



Lavoro:

**INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI ESEGUITI  
 PER L'ADEGUAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO SCOLASTICO OSPITANTE LA  
 SCUOLA MATERNA DI VIA GIOTTO NEL COMUNE DI MORROVALLE (MC)**

Commissa N°:  017 GSA-07		Elaborato:  <b>RAPPORTO TECNICO</b>	
Rev:  1.0		Committente:  <b>COMUNE DI MORROVALLE</b>	
Redazione: G. Giambattistini	Verifica: B. Pizzuto		
Approvazione: A. Anibaldi	Consegnato:		
Ns. Rif:  C:\COMMESSE 2007\Comune di Morrovalle	Timbro:	Firma: A. Anibaldi	

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 2 di 35

**INDICE:**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. ESECUZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA.....</b>	<b>5</b>
2.1 <b>SONDAGGIO GEOTECNICO .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE .....	6
2.1.2 UTENSILI DI PERFORAZIONE .....	7
2.2 <b>PROVE GEOTECNICHE IN FORO DI SONDAGGIO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. INDAGINE SISMICA IN FORO .....</b>	<b>10</b>
3.1 CENNI TEORICI .....	10
3.2 MODULI ELASTICI DINAMICI .....	11
3.2.1 RAPPORTO $V_p / V_s$ .....	11
3.2.2 COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO .....	12
3.2.3. MODULO DI TAGLIO DINAMICO .....	12
3.2.4. MODULO DI YOUNG DINAMICO .....	12
3.3 STRUMENTAZIONE ED ACQUISIZIONE.....	13
3.4 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA .....	15
<b>4. CONTROLLI NON DISTRUTTIVI .....</b>	<b>17</b>
4.1 <b>INDAGINE MAGNETOMETRICA PER LA LOCALIZZAZIONE DELLE ARMATURE .....</b>	<b>19</b>
4.2 <b>INDAGINE SCLEROMETRICA .....</b>	<b>19</b>
4.2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	20
4.2.2 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI PROVA.....	20
4.2.3 PREPARAZIONE ALL'ESECUZIONE DELL'INDAGINE SCLEROMETRICA .....	20
4.2.4 VERIFICA DI TARATURA DELLO SCLEROMETRO.....	21
4.2.5 ESECUZIONE DELL'INDAGINE SCLEROMETRICA .....	21
4.2.6 RISULTATI DELL'INDAGINE SCLEROMETRICA .....	22
4.3 <b>INDAGINE ULTRASONICA .....</b>	<b>24</b>
4.3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	25
4.3.2 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI PROVA.....	25
4.3.3 VERIFICA DI TARATURA DEL RILEVATORE AD ULTRASUONI .....	25
4.3.4 ESECUZIONE DELL'INDAGINE ULTRASONICA .....	25
4.3.5 RISULTATI DELL'INDAGINE ULTRASONICA .....	26
4.4 <b>METODO SONREB (STIMA DELLA RESISTENZA A COMPRESIONE DEL CLS IN SITU) .....</b>	<b>28</b>
4.5 <b>MISURA DELLA PROFONDITA' DEGLI STRATI CARBONATATI.....</b>	<b>29</b>
4.6 <b>RIEPILOGO RISULTATI DELLE INDAGINI.....</b>	<b>30</b>
<b>5. MARTINETTI PIATTI .....</b>	<b>32</b>
5.1 <b>ESECUZIONE DELLE PROVE .....</b>	<b>32</b>
5.1.1 ATTREZZATURA UTILIZZATA .....	32
5.1.2 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITA' .....	34
5.2 <b>RISULTATI.....</b>	<b>35</b>

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.: 1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 3 di 35

**TAVOLE:**

Tav.	1	Planimetria con ubicazione indagini
Tav.	2	Interpretazione Down-hole
Tavv.	3-4	Planimetria con ubicazione indagini controlli non distruttivi

**APPENDICE:**

Indagini geognostiche (stratigrafie e foto)

Indagini geofisiche (moduli elastici sismogrammi e foto)

