I risultati sono riassunti in forma sintetica qui di seguito.

b 1) CARATTERISTICHE FISICHE

peso specifico reale	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.56 - 2.94	valori più frequenti	2.66 - 2.68
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.40 - 1.95	valori più frequenti	1.50 - 1.69
contenuto naturale d'acqua	(%)	15 - 60	valori più frequenti	28 - 40
porosità	(%)	40 - 65	valori più frequenti	45 - 55
saturatione		0.70 - 1	valori più frequenti	0.80 - 0.92

b 2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

ghiaia	(%)	0 - 35	valori più frequenti	12 - 30
sabbia	(%)	20 - 90	valori più frequenti	40 - 65
limo	(%)	5 - 55	valori più frequenti	15 - 45
argilla	(%)	0 - 32	valori più frequenti	2 - 15

*Forma dei granuli*

Irregolare e molto diverse: per lo più sferoidali od ellissoidiche.

*Stato della superficie dei granuli*

In assoluta predominanza molto scabro in ogni frazione granulometrica

b 3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	(LL)	16 - 44%
Limite di plasticità	(LP)	8 - 20%
Indice di plasticità	(IP)	13 - 20%

b 4) CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le prove di resistenza a compressione a d.l.l. hanno fornito valori del carico di rottura molto variabili, compresi cioè fra 1.50 e 32 kg/cm<sup>2</sup>.

Alle prove di taglio diretto c.d. i numerosi gruppi di prove eseguite su campioni delle parti orientali e meridionali del Comune di Roma hanno fornito valori notevolmente diversi, il che verosimilmente appare dovuto alla granulometria dei campioni esaminati od anche in parte al diverso grado di alterazione ed argillificazione subito dalla pozzolana nelle diverse località. Si è ritenuto pertanto opportuno riportare separatamente i risultati dei vari gruppi di analisi

Le prove di compressione triassiale hanno fornito per l'angolo d'attrito il valore zero e per la coesione  $c_u$  valori compresi fra 0.35 e 1 kg/cm<sup>2</sup>.

Località di prelievo	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	angolo d'attrito
Torrenova	0.05 - 0.1	25° - 27°
Torrenova	0.1 - 0.4	22° - 27°
L'Annunziatella	0.0 - 0.30	25° - 38°
L'Annunziatella	0.0 - 0.25	37° - 44°
Tor Bella Monaca	0.0 - 0.1	27° - 35°
Roma Sud Est	0.0 - 0.3	30° - 40°

### 2.3.3 TUFO LITOIDE "LIONATO"

a) COSTITUZIONE

Il tufo "lionato" litoide è a composizione leucitica con variazione di chimismo da vesuvitico a vesuvitico leucitico. Esso è costituito essenzialmente da scoriette, frammentini lavici e piccoli, non frequenti, proietti impastati con un materiale cineritico notevolmente alterato.

La caratteristica petrografica di questo tufo è la straordinaria evidenza della zeolitizzazione; le zeoliti si trovano a riempire le cavità delle scorie e sono diffuse nella massa e più raramente sono pseudomorfe della leucite; esse costituiscono tipiche associazioni spesso a struttura fibroso raggiata.

Le analisi roentgenografica e termodifferenziale hanno permesso di riconoscere che le zeoliti sono herschellite, cabasite e phillipsite; i minerali argillosi presenti sono la halloysite e raramente l'illite.



Il tufo lionato litoide costituisce un materiale che per la sua leggerezza non disgiunta ad una discreta resistenza meccanica è. ed è stato soprattutto in passato, usato come pietrame da muratura; in esso però la fratturazione poliedrica rende la roccia non adatta a ricavarne grossi conci squadriati.

b) CARATTERISTICHE TECNICHE

Nel corso dei tempi il tufo lionato è stato esaminato in laboratorio numerose volte e su campioni provenienti da varie località: sono stati così esaminati campioni provenienti da Monte Verde, da presso ponte Nomentano, da Pietralata, dalla Cecchignola, dalla zona di Pomezia, ecc.

Dal complesso delle analisi si possono ritenere acquisiti i valori delle caratteristiche tecniche riportate nella Tab. 2.11.

<b>Tab. 2.11</b> <i>Caratteristiche geotecniche del tufo "litoide" lionato</i>				
<b>Caratteri fisici</b>				
peso spec. reale	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.41 - 2.68	valori più frequenti	2.60 - 2.66
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.51 - 1.94	valori più frequenti	1.55 - 1.65
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.20 - 1.32		
porosità	(%)	40 - 53		
<b>Prove di compressione a d.l.l.</b>				
materiale asciugato in stufa a 50°				
resistenza alla rottura	(kg/cm <sup>2</sup> )	88 - 239	valori più frequenti	115 - 130
assorbimento di acqua <sup>(1)</sup> (per cento in peso)		1 - 10		
materiale dopo 90 giorni di immersione in acqua				
resistenza	(kg/cm <sup>2</sup> )	10 - 45	valori più frequenti	20 - 35
umidità	(%)	25 - 38		
coefficiente di compressibilità <sup>(2)</sup>	(cm <sup>2</sup> /kg) <sup>(2)</sup>	6.10 <sup>-6</sup> - 3.10 <sup>-5</sup>		

### COMPLESSO DELLE POZZOLANE "INFERIORI"

Il complesso delle "pozzolane inferiori" (Api) comprende tutte le formazioni sottostanti stratigraficamente al tufo "lionato" (Atl) e sovrastanti ai tufi "antichi laziali" (Ata) e precisamente i tufi terrosi, la pozzolana "nera", il "conglomerato giallo" e la pozzolana "rossa".

#### 2.3.4 TUFO TERROSO

a) COSTITUZIONE

I livelli di tufi terrosi intercalati fra le pozzolane laziali sono rappresentati assai poco nell'ambito del territorio del Comune di Roma. Di essi pertanto se ne tratta soltanto per completezza ed anche perchè dal punto di vista delle caratteristiche tecniche sono assimilabili ai livelli di tufi terrosi che si riscontrano nei tufi "antichi" (Ata).

I tufi terrosi si presentano in genere di colore giallastro ma a volte, passano lateralmente, a tufo grigio fine.

<sup>(1)</sup> Il valore rappresenta la differenza del peso del campione immerso in acqua per 48 ore e di quello del campione essiccato in stufa a 50° diviso per quest'ultimo peso ed espresso in percento.

<sup>(2)</sup> Si indica come coefficiente di compressibilità l'inverso del modulo di elasticità longitudinale.

Nei tufi terrosi le scorie, arrossate, appaiono molto bene amalgamate con la massa; molto scarsi sono i macrocristalli; tra questi si segnalano il pirosseno (augite), la mica (biotite) e piuttosto raro un granato nero.

Dalle analisi chimiche eseguite su alcuni campioni di tufo terroso risulta che esso è molto alterato. L'analisi termica differenziale inoltre ha documentato che l'alterazione ha portato alla formazione di abbondante minerale argilloso (halloysite).

b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le proprietà geotecniche sono state studiate per il tufo terroso intercalato fra il tufo lionato e la pozzolana "nera" prelevato nella zona della Cecchignola (Tab. 2.12).

<b>Tab. 2.12</b> <i>Analisi di laboratorio su campioni di tufo terroso intercalato tra il tufo lionato e la pozzolana nera nella zona della Cecchignola</i>		
<b>Caratteri fisici</b>		
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.25 - 2.35
<b>Consistenza</b>		
limite di liquidità	(%)	45 - 48
limite di plasticità	(%)	30 - 38
indice di plasticità	(%)	10 - 14
<b>Granulometria</b>		
Grado di disuniformità (D60/D10) variabile da 47 a 52		
Dimensioni: sempre inferiori a 4.76 mm. e circa l'8% inferiori a 0.0017 mm.		
<b>Caratteristiche meccaniche</b>		
resistenza a compressione a d.l.l.		
carico di rottura	(kg/cm <sup>2</sup> )	13 - 17
prove di taglio		
sollecitazione di taglio a rottura 2 - 3.20 kg/cm <sup>2</sup> .		

### 2.3.5 POZZOLANA "NERA" O "DELLE TRE FONTANE"

a) COSTITUZIONE

I materiali costituenti questa formazione, che sono denominati comunemente "pozzolana nera", a causa delle loro proprietà pozzolaniche e del colore scuro tendente al nero violaceo, si presentano a grana piuttosto fine e sono, in genere, immediatamente sovrapposti al "conglomerato giallo". A volte possono confondersi, se manca il riferimento stratigrafico del conglomerato giallo, o se sono arrossate per ossidazione, con la sottostante pozzolana "rossa".

In genere nell'ambito del territorio del Comune di Roma, questa formazione ha potenza molto limitata (inferiore al metro) e soltanto localmente, come per esempio nella zona delle Tre Fontane, raggiunge e supera uno spessore di tre metri.

Gli esami chimico e mineralogico hanno permesso di accertare che la composizione della pozzolana nera è leucitica con tendenza a vesuvitica.

b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Lo studio delle proprietà geotecniche della pozzolana nera è stato eseguito su campioni provenienti da località diversa e cioè dal fosso di Vigna Murata, dalla zona della Cecchignola e dalla zona di Pomezia.

I risultati delle indagini di laboratorio sono sintetizzati nella Tab. 2.13.

**Tab. 2.13** *Caratteristiche geotecniche della pozzolana nera, proveniente dalla zona di Pomezia*

**Caratteri fisici**

peso specifico dei granuli	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.60
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.34
peso dell'unità di volume secco	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.21
umidità naturale	(%)	10.7
porosità	(%)	53

**Granulometria**

Grado di disuniformità (D60/D10) variabile da 7 e 31

dimensioni dei granuli: tutti di dimensioni inferiori a mm. 4.76 e dallo 0 al 4% con dimensioni inferiori a 0.012 mm.

**Forma dei granuli**

irregolare, per lo più sferoidale od ellissoidica

stato della superficie: in assoluta predominanza scabra in ogni frazione granulometrica.

### 2.3.6 CONGLOMERATO GIALLO

#### a) COSTITUZIONE

Viene denominato “conglomerato giallo” il tufo immediatamente sovrastante alla formazione della pozzolana “rossa” od “inferiore”. Esso è nettamente stratificato, granulare, costituito da frammentini di lava, da lapilli scoriacei e da una sabbia lapillosa cementata, con puntini bianchi di leucite e piccole lamelle di mica. Il colore è giallo, ma nella massa vi sono abbondanti frammentini e granuli rossastri o violacei identici a quelli delle sottostanti pozzolane.

Il conglomerato giallo è particolarmente interessante sia perché è un livello caratteristico che permette di distinguere fra la formazione della pozzolana rossa sottostante e quella della pozzolana nera sovrastante, sia perché nei pressi della basilica di S. Paolo a Roma, acquista una potenza eccezionale. Infatti, sebbene il conglomerato giallo, osservabile in moltissimi affioramenti nella zona della Cecchignola ed in quella di Roma Sud, abbia in genere una potenza che raramente supera il metro, nei pressi della basilica di S. Paolo e nella zona di Tor Marancia assume potenze assolutamente eccezionali che raggiungono anche i trenta metri e che inducono a dargli l'importanza di una formazione a se stante, avente interesse per le sue particolari caratteristiche. In queste zone esso presenta in realtà l'aspetto di un tufo cementato, litoide, e contiene blocchi lavici e piroclastici delle dimensioni anche di 10 - 15 cm. Inoltre nella zona di Tor Marancia tale conglomerato giallo si risolve in due complessi distinti anche per differenza di granulometria. La composizione mineralogica è sostanzialmente quella di una leucite ed il tipo magmatico è il sommatitico normale.

Le analisi termodifferenziale e roentgenografica hanno indicato la presenza di halloysite e di analcime, ed hanno mostrato anche che l'alterazione non è molto avanzata.

#### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche sono state studiate su campioni provenienti dalla zona della Cecchignola (Tab. 2.14).

### 2.3.7 POZZOLANA “ROSSA” O DI “S. PAOLO”

#### a) COSTITUZIONE

La pozzolana “rossa” è un tufo incoerente<sup>(1)</sup>, di composizione leucitica. In tutto il territorio del Comune di Roma assume l'aspetto e le caratteristiche tipiche delle “pozzolane” e per il colore rosso violaceo è spesso indicata come “pozzolana rossa”<sup>(2)</sup>. Essa è caratterizzata dalla presenza di scorie delle

<sup>(1)</sup> Nella zona a SO della tavoletta della Cecchignola la formazione è coerente ed assume l'aspetto di un tufo litoide di colore marrone violaceo scuro.

<sup>(2)</sup> Poiché questo tufo è stato coltivato nei pressi della basilica di S. Paolo sin dall'antichità ed è stato ivi particolarmente apprezzato come la pozzolana che nella regione romana ha le più spiccate proprietà pozzolaniche, esso è denominato anche “pozzolana di S. Paolo”.

**Tab. 2.14** *Caratteristiche geotecniche del “conglomerato giallo”  
proveniente dalla loc. Cecchignola*

<b>Caratteri fisici</b>			
peso specifico reale	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.72 - 2.73	
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.14 - 1.18	
porosità	(%)	58	
grado di compattezza (peso specifico/peso volume)			0.42
coefficiente di imbizione <sup>1</sup>			0.48
<b>Caratteristiche meccaniche</b>			
compressione a d.l.l.			
carico unitario di rottura <sup>2</sup>	(kg/cm <sup>2</sup> )		21 - 91
<p>(1) per coefficiente di imbizione s'intende <math>G_m - G</math> dove <math>G_m</math> è il peso del campione imbibito fino a peso praticamente costante e <math>G</math> è il peso dello stesso campione essiccato a 110°</p> <p>(2) prove eseguite su dieci campioni.</p>			

dimensioni fino ad alcuni decimetri, di blocchi di lava e di un materiale (microscoriaceo) cineritico che nell'insieme dona alla massa il particolare colore rosso violaceo.

La potenza di questa formazione nelle zone dove affiora e dove sono, o sono state, aperte delle cave, raggiunge al massimo i dieci metri.

L'indagine microscopica non permette di fare osservazioni di rilievo. Il vetro della roccia è nero o rosso e vi si notano soltanto “scheletri” di cristallini di leucite. Il riferimento petrografico è quindi affidato esclusivamente ai dati dell'analisi chimica (Tab. 2.15) che indicano chiaramente il tipo leucititico.

**Tab. 2.15** *Composizione chimica della pozzolana rossa (prov. cava delle Tre Fontane) An. A. Scherillo*

SiO <sub>2</sub>	44.70	MgO	3.71	SO <sub>3</sub>	0.05
TiO <sub>2</sub>	0.75	CaO	8.86	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14
ZrO <sub>2</sub>	0.10	BaO	0.23	CO <sub>2</sub>	ass.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.03	K <sub>2</sub> O	3.79	sost. hum.	ass.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.17	Na <sub>2</sub> O	1.79	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	2.80
FeO	1.25	Cl	0.04	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	6.23
MnO	0.20				

Come quasi tutte le pozzolane scoriecee, contiene una sensibile quantità di halloysite, messa bene in vista dall'analisi roentgenografica.

**b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

Le prove tecniche eseguite su campioni della pozzolana rossa, qui di seguito riportate, sono state effettuate su campioni provenienti da varie località.

b 1) CARATTERISTICHE FISICHE

peso specifico	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.52 - 2.84	valori più frequenti	2.70 - 2.80
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.02 - 2.04	valori più frequenti	1.56 - 1.90
contenuto naturale d'acqua	(%)	22 - 54	valori più frequenti	35 - 40%
porosità	(%)	41 - 72	valori più frequenti	48 - 55
saturazione	(%)	79 - 97	valori più frequenti	94 - 97

b 2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

frazioni granulometriche	(%) ghiaia	0 - 42	valori più frequenti	2 - 7
	(%) sabbia	0 - 63	valori più frequenti	30 - 45
	(%) limo	4 - 86	valori più frequenti	30 - 50
	(%) argilla	2 - 60	valori più frequenti	15 - 30

Coefficiente di uniformità (D60/D10) da 15 a 18.

Tutto il materiale ha dimensioni inferiori a 4.75 mm. e soltanto il 2.7 - 4.5% ha dimensioni inferiori a 0.15 mm.

b 3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

limite di liquidità	(LL) (%)	40 - 75	valori più frequenti	45 - 65
limite di plasticità	(Lp) (%)	21 - 53	valori più frequenti	30 - 40
indice di plasticità	(IP) (%)	7 - 34	valori più frequenti	10 - 25
indice di consistenza	(Ic)	0.37 - 1.15	valori più frequenti	0.72 - 0.95
attività	(A)	0.21 - 0.55	valori più frequenti	0.3 - 0.4

b 4) CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le prove di resistenza a compressione a d.l.l. hanno fornito valori da 0 a 8.4 kg/cm<sup>2</sup> con valori più frequenti tra 1.3 e 1.9 kg/cm<sup>2</sup>.

Alla prova di taglio diretto c.d. la coesione è risultata variabile da 0 a 1.1 kg/cm<sup>2</sup> con valori più frequenti fra 0 e 0.4 kg/cm<sup>2</sup> e l'angolo d'attrito interno è risultato compreso fra 15° e 42° con valori più frequenti fra 25° e 36°.

I valori delle coppie coesione-angolo d'attrito sono indicati nella fig. 2.9. Le prove di compressibilità edometrica hanno fornito per E' i seguenti intervalli di valori:

per $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	16 - 32
E'	29 - 38	38 - 50	45 - 59	67 - 100	125 - 200	278 - 312

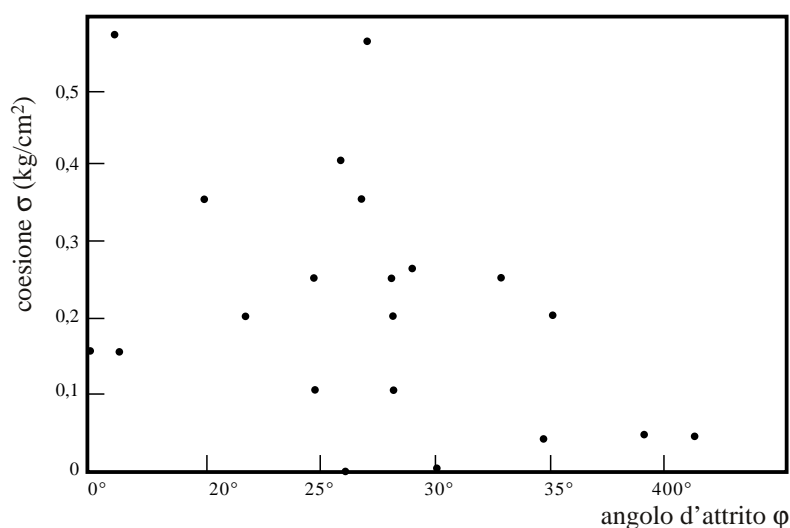


Fig. 2.9 Valori della coesione e dell'angolo d'attrito relativi a campioni della pozzolana "rossa".

### c) PROVE DI COMPRESSIONE IN SITU

Le prove sono state eseguite in una cava di pozzolana in località Tre Fontane da S. Martinetti e R. Ribacchi [826]. I risultati sono riportati qui di seguito in forma schematica

Sollecitazione all'apparire delle prime lesioni	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.34 - 2.25
Sollecitazione a rottura	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.62 - 2.79
Deformazione unitaria a rottura nella direzione del carico		0.61 - 1.71

Le curve sforzi ( $\epsilon$ ) - deformazioni ( $\epsilon$ ) (fig. 2.10) nel tratto centrale approssimativamente rettilineo hanno consentito di determinare il valore del rapporto  $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$  del materiale.

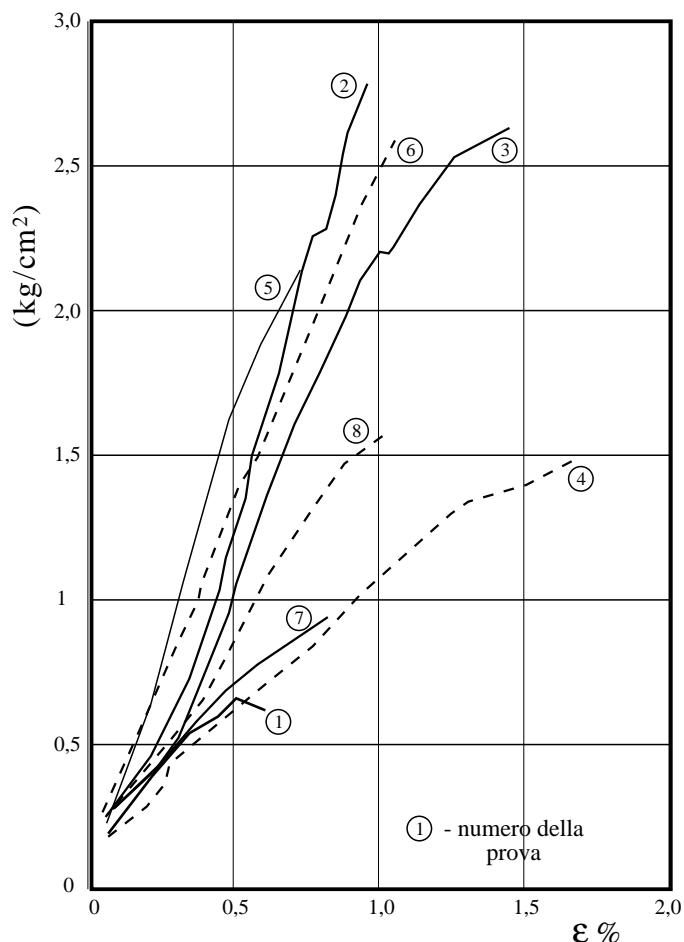


Fig. 2.10 Pozzolana rossa (pr): diagrammi deformazioni-sforzi relativi alla prova di compressione in situ. (da Martinetti S. Ribacchi R. [826].

Tale valore è risultato di circa 2.50 kg/cm<sup>2</sup> nell'intervallo degli sforzi 0.5 - 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

### d) PROVE DI TAGLIO IN SITU

Le prove di taglio in situ sono state eseguite da S. Martinetti e R. Ribacchi [826] nelle stesse nicchie in cui erano state effettuate le prove di compressione.

I risultati sono qui riportati in forma sintetica e sono rappresentati nella fig. 2.11.

Sollecitazione verticale	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.35 - 1.01
Sollecitazione media di taglio all'apparire delle prime lesioni	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.34 - 0.92
Sollecitazioni di taglio a rottura	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.66 - 1.14
deformazione orizzontale media a rottura	(%)	1.33 - 2.75

Il diagramma della fig. 2.11 assimilabile alla "retta" di Coulomb è caratterizzato da un valore della coesione di circa 0.5 kg/cm<sup>2</sup> e da un angolo d'attrito di circa 34°. Tale risultato conferma che la pozzolana rossa è dotata in situ di una discreta coesione che scompare completamente per effetto del rimaneggiamento del materiale.

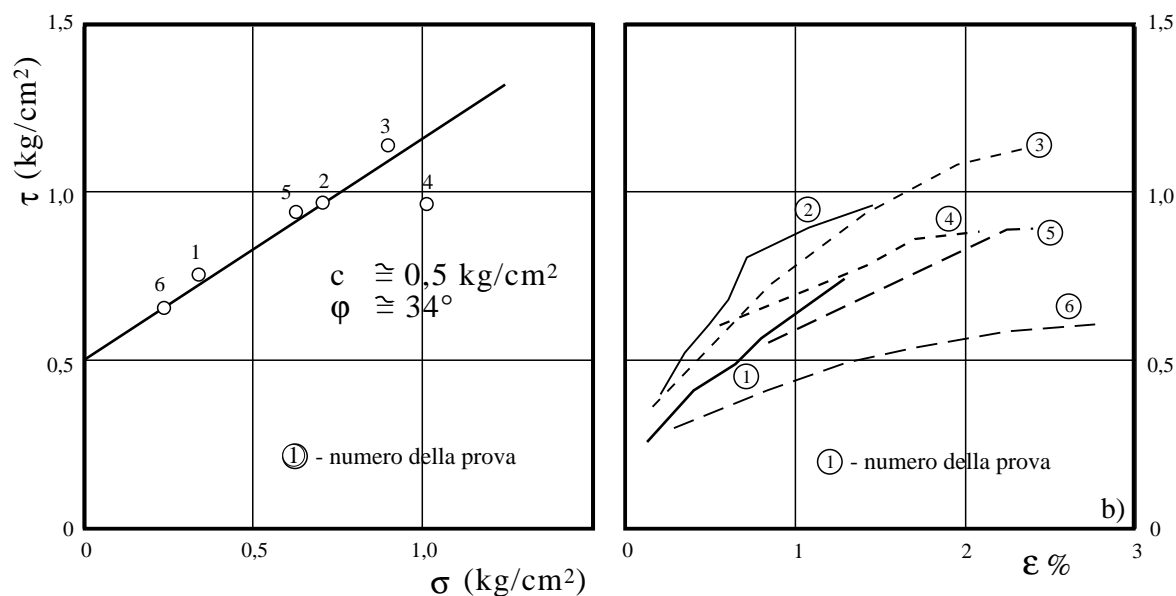


Fig. 2.11 Pozzolana rossa (pr): prove di taglio in situ. a) retta di Coulomb; b) diagrammi deformazioni-sforzi. (da Martinetti S e Ribacchi R.) [826]

### 2.3.8 TUFI GRIGI GRANULARI

#### a) COSTITUZIONE

Sono denominati tufi antichi laziali (Ata) i tufi sottostanti alla pozzolana “rossa” e che affiorano piuttosto limitatamente ma che spesso sono stati raggiunti, con perforazioni più o meno profonde, nella parte meridionale del Comune di Roma.

Trattasi di un’alternanza di strati di tufi terrosi, da marroni a grigiastri, scarsamente consistenti, di tufi semilitoidi, grigio cineritici, a grana fine, a tessitura compatta, spesso a struttura pisolitica e di tufi litoidi, coerenti, molto resistenti, di colore grigio verdastro, di aspetto granuloso, ricco di cristalli di leucite alterata. Localmente, a Monteverde, fuori Porta S. Lorenzo, accanto alla chiesa di S. Agnese e presso il Sepolcro dei Nasoni, ciottolini e ghiaietto sono disseminati nel tufo granulare e sono in straterelli intercalati al tufo.

#### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Anche se trattasi di un unico complesso con strati di modesto spessore (al massimo 5 o 6 metri), per le diversità litologiche dei diversi strati, non è possibile né significativo fornire indicazioni generali delle caratteristiche tecniche di tutto il complesso ma, al contrario, è utile fornire (Tab. 2.16 - 2.21) per i vari litotipi le indicazioni sulle loro caratteristiche geotecniche quali sono risultate alle varie analisi di laboratorio.

**Tab. 2.16** Caratteristiche geotecniche dei tufi terrosi  
(prov. da sondaggi presso piazza dell’Alberone a Roma)

<b>Caratteri fisici</b>		
peso specifico reale	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.50 - 2.70
peso dell’unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.00 - 1.50
contenuto naturale d’acqua	(%)	30 - 60
coefficiente di permeabilità		$1.10^{-5} - 1.10^{-9} \text{ cm/sec.}$
<b>Consistenza</b>		
limite di liquidità	(%)	80 - 90
(determinato nei tufi terrosi molto alterati, argillificati)		
<b>Caratteristiche meccaniche</b>		
prove di compressione a d.l.l.		
carico di rottura	(kg/cm <sup>2</sup> )	2 - 7

**Tab. 2.17** *Caratteristiche geotecniche dei tufi grigi semilitoidi  
(prov. da presso la località Tre Fontane a Roma)*

<b>Caratteri fisici</b>				
peso specifico reale	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.75		
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.6 - 1.9		
aspetto: tufi grigi cineritici, a grana fine, a tessitura compatta, spesso a struttura pisolitica.				
<b>Caratteristiche meccaniche</b>				
prove di resistenza al taglio c.d.				
angolo d'attrito		30°		
coesione (media)	(kg/cm <sup>3</sup> )	0.25		
compressibilità				
nell'intervallo di sollecitazioni	(kg/cm <sup>3</sup> )	1 - 2	2.0 10 <sup>-3</sup>	cm <sup>2</sup> /kg
“	“	10 - 20	5.10 <sup>-3</sup>	cm <sup>2</sup> /kg

**Tab. 2.18** *Caratteristiche geotecniche del tufo grigio semilitoide  
(proveniente dalla tenuta di Valleranello)*

<b>Caratteri fisici</b>		
peso specifico	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.37 - 2.54
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.27 - 1.66
coefficiente di porosità		30% - 48%
coefficiente di imbibizione <sup>1</sup>		0.23 - 0.40
grado di compattezza <sup>2</sup>		0.52 - 0.69
<b>Caratteristiche meccaniche</b>		
prova di taglio diretto (su campione argillificato)		
coesione media	kg/cm <sup>2</sup>	0.25
angolo d'attrito		30°
prova di compressione a d.l.l.		
carico alla rottura	kg/cm <sup>2</sup>	191
(1) per coefficiente di imbibizione s'intende $\frac{G_m - G}{G}$ dove G <sub>m</sub> è il peso del campione imbibito fino a peso praticamente costante e G è il peso dello stesso campione essiccato a 110°		
(2) Grado di compattezza = peso volume/peso specifico		

**Tab. 2.19** *Caratteristiche geotecniche del tufo granulare grigio  
(proveniente dai sondaggi eseguiti nella zona presso piazza dell'Alberone)*

<b>Caratteri fisici</b>		
peso specifico	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.60 - 2.70
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.30 - 1.50
coefficiente di permeabilità	cm/sec	1.10 <sup>-8</sup>
<b>Caratteristiche meccaniche</b>		
prova di compressione a d.l.l.		
carico alla rottura	kg/cm <sup>2</sup>	90 - 100
prova brasiliana	kg/cm <sup>2</sup>	7.6



**Tab. 2.20** *Caratteristiche geotecniche del tufo lapideo grigio*  
(proveniente da un sondaggio eseguito a piazza dei Cinquecento angolo via Cavour prof. 20 m)

<b>Caratteri fisici</b>		
peso specifico	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.62 - 2.73
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	0.96 - 1.2
contenuto naturale d'acqua	(%)	40° - 64°
<b>Caratteristiche meccaniche</b>		
angolo d'attrito		40° - 50°
coesione	(kg/cm <sup>2</sup> )	1.5 - 2.6

**Tab. 2.21** *Caratteristiche geotecniche del tufo grigio granulare*  
(proveniente dai sondaggi eseguiti nella zona dell'Acquacetosa a sud dell'EUR)

<b>Caratteri fisici</b>				
peso specifico	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.64 - 2.83		
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.46 - 1.65		
contenuto naturale d'acqua	(%)	47 - 90		
porosità		56 - 70		
<b>Granulometria</b>				
ghiaia	(%)	0 - 43		
sabbia	(%)	42 - 63		
limo	(%)	6 - 40		
argilla	(%)	3 - 23		
<b>Caratteristiche meccaniche</b>				
prova di taglio diretto				
coesione	kg/cm <sup>2</sup>	0 - 0.25		
angolo d'attrito		23° - 38°		
carico di rottura a compressione a d.l.l.	(kg/cm <sup>2</sup> )	2 - 23		
compressibilità edometrica				
per $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.25 - 0.50	0.5 - 1	1 - 2	2 - 4
E'	35	49	62	108

#### TERRENI PIROCLASTICI LAZIALI COME BASE DI FONDAZIONE DEI MANUFATTI

Come appare evidente dalla descrizione dei prodotti vulcanici dell'apparato vulcanico dei Colli Albani, questi sono in grande prevalenza incoerenti (pozzolane, tufi terrosi, ecc.). Fanno eccezione soltanto il tufo "lionato", alcuni livelli del complesso dei tufi antichi grigi granulari e localmente il cosiddetto "conglomerato giallo", tufi che peraltro hanno prevalentemente spessori piuttosto limitati, dell'ordine cioè massimo di qualche metro.