Controlli non distruttivi (esempi di segnale acquisito e foto)

Rapporto di prova Martinetti Doppi

Certificati:

- laboratorio terre;
- prove a compressione di calcestruzzo in carote;
- resistenza a compressione di calcestruzzo in carote;
- prove su materiali metallici;
- resistenza a compressione laterizio per murature;
- analisi mineralogico-petrografica su malte murature

## 1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Morrovalle (MC) è stata eseguita una campagna d'indagini su elementi strutturali facenti parte dell'edificio ospitante la scuola materna di Via Giotto, e una campagna d'indagini geognostiche e sismiche in foro (Down-Hole) per i terreni circostanti l'edificio.

L'obiettivo di queste campagne d'indagini è stato quello di caratterizzare i materiali in opera costituenti alcuni elementi strutturali individuati dalla committenza, e quello di caratterizzare il suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

Per il conseguimento di tale obiettivo sono stati effettuati i seguenti tipi d'indagine:

- indagine geognostica
- indagine sismica in foro (Down-Hole) per il calcolo della  $V_{s30}$
- rilievo magnetometrico per la localizzazione delle armature
- indagini sclerometriche
- indagini ultrasoniche
- carotaggi su calcestruzzo
- prove di carbonatazione del calcestruzzo
- prove a compressione carote di calcestruzzo
- prove a trazione delle barre di armatura
- prove a compressione laterizi murari
- analisi campioni di malta muraria
- prove con martinetti piatti doppi

Il presente rapporto tecnico contiene i risultati dell'intera campagna d'indagini suddivisi per ciascuna prova eseguita.



## 2. ESECUZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica ha permesso di risalire alle litologie presenti nell'area oggetto di studio, di determinare la profondità del substrato e caratterizzare i terreni da un punto di vista meccanico. L'ubicazione di tale sondaggio è riportata in TAV. 1

L'indagine si è svolta secondo il seguente programma:

- esecuzione di n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo spinto alla profondità di 30 m dal p.c., come riportato nella seguente tabella 1:

Sondaggio n°	Profondità (m)	Rivestimento $\phi$ 127 mm (m)	Tubo in PVC per sismica in foro (m)	Chiusino tipo
S 1	30.00	15.00	30.00	Carrabile

Tabella 1 – Elenco sondaggi.

- esecuzione di n° 1 prova "SPT" in foro con punta chiusa:

Sondaggio n°	SPT	Profondità (m)	N° colpi
S 1	1	5.50-5.95	17-25-32

Tabella 2 – Elenco prove "SPT".

–prelievo di n° 2 campioni indisturbati tramite campionatore a "parete sottile di tipo aperto" (Shelby):

Sondaggio n°	Campioni indisturbati	Profondità (m)
S 1	1	3.55-4.00
S 1	2	18.50-19.00

Tabella 3 – Elenco campioni di terreno prelevati.

Le carote di terreno prelevate durante l'esecuzione del sondaggio sono state riposte in apposite cassette catalogatrici a scomparti.

## 2.1 SONDAGGIO GEOTECNICO

Si definisce sondaggio geotecnico una perforazione caratterizzata dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato;
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei terreni attraversati;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno;
- esecuzione di prove geotecniche o geomeccaniche in foro;
- determinazione del livello piezometrico della falda, se presente;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

### 2.1.1 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione CMV MK 600 F carrocingolata.

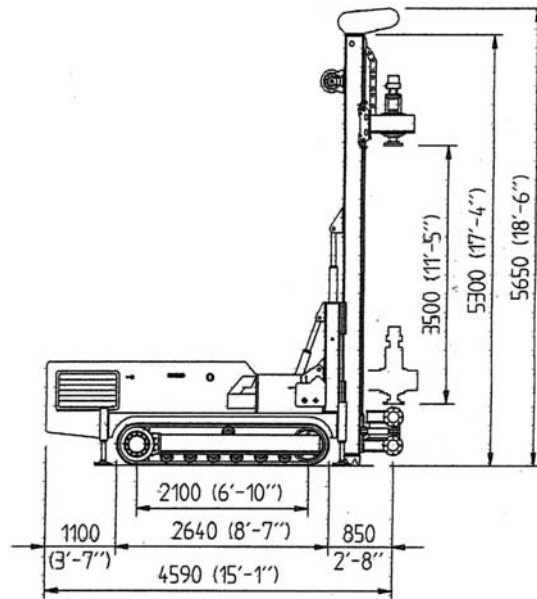


Fig. 1 – Sonda perforatrice tipo "CMV MK 600 F"