Riferendoci pertanto alle vulcaniti incoerenti, queste, date le loro caratteristiche meccaniche, debbono essere considerate come buoni terreni da fondazione se lo spessore è notevole e se, ovviamente, non sono presenti cavità sotterranee.

Su tali terreni, data la loro discreta resistenza al taglio anche in superficie, possono essere adottate, per gli edifici ed altri manufatti, fondazioni dirette sui plinti e su travi rovesce.

Sulla base sia della secolare esperienza, sia dei risultati forniti dal calcolo dei carichi limiti e dei cedimenti prevedibili, è prassi normale di applicare carichi non superiori a 2.5 - 3 kg/cm<sup>2</sup> alle pozzolane ed ai

tufi terrosi mentre ai tufi litoidi possono applicarsi carichi fino a 5 - 6 kg/cm<sup>2</sup>, se il loro spessore non è troppo esiguo.

Naturalmente le condizioni sono sostanzialmente diverse quando le rocce piroclastiche sono, come in molte zone della città di Roma, interessate da estesi vuoti sotterranei.<sup>1</sup>

Nel caso della presenza di cavità sotterranee, la tendenza al giorno d'oggi è quella di ricorrere a fondazioni indirette, a pali o pilastri che attraversino i vuoti e si incassino adeguatamente nel terreno indisturbato al disotto del piano di calpestio.

L'adozione, sempre più frequente dei pali di grande diametro (diametro m. 1 - 1.20) che permettono di raggiungere profondità anche notevoli (fino ad oltre 50 metri) favorisce questa tendenza che, oltre ad eliminare molti dei fattori negativi, può portare anche, in molti casi, a sensibili economie.

A volte, ma soprattutto in passato, anche in presenza di vuoti sotterranei, purché accessibili e purché l'area delle cavità non sia superiore ad un terzo dell'area totale, si procede a fondazioni dirette superficiali, applicando al piano di posa carichi paragonabili a quelli applicati in assenza di vuoti, ma previa, ovviamente, una sistemazione delle gallerie in modo da garantire che non si verifichi peggioramento nel futuro delle condizioni di stabilità e studiando la pianta delle fondazioni in modo da evitare concentrazioni di carico in corrispondenza del volto della galleria, ecc.

A volte infine si ricorre a fondazioni superficiali, previo riempimento dei vuoti sotterranei, prendendo tutti gli accorgimenti per ottenere il maggiore costipamento, il riempimento totale fino al volto della galleria, ed eventualmente una sia pure debole cementazione del materiale di riempimento.

In quest'ultimo caso i carichi da applicare dovrebbero essere mantenuti bassi, commensurati alle caratteristiche della ripiena piuttosto che a quella del terreno in posto.

## **B. FORMAZIONI LAVICHE DELL'APPARATO VULCANICO DEI COLLI ALBANI**

Le lave laziali che hanno avuto in ogni tempo particolare importanza per lo sviluppo edilizio di Roma e soprattutto per lo sviluppo delle vie consolari, sono quelle delle colate di Capo di Bove, di Vallerano, dell'Acquacetosa e di Casal Brunori.

### **2.3.9 LAVA DELL'ACQUACETOSA**

La lava dell'Acquacetosa affiora lungo il fosso dell'Acquacetosa, presso il km. 8.5 della via Laurentina, poggia direttamente sopra i tufi grigi granulari ed è in gran parte ricoperta dalla pozzolana "rossa" o "di S. Paolo", cosicché la parte affiorante costituisce soltanto una modesta porzione dell'intera colata, che prosegue per alcuni chilometri verso SE. In questa colata sono state aperte alcune cave i cui fronti hanno raggiunto l'altezza anche di nove metri.

La lava è stata oggetto di numerosi studi. Macroscopicamente si presenta di colore grigio con massa fondamentale a grana fine, con fenocristalli di leucite e meno numerosi di pirosseno.

La lava ha un aspetto alquanto variabile da punto a punto tanto da dar luogo a due varietà distinguibili ad occhio nudo. Una di queste si presenta di colore grigio scuro, a grana finissima, con sparsi fenocristalli di leucite (7 - 8 mm. di diametro) ed è molto compatta. La seconda varietà differisce dalla prima per il colore più chiaro e per essere meno compatta a causa di piccole cavità miarolitiche piene di calcite e di zeolite quali phillipsite, gismondina, cabasite, ecc.; sparsi nella massa si osservano fenocristalli di leucite ed augite.

Al microscopio la lava si presenta costituita essenzialmente da leucite, augite, nefelina, biotite, olivina e magnetite con frequenti plaghe e vene di calcite.

La composizione chimica delle due varietà è riportata in Tab. 2.22.

In base all'analisi chimica, la lava dell'Acquacetosa è definibile una leucitite nefelinica, melilitica, corrispondente ad un tipo magmatico normalsommatitico.

---

<sup>(1)</sup> Nell'ambito del Comune di Roma le cavità sotterranee sono presenti pressoché esclusivamente nell'ambito della città di Roma dove le cavità sotterranee non sono naturali, ma sono state create dall'uomo (catacombe, cave di pozzolana, cave di tufo, ecc.).

Le numerose prove meccaniche eseguite da diversi laboratori hanno fornito i valori seguenti			
peso specifico apparente	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.77	(min. 2.70, max 2.80)
indice di usura <sup>(1)</sup>		1.87	(min. 1.60, max 2.20)
carico di rottura a compressione	(kg/cm <sup>2</sup> )	1.930	(min. 1.700, max 2.230)

### 2.3.10 LAVA DI VALLERANO

La lava di Vallerano affiora lungo tutto il fosso di Vallerano fino al km. 10-11 della via Laurentina e continua ad affiorare lungo il fosso di Rio Petroso fin presso il Colle di Rio Petroso. La lunghezza degli affioramenti è di 5-6 chilometri e la larghezza massima è di oltre un chilometro.

La lava è sovrapposta alla formazione dei tufi granulari grigi ed è sottostante alla pozzolana “rossa” o di “S. Paolo”.

Macroscopicamente la lava si presenta di colore grigio, a grana fine, compatta, con rari fenocristalli di leucite ed augite.

I componenti individuati al microscopio sono leucite, augite, nefelina, magnetite e biotite. Accessorio comune è l'apatite. La composizione chimica è riportata in Tab. 2.22 (An. 3).

In base alla composizione chimica ed alla composizione mineralogica la lava risulta una leucite nefelinica, corrispondente al tipo magmatico normalsommatitico.

**Tab. 2.22** *valori analitici delle effusioni laviche laziali presenti nel territorio del Comune di Roma*

	1 (a)	2 (a)	3 (a)	4 (a)	5 (b)	6 (c)
SiO <sub>2</sub>	42.84	45.74	42.51	42.36	45.99	46.10
TiO <sub>2</sub>	1.22	0.92	0.61	1.36	0.37	1.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.79	17.52	16.88	15.37	16.56	14.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.47	3.90	6.07	3.94	4.17	4.90
FeO	5.02	3.51	4.75	6.22	5.38	3.70
MnO	0.11	0.10	0.13	0.16	nd	0.30
MgO	6.30	3.54	2.95	3.98	5.30	4.80
CaO	9.93	11.60	10.21	11.91	10.47	10.5
BaO	0.15	0.13	nd	nd	0.25	0.1
Na <sub>2</sub> O	1.38	1.73	2.75	2.52	2.18	1.8
K <sub>2</sub> O	6.74	8.83	7.95	8.05	8.97	8.8
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.89	1.06	1.22	2.26	0.45	1.5
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.12	0.49	0.86	0.47	nd	0.6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.70	0.43	0.34	0.49	0.56	0.7
CO <sub>2</sub>	2.30	0.19	2.31	1.15		0.3
SO <sub>3</sub>						0.02
Cl						0.01
F						0.09
ZrO <sub>2</sub>						0.02
	99,96	99.69			100.65	100.34

a) An. Formaseri; b) An. Washington; c) Fornaseri e Penta; 1 e 2 lava dell'Acquacetosa; 3 lava di Vallerano; 4 lava di Casal Brunori; 5 e 6 lava di Capo di Bove.

<sup>(1)</sup> Altezza in mm. abrasa sotto la pressione di 0.2 kg/cm<sup>2</sup> dopo un percorso di un chilometro.

Le caratteristiche tecniche sono le seguenti

peso specifico reale	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.81 - 2.83	
peso specifico apparente	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.75	
peso d'acqua di cui si imbeve la roccia dopo 12-13 giorni d'immersione	(oltre 90% del totale)	0.73%	del peso del materiale asciutto
dopo un anno d'immersione	ca 0.80%		
resistenza a compressione	(kg/cm <sup>2</sup> )	2.856	(min. 2.418, max 3.200)
resistenza a trazione	(kg/cm <sup>2</sup> )	195	(min. 185, max 205)
resistenza a flessione	(kg/cm <sup>2</sup> )	446	(min. 325, max 750)
modulo di elasticità	(kg/cm <sup>2</sup> )	478.000	(min. 378.000, max 604.000)

### 2.3.11 LAVA DI CASAL BRUNORI

La lava di Casal Brunori affiora presso il km. 4 della strada di Decima e si estende in località Sughereto e nella tenuta della Perna.

La roccia di colore grigio presenta una grana finissima, con rari e sparsi fenocristalli di leucite ed augite. I costituenti mineralogici sono nell'ordine leucite, augite, nefelina, biotite, magnetite, melilite ed olivina e fra gli accessori apatite e calcite.

La composizione chimica è riportata in Tab. 2.22 (An. 4).

Sia per la composizione mineralogica che per la composizione chimica la lava è definibile come una leucitite nefelinica melilitica, corrispondente ad un tipo magmatico normalsommatite.

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, non si hanno indicazioni di analisi di laboratorio, ma per essi può farsi riferimento a quelle della lava di Vallerano alla quale è analoga per composizione chimica, per composizione mineralogica, per grana e per condizioni di giacitura. Inoltre, in base alla vicinanza degli affioramenti, alle loro quote ed all'aspetto morfologico del terreno sembra potersi concludere che le lave di Vallerano e di Casal Brunori appartengono a due rami di una stessa colata.

### 2.3.12 LAVA DI CAPO DI BOVE

La colata di Capo di Bove ha attratto da sempre in modo particolare l'attenzione degli studiosi e dei tecnici perché è la più vicina alla città di Roma, perché su di essa corre per alcuni km. la via Appia Antica ed infine perché è stata intensamente coltivata sui suoi fianchi dove sono state aperte sin dai tempi dell'antica Roma numerose cave di pietra o pietrisco per la pavimentazione stradale.

La lava di questa colata, in base alle analisi eseguite da vari A.A., è definibile una leucitite pirossenica melilitica corrispondente ad un tipo magmatico sommatite normale.

I minerali in essa contenuti, e che hanno destato più interesse, sono leucite, pirosseno (augite e augite-aegirina), melilite, nefelina, mica nera, magnetite, olivina, apatite e calcite.

Nelle cavità si riscontrano oltre la calcite anche breislakite, varie zeoliti, gismondina, cristianite, ecc. Le caratteristiche quali risultano dalle diverse analisi di laboratorio sono le seguenti

peso specifico apparente	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.670	
volume percentuale dei vuoti circa il 4%			
carico di rottura alla compressione	(kg/cm <sup>2</sup> )	2.700	(min. 2.200, max 3.100)
Resistenza all'usura (spessore abraso per attrito radente -posto uguale ad 1 lo spessore abraso dal calciscisto apuano-		0.2 - 0.3.	

## C. FORMAZIONI PIROCLASTICHE DELL'APPARATO VULCANICO SABATINO

### 2.3.13 TUFO DE LA STORTA

#### a) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche dei vari livelli del complesso del tufo de La Storta sono state determi-

nate su numerosi campioni provenienti da località diverse. (Prima Porta, Olgiata, La Storta, Ottavia, Tomba di Nerone, ecc.) e da livelli prelevati a profondità diverse, rispetto al piano di campagna (da m. 3 a 20, ma prevalentemente tra m. 3 e m. 8). I risultati delle analisi, in forma sintetica, sono riportati in Tab. 2.23 e da questa si possono ritenere acquisiti i valori delle caratteristiche geotecniche.

a 1) CARATTERISTICHE FISICHE

peso specifico	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.43 - 2.70	
peso dell'unità di volume		1.23 - 1.93	con valori più frequenti da 1.65 a 1.75 (gr/cm <sup>3</sup> )
contenuto naturale d'acqua		23%-102%	con valori più frequenti tra 33% e 58%
grado di saturazione		0.724 - 1	

a 2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

I campi di variazione delle percentuali fra le varie frazioni granulometriche segnalati con l'esame di numerosi campioni sono risultati i seguenti

ghiaia 0 - 44%; sabbia 2 - 55%; limo 17 - 36%; argilla 0 - 62%.

I campioni sono definibili granulometricamente da argilla con limo più o meno sabbiosa, a limo con argilla sabbiosa ed a sabbia con argilla da limosa a debolmente limosa.

a 3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Per la definizione dei livelli del tufo de La Storta in relazione alla plasticità ci si basa, con Casagrande, sui limiti di liquidità e sull'indice di plasticità.

I valori dei limiti di liquidità sono risultati compresi fra 26% e 68% con valori più frequenti tra 45% e 56%, mentre quelli dell'indice di plasticità sono compresi fra 8% e 30% con valori più frequenti tra 19% e 27%.

Il campo di variazione delle caratteristiche di consistenza è rappresentato in fig. 2.12 nella Carta di Casagrande.

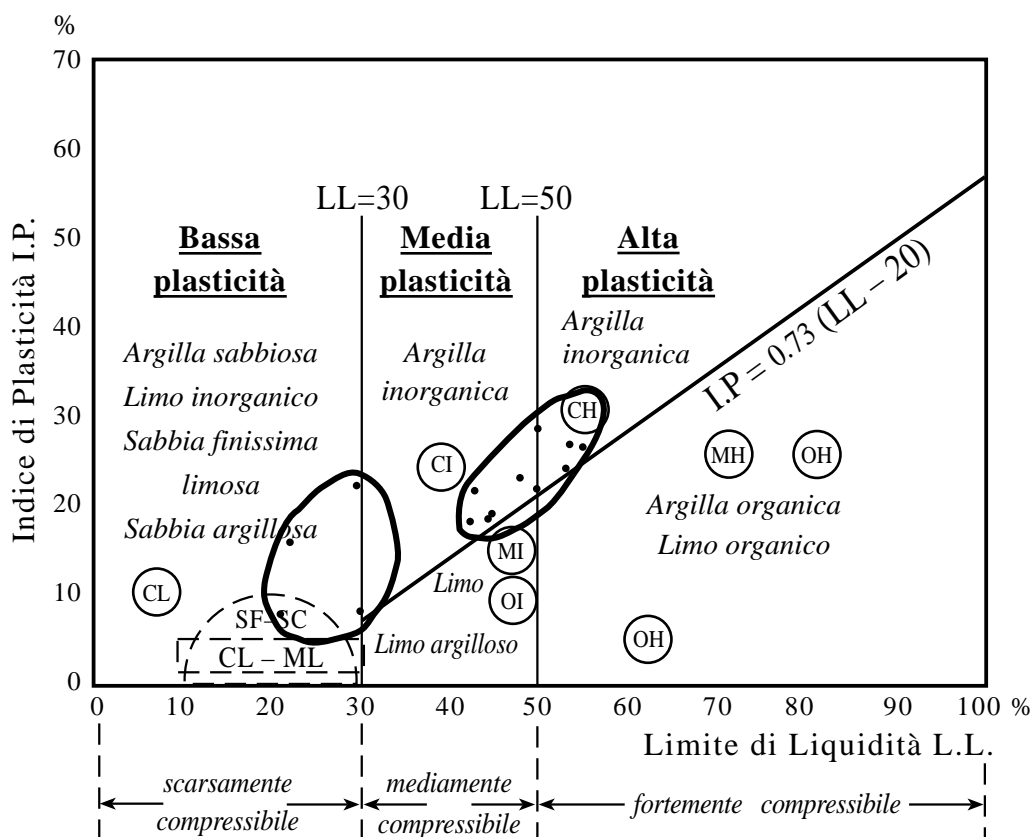


Fig. 2.12 Campo di variazione delle caratteristiche di consistenza del tufo de La Storta.

**Tab. 2.23 Tufo stratificato**

Località	Sond	Prof (m)	Caratteristiche								
			Carat fisiche				Carat. Granulometriche				
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	sat. %	G %	S %	L %	A %	LL %
Prima Porta Cimitero	1	5		1,68							
		6		1,77							
		7		1,42							
		9		1,78							
		11		1,60							
		14		1,78							
		17		1,75							
		20		1,66							
Olgiata	1	3	2,70	1,83	23	78	argilla con limo sabbiosa				53
		7	2,68	1,70	35	83	argilla con limo deb sabbiosa				55
	2	5	2,67	1,66	57		sabbia con argilla limosa				30
	3	11	2,66	1,64	56	97	limo con argilla sabbioso				47
	4	3	2,68	1,73	40	92	limo con sabbia argilloso				45
		3	2,68	1,79	24	76	argilla con sabbia limosa				46
	5	5	2,70	1,80	26	79	argilla sabbiosa limosa				49
		3	2,65	1,65	51	95	sabbia con argilla limosa				26
	7	9	2,68	1,70	41	89	sabbia deb limosa				
8	5	2,7	1,86	57	100					56	
La Storta	1	4	2,68	1,76	24	73	argilla con limo deb. sabbiosa				50
		5	2,68	1,77	33	88	argilla limosa sabbiosa				55
		9	2,68	1,77	33		argilla con limo sabbiosa				53
		11	2,66	1,64	58	97	limo con argilla sabbiosa				47
Ottavia	1	5	2,56	1,44	102		44	39	17	-	
		6	2,55	1,75	41		-	2	36	62	68
		12	2,43	1,56	71		15	55	26	4	
	2	3		1,60							
	3	3	2,64	1,60							
	4	8		1,70							
Tomba di Nerone	1	3		1,90							
		3		1,61							
	3	8		1,60							
	4	2		1,23							
		7		1,63	24	1	35	37	8	20	
5	3		1,61								
Attività A' = $\frac{Ip}{pass2\mu}$											

varicolore de La Storta

geotecniche								CLASSIFICAZIONE
Carat. di consistenza				Carat. meccaniche				
LP %	IP %	IC	A'	taglio diretto.		triassiale		
				c kg/cm <sup>2</sup>	φ	c' kg/cm <sup>2</sup>	φ	
				0	27°,30'			terreno pozzolanico
				0	27°			cappellaccio
				0,01	20°			tufo pomiceo
				0	28°			sabbia vulcanica
				0,1	25°			sabbia vulcanica
				0	30°			sabbia vulcanica
				0	28° 30'			tufite
				0,05	26°			tufo incoerente
30	23	1	0,4	0,35	23° 30'			
31	24	0,85	0,3	0,35	20°			
21	9	0	0,2	0,15	25°	0,46	0°	
28	19	0	0,5	0,15	22°	1,7	0°	
29	16	0,33	0,6	0,15	23°	0,83	0°	
25	21	1	0,4	0,3	25°	1,36	0°	
27	22	1	0,4	0,35	22°	1,22	0°	
18	8	0	0,3	0,15	25°	0,37	0°	
				0,10	27°			
31	25	1	0,8	0,40	27°	1,36	0°	
29	21	1	0,4	0,4	19° 30'	1,05	0°	tufo incoerente
25	30	0,72	0,4	0,3	19°	0,44	0°	tufo incoerente
26	27		0,4	0,3	18°	0,46	0°	tufo incoerente
28	19	0	0,5	0,25	22°	0,47	0°	tufo incoerente
								tufo incoerente
39	29			0,4	20°			tufo incoerente
								tufo incoerente
				0,18	33°		1,30	tufo argillificato scoriaceo
				0,18	33°			
				0,21	31°			tufo semilitoide verdastrò
				0,63	17°			tufo argillificato molto consistente
							1,30	tufo incoerente
				0,18	33°			tufo incoerente
				0,21	31° 30'			tufo incoerente
				0,63	16°			tufo incoerente
				0	39°			tufo incoerente
				0,18	33° 30'			tufo incoerente

Dai dati dei limiti di consistenza ed in particolare dal grafico della fig. 2.12 risulta che mentre la maggior parte dei campioni esaminati risulta notevolmente argillificata e rientra nel campo delle argille inorganiche a media plasticità, alcuni campioni sono sostanzialmente delle sabbie fini, limose, a bassa plasticità ed infine qualche campione fra quelli esaminati risulta un'argilla ad alta plasticità.

Dai suddetti dati risulta anche che l'indice di consistenza è notevolmente variabile da 0 a 1 e l'attività è compresa fra 0.2 e 0.6 con valori più frequenti tra 0.3 e 0.5.

#### a 4) CARATTERISTICHE MECCANICHE

*Prove di taglio diretto.* Le prove di taglio diretto c.d. hanno fornito per la coesione valori tra 0 e 0.63 kg/cm<sup>2</sup> e per l'angolo d'attrito interno valori tra 16° e 39°.

Per quanto riguarda i valori della coppia coesione/angolo d'attrito questi, come indicato nel grafico di fig. 2.13, sono molto dispersi, confermando la notevole eterogeneità dei vari livelli rispetto alla granulometria ed al grado di alterazione.

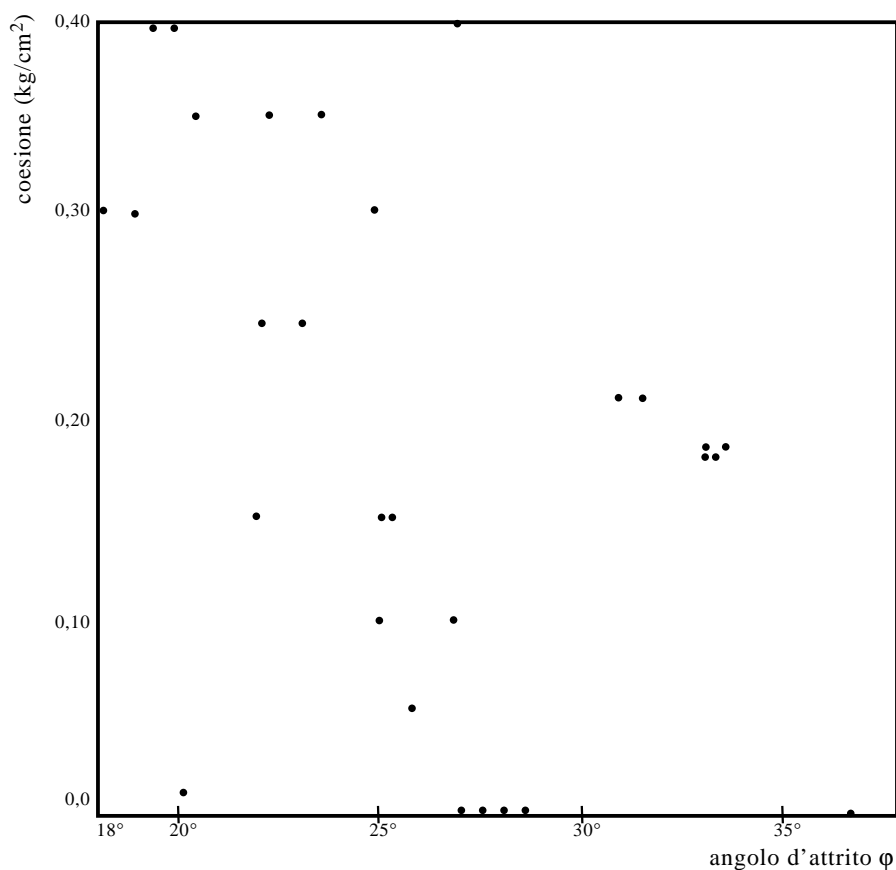


Fig. 2.13 Valori della coppia coesione/angolo d'attrito per il tufo de La Storta.

*Prove triassiali* Le prove triassiali hanno fornito i seguenti valori:  
angolo d'attrito 0° e coesione 0.46 - 1.7 kg/cm<sup>2</sup>.

*Prove di compressione a.d.l.l.* Le prove di compressione a d.l.l. sono state eseguite soltanto su campioni di tufi terrosi debolmente coerenti che hanno fornito valori tra 1 e 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

#### IL TUFO DE LA STORTA COME TERRENO DI FONDAZIONE

Da quanto sopra esposto, i vari campioni esaminati del tufo de La Storta presentano caratteristiche geotecniche estremamente variabili e tale variabilità è dovuta sia alla differente granulometria (da sabbiosa grossolana ad argillosa), sia al grado di autocementazione dei granuli per cui alcuni livelli sono incoe-



renti, altri semicoerenti ed altri da semilitoidi a litoidi, sia al diverso grado di alterazione per cui si passa da livelli di tufi praticamente inalterati ad altri pressoché completamente argillificati.

Per queste ragioni appare praticamente impossibile trarre dai risultati delle analisi di laboratorio su campioni rappresentativi di litotipi tanto diversi conclusioni sulle caratteristiche di assieme del tufo de La Storta.

Per una valutazione del comportamento di questo tufo come terreno da fondazione di edifici o altri manufatti, è da tenere presente che trattasi di una formazione di spessore che in genere (salvo ai bordi della formazione) è elevato, dell'ordine cioè di alcuni metri che almeno nell'ambito del Comune di Roma si presenta a stratificazione orizzontale, o con inclinazione degli strati al massimo di una decina di gradi, che le caratteristiche geotecniche, variabili, come si è indicato, in senso verticale passando da uno strato ad un altro, sono invece omogenee in senso orizzontale per estensioni anche molto grandi, ed infine che sono assenti in tutta la formazione falde acquifere (anche se, a volte, esistono al passaggio da livelli più permeabili a livelli meno permeabili delle zone ove si riscontra umidità diffusa o modeste infiltrazioni).

Infine la compressibilità di assieme è fortemente contenuta ed inoltre l'assestamento sotto l'applicazione dei carichi avviene rapidamente, pressoché all'applicazione dei carichi.

Prove di carico su piastra e soprattutto la lunga esperienza dei costruttori romani permettono di affermare che carichi dell'ordine di grandezza di 2 - 2.5 kg/cm<sup>2</sup> sono applicabili alla formazione con coefficiente di sicurezza sufficientemente elevato (non inferiore cioè a 2.5) qualunque sia la larghezza della fondazione ed il suo incasso (anche se nullo) nella formazione tufacea.

I cedimenti assoluti che possono essere al massimo dell'ordine di alcuni centimetri si verificano praticamente tutti subito all'applicazione del carico, mentre i cedimenti differenziali sono praticamente nulli.

### 2.3.14 TUFO DI SACROFANO

#### a) COSTITUZIONE

Come si è già accennato il tufo stratificato di Sacrofano (SI<sup>3</sup>) è costituito da un complesso di livelli da semincoerenti ad incoerenti, in parte argillificati, con elementi di dimensione da cineritica a lapillosa. In questo tufo si riscontrano frequentemente anche strati costituiti prevalentemente da pomici o da scorie di vari colori.

E' da segnalare che fra i livelli di questo tufo si riscontrano intercalati anche livelli di argille, di argille sabbiose, di sabbie e perfino di ghiaie.

#### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche dei vari livelli del tufo di Sacrofano sono state studiate su numerosi campioni provenienti da diverse località (Prima Porta, Fidene, Casalotti, Roma NO, Monte Salustri, Roma SO) e prelevati da livelli a profondità diverse (da m. 3 a m. 19).

I risultati delle analisi di laboratorio, in forma sintetica, sono riportati in Tab. 2.24. Da questi si possono ritenere acquisiti i seguenti campi di variazione dei valori delle principali caratteristiche geotecniche.

##### b 1) CARATTERISTICHE FISICHE

peso specifico	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.52 - 2.81	
peso dell'unità di volume	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.42 - 2.17	valori più frequenti da 1.60 a 1.78
contenuto naturale d'acqua		14% - 66%	valori più frequenti da 30% a 46%

##### b 2) CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

I campi di variazione delle percentuali fra le varie frazioni granulometriche sono risultati i seguenti:  
ghiaia 0 - 29%;  
sabbia 4% - 75%;  
limo 8% - 61%;  
argilla 3% - 76%.

I campioni dal punto di vista granulometrico sono molto eterogenei; essi infatti comprendono termini di sabbia con ghiaia debolmente limosa od argillosa, sabbia con limo, sabbia limosa, sabbia argillosa con limo, limo con sabbia argillosa, limo argilloso ed argilla limosa.