<b>Elaborato:</b> RAPPORTO TECNICO	<b>Committente:</b> COMUNE DI MORROVALLE	<b>vers.:</b> 1.0	<b>Pag.</b> 7 di 35
		<b>Commessa n°</b> 017 GSA-07	

### 2.1.2 UTENSILI DI PERFORAZIONE

La perforazione è stata eseguita a rotazione a "carotaggio continuo" utilizzando carotieri semplici del diametro di 101 mm e rivestimenti del diametro di 127 mm.

### 2.2 PROVE GEOTECNICHE IN FORO DI SONDAGGIO

Nel corso dei sondaggi sono state inoltre eseguite n° 1 prova di resistenza alla penetrazione "SPT" utilizzando un'attrezzatura standard secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana" del 1977.

Tali prove si eseguono preferibilmente in terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia si possono eseguire in qualsiasi terreno sciolto e su alcune rocce tenere allo scopo di determinare grado di addensamento / consistenza / resistenza.

Si riassumono brevemente le caratteristiche tecniche della prova "SPT":

Campionatore:

- punta conica chiusa di diametro esterno 51 mm e angolo di 60°

Aste collegate al campionario di diametro esterno 50 mm e peso di 7.5 kg al metro lineare

Dispositivo di battuta avente peso non superiore a 115 Kg, comprende:

- testa di battuta in acciaio avvitata all'estremità della batteria di aste
- massa battente o maglio di 63.5 kg
- dispositivo di guida e rilascio del maglio, a sganciamento automatico, che assicura una corsa a caduta libera di 76 cm

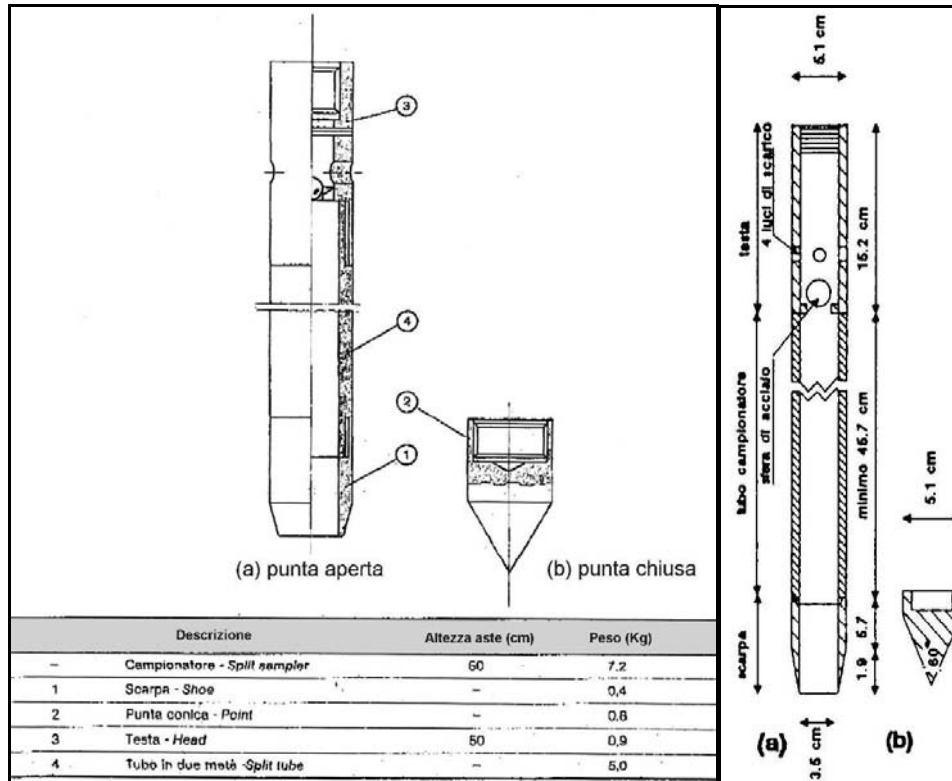


Fig.2 – Campionatore a punta aperta (a) - a punta chiusa (b)