**Tab. 2.24 Tufi stratificati**

Località	Sond	Prof (m)	Caratteristiche fisiche													Caratt. di consistenza		Caratt. di attività
			Caratteristiche fisiche				Carat granulometriche				Caratt. di consistenza					Caratt. di attività		
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	sat. %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	IC	A'	taglio diretto c kg/cm <sup>2</sup>		
Prima Porta (Via Viadana)	1	4		1,62													0	
		6		1,77													0	
		7		1,42													0,05	
		8-11		1,78													0	
		11-12		1,60													0,1	
		12-16		1,78													0	
		16-19		1,75													0	
Fidene (Bufalotta)	1	5		1,87	33	100	-	11	31	58	46	29	17	0,83		0,10		
		7		1,63				29	57	8	6						0	
		8		1,69	45	94	-	15	61	24	54	37	17	0,53				
Fidene v. G. Conti ang. V. delle Vigne Nuove	1	4	2,68	1,89	28	92					53	22	31	0,8	0,72	0,30		
		2	4	2,68	1,70	40	89	-	4	20	76	57	27	30	0,56	0,49	0,35	
	2	9	2,67	1,80	49	87	-	46	24	30	23	n.d.	n.d.			0,20		
Fidene Castel Giubileo	1	17		1,58	36											0,30		
Casalotti (Torrevecchia)	1	3	2,80	1,73	43	91	-	43	44	13	49	35	14	0,42	1	0,42		
		4	2,79	1,75	35	86	-	39	49	12	47	34	13	0,89	1	0,18		
		5	2,57	1,84	34		2	32	49	17	54	36	18	1,10		0,30		
		8	2,66	1,70	31	79											0,05	
		10	2,81	1,78	32	82		38	46	16	46	34	12	>1	0,77	0,38		
		18																
	19	2,68	2,17	15,7		-	63	15	22	26	14	12	0,87	0,55				
	2	3	2,68	1,55	43	78					55	39	16	0,75		0,3		
		4	2,68	1,63	46	88												
7		2,66	1,61	66	100					78	49	29	0,41		1,15			
Roma NO	1	9	2,65	1,53	58	85	2	31	43	24	33	18	15		0,63	0,30		
		17	2,67	1,69	28	72	2	62	24	12						0,10		
	2	8	2,61	1,52	60	89		75	21	4	54	n.d.	n.d.			0,12		
Monte Salustri	1	3	2,58	1,68	42	92	-	75	22	3						0,37		
		12	2,52	1,52	57	90	1	50	46	3						0		
Roma SO	1	15		1,64	14	74												
	2	7	2,63		30		-	26	61	13	56	n.d.	n.d.					
Attività A' = Ip / pass 2 μ																		

*varicolori di Sacrofano*

geotecniche										Classificazione
meccaniche		Carat di compressibilità								
angolo c.d. φ	Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	Modulo edometrico E'(kg/cm <sup>2</sup> )								
		σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0-0,50	0,5-1	1-4	4-8	8-16	16-32		
27°,30'										t. terroso pozzolanico giallastro
27°										tufo terroso
20°										tufo pomiceo bianco giallastro
28°										sabbia vulcanica giallastra
25°										sabbia vulcanica giallastra
30°										sabbia vulcanica giallastra
28°30'										tufo giallastro
33°										
39°										
19°										
19°										
24°										
20°30'										
34°										tufo terroso
35°										tufo terroso
22°										tufo incoerente
28°30'										tufo sabbioso limoso
33°										tufo terroso
	4,1-5,4									tufo semilitoide
	1,45									tufo incoerente
31°										tufo terroso
										tufo terroso
22°										tufo terroso
28°			42	71	116	103	114	185		tufo terroso
33°										
32°										tufo sabbioso limoso semincoerente
34°										tufo sciolto coerente
36°										tufo sciolto coerente
										tufo limo sabbioso

### b 3) CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

Per la definizione dei livelli del tufo di Sacrofano in relazione alla plasticità ci si basa, con Casagrande sui limiti di liquidità e sull'indice di plasticità.

I valori dei limiti di liquidità sono risultati compresi fra 23% e 78% con valori più frequenti fra 46% e 57% mentre quelli dell'indice di plasticità sono compresi tra 12% e 31% con valori più frequenti fra 12% e 18%.

Il campo di variazione delle caratteristiche di consistenza è rappresentato nella Carta di Casagrande (fig. 2.14). Dai limiti di consistenza e dal grafico della fig. 2.14 risulta che mentre per la maggior parte i campioni esaminati risultano notevolmente argillificati e rientrano nel campo dei limi inorganici e organici a media ed alta plasticità, alcuni campioni sono, o sono molto prossimi, al campo delle sabbie limose a bassa plasticità e qualche campione risulta un'argilla ad alta plasticità.

L'indice di consistenza è variabile da circa 0.40 ad oltre l'unità e l'attività è compresa fra 0.50 ed 1 con valori più frequenti fra 0.65 e 0.70.

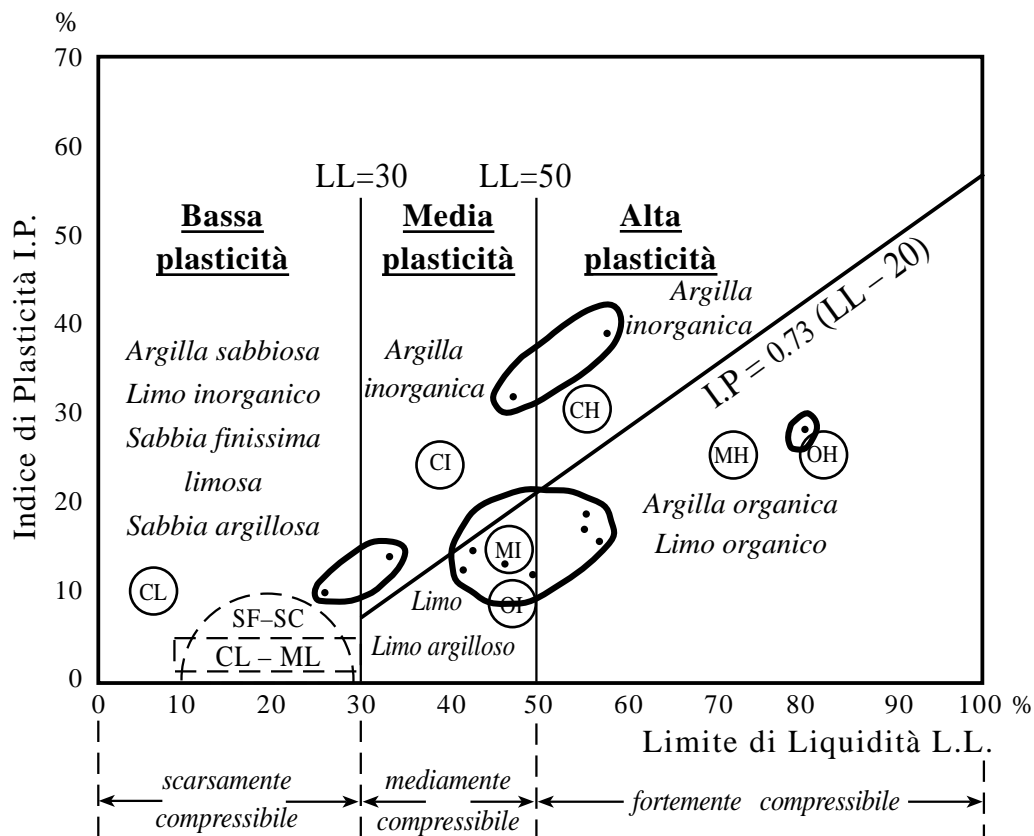


Fig. 2.14 Campo di variazione delle caratteristiche di consistenza del tufo stratificato di Sacrofano.

### 2.3.15 PEPERINO DELLA VIA FLAMINIA

Il tufo noto come peperino della via Flaminia è un tufo grigio litoide contenente abbondanti scorie e pomici grigio giallastre ed altri inclusi di varia natura.

Nell'ambito del territorio del Comune di Roma è poco esteso in affioramento, essendo ricoperto quasi ovunque dalle piroclastiti più recenti; affiora lungo la via Flaminia, tra la stazione di Castel Giubileo e Grottarossa Nuova e sui fianchi dei fossi nella tenuta di Grottarossa. La composizione chimica è indicata nella Tab. 2.25.

Per le caratteristiche geotecniche del peperino della via Flaminia le analisi di laboratorio hanno fornito i seguenti dati:

peso dell'unità di volume	(kg/m <sup>3</sup> )	1930	
carico di rottura a compressione	(kg/cm <sup>2</sup> )		
su materiale asciutto		212	(min. 185)
su materiale preventivamente immerso in acqua		186	(min. 174)
coefficiente porosità		12.3	
assorbimento d'acqua (in % del peso del materiale asciutto)		2.6	

Il materiale è risultato non gelivo.

**Tab. 2.25** *Analisi chimiche del tufo giallo della via Tiberina, del peperino della via Flaminia e del tufo rosso a scoria nere*

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	40.09	43.91	46.31	46.70	57.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.91	15.42	16.34	18.30	20.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.82	2.56	3.52	1.89	1.62
FeO	2.80	1.28	0.53	1.50	1.65
MgO	3.37	1.54	1.44	1.19	0.75
CaO	12.23	11.34	9.76	6.52	3.01
Na <sub>2</sub> O	1.54	1.02	1.34	1.70	4.04
K <sub>2</sub> O	4.50	4.22	7.50	5.48	6.72
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.75	6.86	3.88	11.04	2.68
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	3.70	5.83	3.01	4.95	0.22
CO <sub>2</sub>	3.04	6.04	6.13	--	--
TiO <sub>2</sub>	0.40	0.28	0.18	0.52	0.65
ZrO <sub>2</sub>					0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.51	0.18	0.12	0.20	0.10
SO <sub>3</sub>	0.21			0.22	tr
MnO					0.27
BaO					0.05

(1) tufo leucitico (peperino) della via Flaminia

(2) e (3) tufo giallo litoide della via Tiberina

(4) tufo rosso a scorie nere

(5) scorie nel tufo rosso a scorie nere

### 2.3.16 TUFO GIALLO DELLA VIA TIBERINA

Il tufo giallo della via Tiberina è un tufo litoide, massivo, di colore prevalentemente giallo paglia; localmente presenta evidente, anche se non marcata, una stratificazione. Caratteristica in esso è la presenza di pomici a scorie di vario colore, dal nero al grigio ed al biancastro, delle dimensioni fino ad un massimo di 20 - 30 centimetri.

Nell'ambito del territorio del Comune di Roma in superficie è poco esteso in quanto affiora principalmente lungo i fianchi dei fossi (Pantanelle, Carraccio Codette, Fontanalarga, Fontaniletto e Crescenza) e lungo la via Flaminia (tra Due Ponti e Prima Porta).

La composizione chimica è indicata nella Tab. 2.25 (An. 2 e 3).

Riguardo alle caratteristiche geotecniche del tufo giallo della via Tiberina le varie analisi di laboratorio hanno fornito i seguenti dati:

peso dell'unità di volume	(kg/m <sup>3</sup> )	1710 - 1718
carico di rottura a compressione su materiale asciutto	(kg/cm <sup>2</sup> )	161 (min. 151)
su materiale preventivamente immerso in acqua	(kg/cm <sup>2</sup> )	127 (min. 119)
coefficiente di porosità		25 - 28
assorbimento in acqua (in % del peso del materiale asciutto)		5.0

Il tufo all'analisi è risultato non gelivo.

## D. FORMAZIONE PIROCLASTICA DELL'APPARATO VULCANICO VICANO

### 2.3.17 TUFO ROSSO A SCORIE NERE

Il tufo rosso a scorie nere si presenta litoide, di discrete caratteristiche meccaniche, di colore rosso mattone con ben evidenti inclusi di grosse scorie, vetrose, di colore nero.

Nel territorio del Comune di Roma il tufo rosso a scorie nere affiora, a nord, sui fianchi delle valli di numerosi fossi esistenti tra S. Maria di Galeria, Isola Farnese, Prima Porta, Tragliata, Tomba di Nerone e Fidene. Si ricorda in particolare l'affioramento di Saxa Rubra sulla via Flaminia.

I risultati delle analisi chimiche sul tufo e sulle scorie incluse nel tufo sono riportate in Tab. 2.25 (An. 4 e 5). Le analisi di laboratorio hanno fornito per le caratteristiche tecniche del tufo i seguenti dati:

peso dell'unità di volume	(kg/m <sup>3</sup> )	1360
carico di rottura a compressione su materiale asciutto	(kg/cm <sup>2</sup> )	50
su materiale preventivamente immerso in acqua	(kg/cm <sup>2</sup> )	29
coefficiente di porosità		48.6
assorbimento in acqua (in % del peso del materiale asciutto)		24.61

Il tufo è risultato non gelivo.

### 2.4 FORMAZIONE FLUVIO PALUSTRE STRATIGRAFICAMENTE INTERCALATA ALLE VULCANITI (fp)

I sedimenti fluvio palustri del Siciliano Superiore (fp) sono costituiti, come già avanti precisato, da diatomiti, argille e argille con torba nella zona dell'EUR e da argille gialle e verdi, sabbie e limi giallastri, a luoghi cementati, e da frequenti livelli e concrezioni travertinose con inclusi vulcanici nelle zone dei Monti Parioli, di Vigna Clara, del Campidoglio, dell'Aventino, ecc.

La formazione è caratterizzata quindi da una grande varietà di tipi litologici e da una generale costante variazione laterale di facies. Inoltre gli spessori dei singoli litotipi sono in genere molto modesti. Per queste ragioni ed anche per la limitata estensione della formazione e la conseguente non grande importanza come terreno da fondazione, le caratteristiche tecniche di questi sedimenti sono state poco studiate. Si possono pertanto fornire, nella Tab. 2.26 i dati geotecnici relativi soltanto di sedimenti argillosi presenti nella zona di Vigna Clara, sottolineando peraltro che questi dati, data la eterogeneità litologica, non possono essere considerati estendibili a tutta la formazione nel suo complesso.

### 2.5 FORMAZIONI SEDIMENTARIE POST VULCANICHE

#### 2.5.1 FORMAZIONI DEL TIRRENIANO E DELL'OLOCENE ANTICO

Stratigraficamente sovrastanti alle vulcaniti ed appartenenti ai periodi Tirreniano ed Olocene Antico, esistono nel territorio del Comune di Roma varie formazioni che dall'alto in basso sono: le sabbie di spiaggia e ghiaia del litorale marino, le dune litoranee ed i depositi interdunari (al), le dune costiere consolidate (ad), la formazione fluvio lacustre del Tirreniano (fl), i depositi alluvionali antichi (qat<sup>2</sup>), le dune antiche (qd), la formazione di Mostacciano (tq) e la formazione di Monte Salustri (qm).

Date le notevoli analogie litologiche delle varie formazioni, si sono riunite in questo capitolo le informazioni acquisite relative alle sabbie ed ai limi delle formazioni dunari ed alluvionali di questi periodi geologici.

Nelle Tab. 2.27, 2.28, 2.29 sono riportati i risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui terreni delle formazioni dunari (qd e ad) e della formazione fluvio lacustre (fl).

Poiché le formazioni in oggetto sono costituite prevalentemente da sabbie e ghiaie ed in minor misura da limi sabbiosi, per esse, data in genere la pratica impossibilità di prelevare campioni indisturbati idonei per essere sottoposti alle analisi di laboratorio, presentano particolare interesse i risultati delle prove penetrometriche dinamiche e statiche.

Ad Ostia, nella zona fra via dell'Appagliatore e via dell'Idroscalo, nei terreni sabbiosi e limosi della formazione del litorale marino, attraversati fino a m. 50 di profondità (fino a m. 15 sabbie, da m. 15 a m. 40 limi e da m. 40 a m. 50 sabbie) sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche e statiche i cui risultati sono, schematicamente, sintetizzati nella Tab. 2.30.

In questa località, nei limi, indagini di laboratorio hanno indicato che trattasi di limi sabbiosi (sabbia dal 25% al 15%, limo dal 75% al 85%), che il contenuto naturale d'acqua eguaglia o supera il limite di liquidità (stato liquido o stato plastico prossimo al liquido) e che i limi sono scarsamente compressibili ed a bassa plasticità.

Ancora ad Ostia, in via Tor Boacciana, nel territorio del depuratore, dove sono state riscontrate le sabbie di duna costiera (fino a m. 12) ed i limi (fino a m. 20), prove penetrometriche dinamiche hanno fornito per le sabbie valori medi di  $N_{30}$  pari a 17 (valore minimo 2, valore massimo 47) e per i limi valori medi  $N_{30}$  (valore minimo 13 e valore massimo 52).

Dai suddetti valori possono trarsi indicazioni di carattere orientativo, relative alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Per le sabbie al valore medio  $N_{30} = 17^{(1)}$  corrispondono una densità relativa pari a 0.55 (sec. Schulte e Menzebach, 1961), un angolo d'attrito di  $27^\circ$  (sec. Malcev, 1964) ed un modulo di compressibilità pari a  $100 \text{ kg/cm}^2$  (sec. Menzebach)<sup>(2)</sup>.

Per i limi prove di compressibilità hanno fornito per il modulo di compressibilità, nell'intervallo di pressione fra 2 e  $4 \text{ kg/cm}^2$ , valori compresi fra 25 e  $50 \text{ kg/cm}^2$ .

Infine nel complesso delle formazioni dunari antiche (qd) nella zona di Acilia (Riserva Saponara e Tre Confini) le prove penetrometriche dinamiche hanno fornito i seguenti valori di  $N_{SPT}$ : fino a m. 3 nelle sabbie a grana media fine, a luoghi argillose o limose  $N_{SPT}$  23 - 42 (valori più frequenti 30 - 32) da m. 3 a m. 6 nelle sabbie a grana medio fine, limose  $N_{SPT}$  27 - 48 (valori più frequenti 32 - 34), da m. 6 a m. 12 nella sabbia a grana media, a luoghi argillosa, passante a sabbia a grana medio fine, bene addensata  $N_{SPT}$  28 - 39 (valori più frequenti 38 - 39).

## 2.5.2 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

### a) COSTITUZIONE

I depositi alluvionali recenti sono costituiti essenzialmente di terreni sciolti incoerenti (sabbie grossolane, sabbie fini e limi) e coerenti ( argille limose). Nei livelli permanentemente al disopra della falda idrica e quindi in genere fino a 4-5 m. di profondità si incontrano sovente orizzonti di limi più o meno sabbiosi dotati di discreta consistenza, alquanto compressibili, con angolo d'attrito interno  $\phi$  dell'ordine di una ventina di gradi e con coesione bassa, ma non nulla.

Seguono in basso, fino alla profondità di 15-30 m. dal piano di campagna, terreni costituiti in genere da sabbie finissime, debolmente limose, sature d'acqua e del tutto prive di resistenza alla penetrazione: tali terreni debbono essere considerati dotati di coesione praticamente nulla e di angolo di attrito basso.

Al disotto si incontrano infine orizzonti a grana più fine prevalentemente limoso-argillosa, di resistenza gradualmente crescente con la profondità. A titolo di esempio si ricorda che i terreni alluvionali esistenti nella valle Sallustiana ed in particolare a piazza Barberini, sottostanti al terreno di riporto, sono costituiti da sabbie fini, limi ed argille limose del tutto incoerenti, saturi di acqua e privi di qualsiasi consistenza aventi le seguenti caratteristiche: peso dell'unità di volume  $1.76 - 1.80 \text{ gr/cm}^3$  (peso specifico reale  $2.65 - 2.67$ ) indice di plasticità  $I_p = 13 - 15.7$ ; indice di consistenza  $0.19 - 0.64$ ; resistenza al taglio variabile da  $0.00$  a  $0.54 \text{ kg/cm}^2$ ; angolo d'attrito  $\phi$  circa  $25^\circ$ .

<sup>(1)</sup> I valori minimi e massimi non sono significativi perchè interessano spessori molto limitati.

<sup>(2)</sup> Sec. D'Apollonia il modulo di compressibilità delle sabbie non scende mai al disotto di  $150 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tab. 2.26** *Caratteristiche geotecniche*

Località	Prof (m)	Carat fisiche				Carat. granulometriche			
		peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	sat. %	S %	L %	A %	LL %
		Scalinata Ronciglione	6	2,71	1,70	39	87	14	35
	8	2,72	1,95	27	86	10	24	66	55
Attività A' = Ip / pass 2μ									

**Tab. 2.27** *Complesso delle*

Località	Prof (m)	Caratteristiche							
		Carat fisiche				Carat granulometriche			
		peso spec. gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	sat. %	S %	L %	A %	
Via Padre Paoli (Trigoria)	2	2,71	1,70	30	52	2	8	90	
	3	2,72	1,76	38	53	1	6	93	
	4	2,69	1,78	28	48	2	9	89	
	7	2,70	1,73	36	53	3	7	90	
	10	2,70	1,83	29	47	82	18	-	
	12	2,72	1,80	28	48	1	6	93	
	15	2,71	1,74	41	54	2	18	80	
	16	2,71	1,79	35	51	2	15	83	
Attività A' = Ip / pass 2μ									

**Tab. 2.28** *Formazione*

Località	Prof. m.	Carat. fisiche						Carat. granulometriche				Caratt. di consistenza:		
		peso spec. g/cm <sup>3</sup>	peso volume g/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	poros %	sat. %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	
		Via di Villa Chigi	6	2,68	1,72	31		80	-	40	37	23	23	17
	15	2,68	1,66	32										
	23	2,69	1,81	23		75	31	60	10	0				
Piazza Cavalieri di Malta	5	2,64	1,84	23	43	78	1	14	39	46	45	21	24	
	7	2,60	1,93	26	41	97	5	23	48	24	36	13	23	
	9	2,64	1,99	25	40	100	1	14	35	50	46	22	24	
	12	2,64	1,92	26	42	93	14	12	41	33	49	25	24	

**Tab. 2.29** *Dune costiere di sabbia*

Località	Prof (m)	Caratteristiche fisiche				Carat granulometriche				Caratt.:	
		peso spec g/cm <sup>3</sup>	peso volume g/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	poros %	sat. %	S %	L %	A %	LL %	
Lido di Ostia via di Tor Boacciana	1-4										
Lido di Ostia via Ostiense- via dei Romagnoli	18	2,68	1,74	43	55	96	6	24	70	60	
Attività A' = Ip / pass 2μ											



*delle argille della formazione palustre (fp)*

Caratt geotecniche

Caratt. di consistenza				Carat. meccaniche				Classificazione
LP %	IP %	IC	A'	taglio diretto c.d.		triassiale n c.,n d.		
				$\phi$	c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	c'	
23	28	0,42	0,5	23°	0,15	0	0,7	argilla con limo deb sabbiosa
32	23	1	0,3	20°30'	0,4	0	1,87	argilla limosa deb sabbiosa

*formazioni dunari antiche (qd)*

geotecniche

Carat di consistenza					Caratt meccaniche				Classificazione
LL %	LP %	IP %	IC	A'	taglio diretto c d		triassiale		
					$\phi$	c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	c'	
64	30	34	1	0,4			16°30'	0,55	argilla deb limosa
63	35	28	0,89	0,3			15°	0,55	argilla deb limosa
61	27	34	0,97	0,4			16°30'	0,30	argilla deb limosa
62	34	28	0,92	0,3			17°	0,40	argilla deb limosa
					29°30'	0,05			sabbia limosa
62	35	27	1	0,3			16°	0,60	argilla deb limosa
61	28	33	0,60	0,4	16°30'	0,30			argilla limosa
60	34	26	0,96	0,3	18°	0,35			argilla limosa

*fluvio lacustre (fl)*

Caratteristiche geotecniche

IC	Carat. meccaniche		Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	Carat. di compressibilità						Classificazione	
	taglio diretto c.d.			$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25-0,5	0,5-1	1-2	1-4	4-8		8-16
	c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	E' kg/cm <sup>2</sup>								
	0,25	24°									sabbia con limo argillosa
			5,5-7,5								tufo
	0	29°									sabbia con ghiaia deb limosa
0,93	0	32°									argilla con limo deb sabbiosa
0,43	0,45	18°		56	89	89	116	108	222		limo argilloso deb ghiaioso
0,80	0	32°									argilla con limo deb sabbiosa
0,97											limo con argilla deb sabbioso

*grigie giallastre consolidate (ad)*

di consistenza				Carat meccaniche			Carat di compressibilità		Definizione
LP %	IP %	IC	A'	taglio diretto c.d.		permeabilità cm/sec	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	2-4	
				$\phi$	c Kg/cm <sup>2</sup>				
						7x10 <sup>-3</sup>		27-44	sabbia fine limosa
27	33	0,53	0,4	18°	0,25				argilla con limo

**Tab. 2.30 Risultati delle prove penetrometriche sulle sabbie e limi di Ostia**

prof.	litol.	prove penetrometriche	
		dinamica (N <sub>30</sub> )	statica (kg/cm <sup>2</sup> )
0 - 8	sabbia	4 - 19	40 - 50
8 - 10	sabbia	11 - 30	ca 30
10 - 15	sabbia	11 - 30	40 - 50
15 - 17	limo	11 - 30	4 - 8
17 - 20	limo	18 - 40	8 - 12
20 - 38	limo		8 - 16
38 - 50	sabbia		rifiuto all'avanzamento

#### b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le alluvioni del Tevere al Campo Sportivo di Tor di Quinto sono risultate costituite dall'alto in basso, al disotto di circa un metro di terreno di riporto, da limo argilloso per 4-8 metri con  $N_{SPT} = 16$  (11-22), da limo sabbioso per 7-14 metri con  $N_{SPT} = 37$  (34-35), da sabbia per 12-13 metri con  $N_{SPT} = 28$  (17-39) e da argilla limosa fino alla profondità accertata di 40 m. con  $N_{SPT} = 20$  (17-22).

A Villa Spada, presso il km. 10 della S.S. Salaria, le alluvioni del Tevere presentano uno spessore di 42-51 metri e sono costituite (al disotto di riporto dello spessore fino a tre metri) da argilla limosa con torba e lignite fino a m. 13-19 di profondità, da sabbia limosa con materiale organico fino alla profondità di 18-25 metri, da limo debolmente sabbioso od argilloso con materiale organico fino alla profondità di 21-36 metri ed infine da sabbia grigia fine con torba e resti vegetali fino alla profondità di 42-51 metri.

Segue al disotto un banco di ghiaia fino a m. 52-56.

Le alluvioni del Tevere nei pressi di Piazzale Flaminio, esplorate con alcuni sondaggi, sono risultate costituite, dall'alto in basso da:

- 1) un'alternanza, dello spessore di 9 - 12 metri di limi, limi sabbioso argillosi e sabbie fini con qualche rara lente di sabbia a granulometria da media a grossa con ghiaietto;
- 2) un'alternanza, per uno spessore di 11 - 15 m., di livelli di varia granulometria di sabbie calcareo silicee con intercalati piccoli livelli torbosi;
- 3) un banco di argille compatte, di colore grigio scuro contenente piccole concrezioni a cemento calcitico, accertato per uno spessore non inferiore agli otto metri.

Le alluvioni del Tevere alla Riserva Biadaro (Acilia), presso il km. 16 della via Portuense, sono costituite prevalentemente da argille limose con intercalati alcuni livelli di sabbie limose ed alcuni livelli di torba. In esse sono presenti delle "sacche" di gas di palude in pressione. Lo spessore delle alluvioni varia da 75 a 65 metri man mano che ci si allontana dal Tevere; alla base esiste un banco di ghiaia dello spessore accertato superiore ai sei metri con acqua in pressione con livello piezometrico a m. 1 - 1.50 dal piano di campagna.

Una serie di prove penetrometriche statiche ivi eseguite, con penetrometro statico da 20 tons e punta elettrica, ha indicato che fino alla profondità esplorata di 55 metri le alluvioni fluviali presentano valori della resistenza alla punta che si mantengono per tutta l'altezza estremamente bassi compresi cioè in genere fra 4 e 8 kg/cm<sup>2</sup>. Sono stati riscontrati soltanto alcuni pochi strati, dello spessore al massimo di un paio di metri, con valori medi di circa 40 kg/cm<sup>2</sup>.

I dati forniti per le caratteristiche geotecniche dalle analisi di laboratorio eseguite su campioni dei terreni alluvionali prelevati nelle suddette località sono sintetizzati nelle Tab. 2.31 e 2.32.

Per quanto riguarda i depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori si segnala che i depositi alluvionali nella zona delle Tre Fontane sono costituiti in prevalenza da prodotti piroclastici dilavati dalla regione circostante, argillificati e con intercalazioni torbose di discreto spessore; essi sono scarsamente consistenti ed hanno contenuto d'acqua e compressibilità notevolmente elevati.

Il peso dell'unità di volume è compreso fra 1.5 ed 1.8 gr/cm<sup>3</sup> (contenuto d'acqua di circa il 50%) con un minimo di 1.2 gr/cm<sup>3</sup> nei livelli torbosi (contenuto d'acqua 147%).

Il coefficiente di compressibilità è dell'ordine di  $20 \cdot 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>/kg nei livelli privi di torba con un massimo di  $184 \cdot 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>/kg negli orizzonti torbosi.

Le prove di resistenza al taglio, hanno indicato una coesione di 0.10 - 0.32 kg/cm<sup>2</sup> ed un angolo d'attrito di 26° - 29°.

In Tab. 2.33 inoltre sono riportati i dati delle caratteristiche geotecniche relativi alle alluvioni della marrana di S. Giovanni.

<b>Tab. 2.33</b> <i>Caratteristiche geotecniche dei depositi alluvionali della marrana di S. Giovanni</i>		
peso specifico reale $\gamma_r$	2,72 - 2,77	gr/cm <sup>3</sup>
peso dell'unità di volume $\gamma$	1,30 - 1,40	gr/cm <sup>3</sup>
contenuto naturale d'acqua $w_n$	30 - 50	%
Granulometria molto variabile:		
ghiaia	0 - 20	%
sabbia	10 - 40	%
limo	35 - 90	%
argilla	0 - 5	%
limite di liquidità LL	48 - 58	%
limite di plasticità LP	17 - 25	%
indice di plasticità IP	30 - 35	
coefficiente di permeabilità k	$1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-8}$	cm/sec
carico di rottura a dilatazione naturale libera $\sigma_f$	1 - 2	kg/cm <sup>2</sup>
angolo di attrito $\phi$	0° (*)	
coesione c	0 - 0,8	kg/cm <sup>2</sup>
(*) Campione saturo non drenato		

E' da tener presente che quando al disopra dei terreni alluvionali del Tevere esiste del riporto spesso, al contatto fra le due formazioni, si viene a creare una falda acquifera di modesta entità nettamente distinta dalla falda di base. A volte accade che il dislivello fra le due falde è molto piccolo e, poiché quella di base ha il livello dipendente da quello del Tevere, in occasione delle piene le acque delle due falde si possono venire a confondere l'una con l'altra.

Il sollevamento e l'abbassamento ripetuto nel tempo della falda acquifera di base può provocare un graduale asporto delle particelle fini del riporto e dell'alluvione, provocando squilibri e modifiche dello stato del terreno alluvionale stesso.

#### LE ALLUVIONI COME TERRENI DA FONDAZIONE

Per quanto riguarda le alluvioni come terreno da fondazione può senz'altro affermarsi che esso è il peggiore fra quelli esistenti nell'ambito della città di Roma.

Per le fondazioni degli edifici interessanti i terreni alluvionali sono stati infatti sperimentati tutti i tipi di fondazione e numerosi sono gli inconvenienti verificatisi collegati al comportamento di tale terreno come base di fondazione.

Le fondazioni superficiali, a plinti, a travi rovesce, a platea parziale o totale, poggianti su livelli più consistenti di altri sono stati estesamente impiegati in passato. Con esse si sono avuti sempre notevoli cedimenti, ma quando i sovraccarichi unitari erano modesti (inferiori ad 1 kg/cm<sup>2</sup>) od i carichi permanenti erano

**Tab. 2.31 Alluvioni del f. Tevere: limi, limi sabbiosi, limi argillosi.**

Località	Sond.	Prof. (m)	Caratteristiche geotecniche																
			Caratt. fisiche					Carat. granulometriche				Carat. di consistenza							
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale %	poros %	sat %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %	IC	A'	taglio c d kg/cm <sup>2</sup>		
Villa Spada km 10 della Salaria		26	2,67-2,68	1,68-1,70	31-33	52	76-80						48	22	26			0,30	
		32	2,71	1,95	25								21					0,20	
Tor di Quinto Campo sportivo		6																	
		10																	
		38																	
Ponte Flaminio		11	2,68	2,05	24		103											0,30	
		19		1,97	26							51	24	27	0,98			0,43	
		38		2,01	20							46	25	21	1,23			0,58	
Villaggio Olimpico		5		2,00	30							39	30	9					
		7			35	51	90											0,05	
		8		2,01	22							31	22	9				0,8	
		14		2,02	23							37	25	12				0,7	
Presso la confluenza del f. Aniene nel Tevere	1	5			18	39						40		14				0,20	
		8			29	45						56	25	31				0,40	
		11			25	43	89					58	27	31				0,40	
		13			36	55	70					59	25	34					
		14			39	55						20	nd	nd					
		17			51	59	94					55	33	22					0,40
		20			31	46	90					52	25	27					0,30
		22			38	48	97					52	30	22					0,35
		25			42	54	98					58	28	30					
		26			30	46						40	26	14					0,35
		30			36	56						56	29	27					0,40
		36			30	56						46	28	18					0,20
		50			19	39	78					64	28	36					0,40
		2	17	2,66	1,97	25	41	97											
		28	2,69	1,93	44							69	33	36					
Piazzale della Marina	1	8	2,69	1,75	45		98,4	-	-	3	97							0,3	
		16	2,70	1,79	34		90,4	-	33	36	31	43	27	16	0,54	0,15	0,3		
	2	10	2,72	1,70	41		88,7	-	2	13	85	61	23	38	0,52	0,4	0,3		
	3	8	2,71	1,92	30		97,3	-	2	11	87	62	32	30	1	0,3	0,5		
	4	8	2,69	1,88	25		86,2	-	1	12	87	61	33	28	1	0,3	0,45		
		14	2,70	1,80	32		88,1	-	20	42	38	43	28	15	0,76	0,4	0,25		
	5	10	2,69	1,69	48		93,7	-	-	4	96	64	24	40	0,4	0,4	0,25		
6	10	2,69	1,78	40		96,4	-	-	3	97	63	28	35	0,66	0,3	0,35			
Piazza Apollodoro		6-8	2,59-2,66	1,90-1,97	26-31		100	-	6-14	43-55	29-48	46							
		15-17	2,28-2,72	1,87-2,01	11-33		100-99	-	48-14	31-52	21-34	40-41			0,6 > 1		0-0,05		
		27-35	2,62-2,74	1,90-2,10	21-33		100	-	7-10	31-52	47-52	56-44			0,8		1,30-0,15		
Piazzale della Marina		22	2,70	1,78	26		78	-	50	22	28	26	20	6	0	0,2			

Attività A' = Ip / pass 2 μ

Zona del Comune di Roma (fino all'altezza di Piazzale Flaminio)

Caratt. meccaniche											Carat. di compressibilità						Classificazione
diretto	Penet din N <sub>30</sub>	triassiale		Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25-0,50	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16						
φ		φ	c kg/cm <sup>2</sup>														
17°						12	25	38	55	90	195						
26°						30	41	53	82	58	85						
	16																
	40																
	20																
23°												limo sabbioso avana					
25°												argilla limosa grigia					
23°												argilla limosa grigia					
												argilla con limo molto compatta					
26°												sabbia con limo					
19°												argilla limosa, variegata, marrone					
20°												argilla variegata, marrone chiaro					
27°												argilla con limo e sabbia					
19°												argilla limosa sabbiosa					
18°												argilla con limo e sabbia					
												argilla limosa deb sabbiosa					
												limo con sabbia argilloso					
18°												argilla con limo sabbiosa					
20°												argilla con limo sabbiosa					
19°												argilla con limo deb sabbiosa					
												argilla limosa deb sabbiosa					
20°												limo con argilla sabbioso					
18°												argilla limoso sabbiosa					
24°												argilla con limo sabbiosa					
15°												argilla deb limosa					
												argilla limosa					
												argilla deb limosa					
15°		0	0,45			0	24	31	42	63		argilla					
24°-30°												limo con argilla e con sabbia					
18°		0	0,25									argilla deb limosa					
16°		0	0,74			0	0	51	65	97		argilla deb limosa					
16°		0	0,74			0	49	54	63	93		argilla deb limosa					
21°		0	0,50									sabbia con argilla					
15°						5	8	11	17	29		argilla					
16°		0	0,46			14	18	30	50	74		argilla					
				0,6-1,3		71	59	79	101	132	204	limo con argilla deb sabbioso					
31°-34°							64	69	116	179	256	da sabbia con limo argilloso a limo sabbioso					
21°-18°				1,5-2,38		25	29	42	66	100	168	argilla con limo deb sabbiosa					
												sabbia con argilla limosa					

**Tab. 2.32 a) Alluvioni del f. Tevere e dei suoi affluenti nella zona**

Località	Sond	Prof (m)	Caratteristiche											
			Carat. fisiche					Carat. granulometriche				Caratt. di		
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale%	poros %	sat %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %
La Rustica		2	2,66	1,46	30	58	58	-	22	40	38	40	26	14
		4	2,65	1,36	65	69	78		22	33	45	40	26	14
		5	2,64	1,43	52	64	76		18	30	52	48	22	26
		6	2,68	1,75	41	54	35		3	27	70	43	23	20
Via di S. Costanza		14	2,72	1,50	46							35	21	14
		18	2,78	1,59	72							n.d.	n.d.	
		20	2,72	1,65	49							66	34	32
		23	2,76	1,69	61							55	36	19
		25	2,70	1,86	32							35	21	14
Piazza Dante		6	2,76	1,65	23		62		70	30		38	28	10
Via di Porta Portese		10	2,67	1,95	25		94		58	25	17	26		
		24	2,71	1,83	39		100		1	24	75	67	40	27
P. S. Giovanni Metropolitana		15	2,67	1,59	56							56	43	13
		19	2,72	1,70	39							45	27	18
		22	2,76	1,71	42							65	37	28
Via Giustiniano Imperatore		3-23	2,71	1,64										
		34-69	2,70	2,04										
Via della Magliana, presso l'incrocio con A. Roma Fiumicino		5	2,66	1,61	58							72	53	19
		18						24	54	22				
Via Ostiense Mercati Generali		6	2,68	1,84	27	46	85	-	7	29	64	57	27	30
		8	2,67	1,80	31	48	88	-	7	34	59	52	34	18
A 150 metri da via di Decima ed a 350 m. da via Sabatini		3	2,73	1,68	49			-	9	60	31			
		8	2,69	1,76	46			-	9	46	45	67	35	32
		38	2,72	2,01	24			-	21	41	38	38	22	16
		51	2,74	1,99	26			-		55	45	44	21	23
		62	2,76	2,00	26			-	-	58	42	48	22	26
		66	2,76	2,04	22			-	13	76	11	34	20	14
		77	2,74	2,04	19			-	3	65	32	30	20	10
A 300 metri da via di Decima ed a 400 metri da		12	2,68	1,43	99			-	6	42	52	115	40	75
		2	2,74	1,82	38			-	19	47	34			
Via di Decima a 800 metri da Via Sabatini		14	2,63	1,69	40			-	-	56	44			
		32		1,89	27							48	21	27
		41	2,72	2,0	23			-	5	54	41	44	23	21
A metri 470 da via di Decima ed a m 420 da via Sabatini		5	2,67	1,70	42			-	-	43	57	79	24	55
		16	2,73	1,81	42			-	-	57	43	52	22	30
		29	2,73	1,62	56			-	24	62	14	51	nd	nd
		53	2,71	2,02	25			-	3	60	37	38	21	17
		55	2,75	2,04	25			-	2	59	39	40	15	25
		60	2,73	2,00	27			-	-	53	47	45	25	20
Viale della Cina ang. Via Fosso Torrino		8	2,70	1,99	26			-	11	39	50	54	25	29
		26	2,75	1,97	29			-	-	44	56	47	20	27
		61	2,73	2,02	26			-	-	52	48	41	23	18

Attività A' = Ip / pass .2 μ

*sud del Comune di Roma (da La Rustica a via della Cina)*

geotecniche													Classificazione
consistenza		Carat. meccaniche			Carat. di compressibilità								
Ic	A'	taglio diretto c.d.		Resist a comp dl kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16	16-32	
		c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$										
0,71		0,15	24°	0,3-1		32	58	109	130	146			Limo con argilla sabbioso
		0,15	18°	0-0,4		50	30	44	38	28			Argilla con limo sabbiosa
0		0,25	23°	0,6-0,64		38	39	40	45	51			Argilla con limo sabbiosa
0,55		0,4	22°	1,5-1,8		29	60	81	115	208			Argilla con limo
0		0,10	29°										
0,53	0,65	0,35	24°										
0		0	32°										
0,21	0,87	0	35°-30°										
1,5													Sabbia con limo
		0	35°										Sabbia con limo argilloso
1,02		0,13	19°	1,07		14	17	28	43	76	147	302	Argilla limosa
0,5				0,24		14	19	29	48	91	160		Argilla con limo
				0,40		28	32	35	43	73	134		Argilla con limo deb sabbiosa
				0,84		42	53	69	89	101	138		Argilla limoso sabbiosa
		0,19	15°	1,96			24						Argilla limosa
		0,90	19°	6,70			66						Argilla limosa
0,75													Sabbia limosa
		0,13	34°										Sabbia ghiaiosa limosa
1	0,5					4	8	21	22	32			argilla con limo deb sabbiosa
1	0,3												Argilla con limo
		0,15	27°				28	32	38	77	131	250	Limo con argilla deb sabbioso
0,71		0,20	17°				17	34	59				Limo con argilla deb sabbioso
0,90		0,45	25°										Limo con argilla sabbioso
0,79		0,60	15°										Limo con argilla
0,83		0,70	18°				90	90	112	167	322	714	Limo con argilla
0,84		0,60	22°				40	77	104				Limo deb argilloso e deb sabbioso
>1		0,85	23°										Limo con argilla
>1		1	19°				83	161	213				Limo con argilla
0,25		0,55	16°										Argilla con limo deb sabbiosa
		0,2	22°										Limo con argilla
		0,2	18°				20	24	42	71	125		limo con argilla
0,80		0,75	19°										limo con argilla
>1		0,3	23°				42	53	77				argilla con limo
0,67		0,3	23°				71	62	71	82	133	250	Limo con argilla
0,32		0,1	18°										Limo sabbioso deb argilloso
		0,1	30°										Tufo degradato
0,73		0,55	21°										Limo con argilla
0,57		1,1	15°										Limo con argilla
0,87		0,7	17°				122	115	169	192	189	294	Limo con argilla
0,95		0,15	14°										Argilla con limo deb sabbiosa
0,67		0,5	20°										Argilla con limo
0,83		0,70	18°										Limo con argilla

**Tab. 2.32 b) Alluvioni del f. Tevere e dei suoi affluenti nella zona**

Località	Sond	Prof (m)	Caratteristiche										
			Carat. fisiche					Carat. granulometriche				Caratt. di	
			peso spec gr/cm <sup>3</sup>	peso volume gr/cm <sup>3</sup>	acqua naturale %	poros %	sat %	G %	S %	L %	A %	LL %	LP %
Zona Tor de Cenci	1	10	2,64	1,50		69	99	-	60	30	10	20	nd
		15	2,72	1,59		63	92	-	60	30	10		
		24	2,67	1,75		55	99					65	30
		25	2,67	1,60		61	93	-	40	19	41	35	21
		29	2,68	1,76		54	98					59	31
		30	2,74	1,64		59		-	28	22	50	38	22
	2	4	2,64	1,50		67	94	-	27	34	39	33	19
		11	2,64	1,47		71	100	-	37	24	39	34	21
		12	2,67	1,88		46	95	-	29	43	28	34	20
		13	2,74	2,02		39	88	-	12	21	67	49	28
		17	2,68	1,70		50	72	-	86	14	-		
		22	2,71	1,92		43	89	-	14	29	57	49	27
		25	2,69	1,82		51	98	-	19	24	67	48	32
		26	2,73	2,01		40	94					38	25
	3	3	2,68	1,74		44	53	-	79	20	1		
		9	2,71	1,81		52	99	-	20	27	53	44	21
		12	2,69	1,71		48	66	-	97	3			
		18	2,73	1,89		45	88	-	14	22	64	53	30
		20	2,69	1,76		55	99					49	27
	4	27	2,70	2,03		37	89					60	37
		3	2,64	1,64		60	150	-	24	29	47	34	22
		4	2,69	1,99		41	98	-	11	19	70	56	35
		22	2,71	1,96		43	99	-	12	29	59	47	24
		25	2,68	1,90		40	74	-	53	38	9		
		28	2,67	1,85		46	89	-	14	53	33	31	15
	5	30	2,67	1,70		55	89					30	18
		5	2,69	2,01		37	87		20	40	40	46	27
		8	2,73	2,00		41	95		18	25	57	48	27
		12	2,65	1,76		47	74	-	85	15	-		
		21	2,72	1,87		41	95	-	42	31	27		
23		2,70	2,04		36	92	-	37	29	34	30	19	
A metri 500 da via di Decima ed a m 750 da p. A. Hazon		7	2,72	1,88	30			-	3	68	29	36	24
		29	2,76	2,01	25							46	21
		39	2,76	2,04	24							43	17
		49	2,76	1,97	30							40	28
A metri 300 da via di Decima ed a m 900 da p. A. Hazon		39	2,75	1,96	23			-	1	51	48	44	18
		51	2,75	2,00	25			-	6	57	37	38	22
		55	2,73	2,06	23			-	7	49	44	42	24
A metri 750 da via di Decima ed a m 550 da p. A. Hazon		3	2,74	1,83	35			-	6	80	14	40	25
		8	2,66	1,65	57			-	5	63	32	58	38

Attività A' = Ip / pass .2 μ



*sud del Comune di Roma (da Tor de' Cenci a via di Decima)*

geotecniche														Classificazione
consistenza			Carat. meccaniche			Carat. di compressibilità								
IP %	Ic	A'	taglio diret.		Resist a comp dll kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ K $\sigma$ (cm <sup>2</sup> )	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-8	8-16	16-32	
			c kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$										
			0,21	27°	0,6		23	31	44	46	75			Sabbia con limo deb argillosa
			0,10	21°			38	49	69	100				Sabbia con limo deb argillosa
35	0,4	0,4	0,55	16°			14	21	24	35	56			Argilla limoso sabbiosa
14		0,33	0,20	25°			31	39	60	69	117			Argilla con sabbia limosa
28	0,54	0,41	0,25	18°										Argilla limosa deb sabbiosa
16		0,32	0,20	18°										Argilla con sabbia
14			0,12	22°			6	9	11	20				Argilla con limo e con sabbia
13			0,26	19°			9	12	15	20	37			Argilla con sabbia limosa
14	0,30		0,10	25°										Limo con argilla e con sabbia
21	1	0,32												Argilla limosa deb sabbiosa
			0,0	33°										Sabbia deb limosa
22	1	0,39	0,35	20°										Argilla con limo deb sabbiosa
16	0,64		0,25	21°										Argilla limosa sabbiosa
13	1		0,44	22°										Argilla con limo deb sabbiosa
			0,12	31°										Sabbia limosa
			0,05	33°										Sabbia limosa
23	0,20	0,45	0,20	22°										Argilla con limo sabbiosa
			0,00	36°										Sabbia
23	1	0,35												Argilla limosa deb sabbiosa
22	0,25	0,37	0,25	22°										Argilla con limo deb sabbiosa
23	1	0,29												Argilla limosa deb sabbiosa
12		0,24	0,25	18°										Argilla con limo sabbiosa
21	1	0,31	0,53	19°				43	51	80	33			Argilla limosa deb sabbiosa
23	0,83		0,47	22°			36	45	75	113	209			Argilla con limo deb sabbiosa
			0,08	33°										Sabbia con limo deb argillosa
16	0,13	0,47	0,23	26°			38	52	74	141	272			Limo con argilla deb sabbioso
12			0,05	33°										Sabbia con limo ed argilla
19	1	0,48	0,40	19°			21	32	56	92	163			Argilla con limo sabbiosa
21	1	0,37	0,37	23°			52	64	82	139	177			Argilla con limo sabbiosa
			0,04	35°										Sabbia limosa
			0,03	33°										Sabbia con limo ed argilla
11	1		0,26	23°					69	100	124			Sabbia con argilla e con limo
			0,10	28°										Sabbia con con limo
12	0,46		0,2	18°				45	61	62	77	164	312	Limo con argilla
25	0,83		0,6	20°										Argilla con limo
26	0,71		0,6	22°										Limo con argilla
12	0,89		0,5	21°										Limo deb argilloso e deb sabbioso
26	0,79		0,6	19°										Limo con argilla
16	0,81		0,5	22°										Limo con argilla deb sabbioso
18	>1		0,5	21°										Limo con argilla deb sabbioso
15	0,36	0,38	0,15	11°				25	32	62	104	178		Limo deb argilloso e deb sabbioso
20	0,06		0,20	26°										Limo con argilla

distribuiti uniformemente, i cedimenti differenziali rimanevano contenuti in limiti sopportabili dalle strutture in sopraelevazione. In tali casi le strutture, in muratura, a volte con cordoli in c.a., subivano delle deformazioni plastiche sensibili, ed in parte si lesionavano fino a pervenire ad una nuova condizione di precario equilibrio. Naturalmente quando, come spesso è avvenuto, si è disturbato tale stato di equilibrio con sopraelevazioni, modifiche della distribuzione dei carichi permanenti, riduzione delle fondazioni, (per la creazione di varchi fra locali diversi al piano interrato), si sono venuti a creare squilibri e si è a volte compromessa la stabilità dell'edificio. Edifici con tali fondazioni poggianti sulle alluvioni sono inoltre soggetti ai pericoli inerenti alla costruzione di edifici in aree limitrofe ed a quelli dipendenti da numerosi fattori che possono influire sullo stato del terreno nei livelli superficiali quali rotture di fognature o di condotte d'acqua, riporti e scavi in aree limitrofe, etc.

Nel caso della necessità di realizzare costruzioni modeste, quali garages ad un piano, interrati o non, modesti edifici di civile abitazione di soltanto uno o due piani fuori terra, ecc. in zone ove lo spessore delle alluvioni è molto elevato (fino a oltre cinquanta metri), risultati del tutto soddisfacenti si sono a volte ottenuti con un preventivo precario.

In tal caso, effettuato lo sbancamento necessario, si è proceduto alla messa in posto di terreno di riporto, omogeneo (pozzolana, sabbia, ecc.) con uno spessore tale da sollecitare il terreno con un carico unitario superiore a quello della prevista costruzione e si è controllato, con l'aiuto di assestimetri, l'andamento dei cedimenti nel tempo fino al loro arresto completo avvenuto dopo alcuni mesi (in genere da tre a sei mesi); successivamente si è asportato il terreno riportato e si è proceduto alla realizzazione della prevista costruzione.

Le fondazioni mediante plinti su pali, trivellati, tipo prefackt, tipo pali infissi prefabbricati, che interessano soltanto le alluvioni e che fanno affidamento praticamente soltanto sulla resistenza per attrito laterale, hanno dato in molti casi risultati del tutto insoddisfacenti. Non sono rari infatti in tali casi fra plinto e plinto cedimenti differenziali di notevole entità che hanno avuto come effetto il verificarsi sia di lesioni nelle strutture portanti, sia di non trascurabili inclinazioni del fabbricato.

Risultati sensibilmente migliori si sono avuti in genere quando i pali non sono stati raggruppati alla base dei plinti isolati, ma sono stati distribuiti uniformemente in modo da formare una palificazione continua al disotto di travi di collegamento fortemente irrigidite.

Nel tentativo di eliminare gli inconvenienti verificatisi in edifici fondati su pali raggruppati sotto i plinti isolati, buoni risultati sono stati ottenuti creando dei rigidi collegamenti, fino a vere e proprie travi pareti fra i singoli plinti.

Le tendenze attuali, in dipendenza del fatto che si ha spesso la necessità di realizzare anche due o tre piani al disotto del piano stradale, seguono due concezioni nettamente distinte. Un criterio consiste nel creare delle fondazioni a platea di tipo scatolare sufficientemente approfondite in modo che il peso del terreno asportato sia superiore od uguale od al massimo di poco inferiore al peso complessivo dell'edificio progettato. L'altra tendenza, in relazione anche alle maggiori possibilità offerte oggi dalla tecnica, è quella di attraversare tutto lo spessore delle alluvioni, qualunque esso sia, fino a raggiungere la formazione sottostante che in genere è costituita dal banco di ghiaie del Siciliano a sua volta sovrapposto alle argille marine calabrianne o plioceniche. In tal caso si ricorre a pali di grande diametro -da un metro fino ad oltre tre metri- che trasmettono al terreno carichi concentrati elevatissimi. Non sono ormai rari i casi di fondazioni di strutture portanti che poggiano su pali del diametro di m. 1.50 e della lunghezza di oltre cinquanta metri. Nelle zone ove lo spessore delle alluvioni è più grande, è stata presa in considerazione anche l'opportunità e la possibilità tecnica di ricorrere per le fondazioni a pali di grande diametro della lunghezza fino ad oltre 80 m.

## 2.6 TERRENI DI RIPORTO

### a) COSTITUZIONE

Come già detto, i terreni di riporto sono per la loro stessa natura eterogenei e disuniformi, non soltanto in zone diverse della città, ma anche in una stessa località e, spesso, anche nell'ambito di un solo edificio. Non è possibile pertanto fornire indicazioni, neppure di larga massima delle loro caratteristiche tecniche.

Tuttavia a seconda della natura del terreno di riporto si possono dare le indicazioni seguenti.

*Riporti costituiti da sabbie e limi sabbiosi*, associati a detriti diversi e materiali eterogenei a grana e consistenza variabile.

## b) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche, quando determinate, hanno fornito i valori riportati in Tab. 2.34.

*Riporti costituiti da argille più o meno sabbiose* associate a detriti e materiali eterogenei a grana e consistenza variabile. In tal caso il riporto assume le caratteristiche di un terreno argilloso rimaneggiato ed in genere, saturo di acqua.

Le caratteristiche determinate hanno fornito i valori riportanti in Tab. 2.35.

Riguardo alle caratteristiche tecniche dei riporti argilloso-limosi recenti, non costipati, in presenza di acqua, utili indicazioni possono anche essere fornite dai dati relativi alle alluvioni recenti, non costipate, del Tevere e dei suoi affluenti. Inoltre altre indicazioni possono essere fornite dalle prove di compressibilità e dalle prove di taglio dirette su campione di argilla (pliocenica) completamente rimaneggiato ed al quale è stato dato un contenuto di acqua corrispondente a quello della stessa argilla indisturbata, e cioè circa il 20% (v. fig. 2.15).

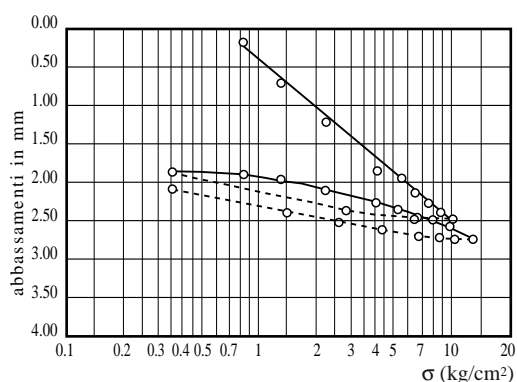


Fig. 2.15 Campione di argilla pliocenica di Monte Mario completamente rimaneggiata: curva di compressibilità. (da Spina G. [1956]).

Dalla prova di compressione si vede che una pressione di circa 13 kg/cm<sup>2</sup> provoca un abbassamento di mm. 2.7 e che il cedimento residuo allo scarico è di circa mm. 2.1 pari a circa il 27% del cedimento totale; dalla prova di taglio è risultato per la coesione un valore di 0.04 kg/cm<sup>2</sup> ed un angolo d'attrito di 20° circa.

**Tab. 2.34** Caratteristiche tecniche dei riporti sabbiosi o limo sabbiosi

peso specifico reale $\gamma_r$	2,70 - 2,80	gr/cm <sup>3</sup>
peso dell'unità di volume $\gamma$	1,00 - 1,80	gr/cm <sup>3</sup>
contenuto naturale d'acqua $w_n$	23 - 58	%
Granulometria molto variabile:		
ghiaia	0 - 40	%
sabbia	10 - 30	%
limo	30 - 70	%
argilla	0 - 10	%
limite di liquidità LL	38 - 55	%
limite di plasticità LP	22 - 35	%
indice di plasticità IP	5 - 30	
modulo di compressibilità E	60 - 120	kg/cm <sup>2</sup>
coefficiente di permeabilità k	1.10 <sup>-5</sup> - 1.10 <sup>-8</sup>	cm/sec
carico di rottura a dilatazione laterale libera $\sigma_f$	0,8 - 1,5	kg/cm <sup>2</sup>
deformazione alla rottura	2 - 3	%
angolo di attrito $\phi$	0° - 20° (*)	
coesione c	0 - 0,5	kg/cm <sup>2</sup>
(*) A seconda dell'intervento o meno delle tensioni interstiziali		

Riporti costituiti prevalentemente di materiali piroclastici contenenti anche frammenti di grandi dimensioni, ma con grande prevalenza di materiale a grana fine. Riferendoci alle frazioni fini, od a riporti costituiti essenzialmente da frazioni fini, si possono fornire per le caratteristiche tecniche i valori riportati in Tab. 2.36.

<b>Tab. 2.35</b> <i>Caratteristiche tecniche dei riporti argillosi più o meno sabbiosi</i>		
peso specifico reale $\gamma_r$	2,70 - 2,78	gr/cm <sup>3</sup>
peso dell'unità di volume $\gamma$	1,30 - 1,85	gr/cm <sup>3</sup>
contenuto naturale d'acqua $w_n$	20 - 50	%
Granulometria molto variabile:		
ghiaia	0 - 20	%
sabbia	10 - 40	%
limo	34 - 75	%
argilla	0 - 56	%
limite di liquidità LL	24 - 65	%
limite di plasticità LP	15 - 32	%
indice di plasticità IP	4 - 40	%
modulo di compressibilità E	50 - 180	kg/cm <sup>2</sup>
coefficiente di permeabilità k	$1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$	cm/sec
carico di rottura a dilatazione laterale libera $\sigma_f$	0,4 - 1,5	kg/cm <sup>2</sup>
angolo di attrito $\phi$ (prova non drenata)	0° - 20° (*)	
coesione c	0 - 0,9	kg/cm <sup>2</sup>
(*) A seconda dell'intervento o meno delle tensioni interstiziali		

<b>Tab. 2.36</b> <i>Caratteristiche tecniche dei riporti costituiti di materiali piroclastici</i>		
peso specifico reale $\gamma_r$	2,50 - 2,70	gr/cm <sup>3</sup>
peso dell'unità di volume $\gamma$	1,00 - 1,40	gr/cm <sup>3</sup>
contenuto naturale d'acqua $w_n$	15 - 60	%
Granulometria molto variabile:		
ghiaia	15 - 40	%
sabbia	10 - 75	%
limo	0 - 50	%
argilla	10 - 40	%
coefficiente di permeabilità k	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-9}$	cm/sec
In terreni di riporto costituiti di materiali piroclastici profondamente alterati («argillificati») è risultato inoltre:		
limite di liquidità LL	70 - 90	%
limite di plasticità LP	25 - 35	%
indice di plasticità IP	35 - 65	%
modulo di compressibilità E	100 - 200	kg/cm <sup>2</sup>
carico di rottura a dilatazione naturale libera $\sigma_f$	0 - 2	kg/cm <sup>2</sup>
angolo di attrito $\phi$	18° - 23°	
coesione c	0 - 0,6	kg/cm <sup>2</sup>