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza di +/- 7 cm); la prova consiste nel fare penetrare il campionatore posato al fondo foro per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi necessari (N1,N2,N3).

Con il primo tratto detto avviamento si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto addensato con N1 = 50 ed avanzamento minore di 15 cm l'infissione deve essere sospesa: la prova dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione.

Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto è:

$$N_{sp} = N2 + N3$$

che esprime il numero di colpi caratteristico per 30 cm utili di perforazione.

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

Elaborato:  
RAPPORTO TECNICO

Committente:  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 9 di 35

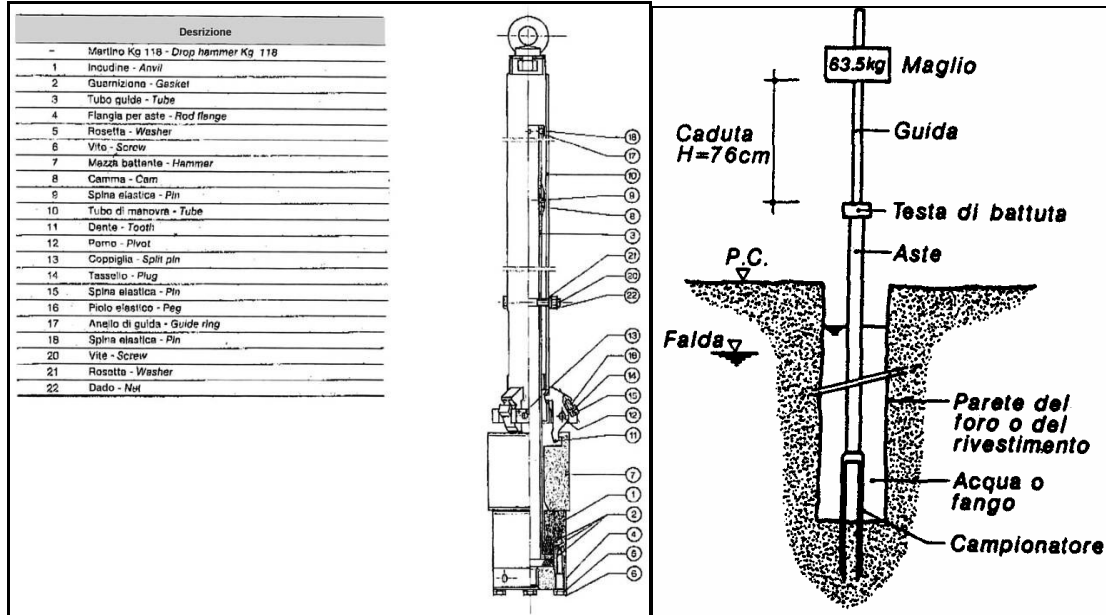


Fig.3 – Penetrometro dinamico SPT

### 3. INDAGINE SISMICA IN FORO

L'obiettivo dell'indagine è stato quello di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni incontrati dalla perforazione, attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici, nonché il valore della  $V_{s30}$ , parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

#### 3.1 CENNI TEORICI

Il metodo down-hole rappresenta una delle più accurate misure non distruttive per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dinamiche dei terreni, in particolare per una corretta valutazione della risposta di un terreno soggetto a carichi dinamici (ad es. terremoti).

Tale metodologia si basa sui principi della sismica a rifrazione di superficie ma, rispetto a quest'ultima, permette, tra l'altro, di rilevare orizzonti a minor velocità sottostanti ad un livello a velocità più elevata, superando così i limiti della sismica a rifrazione, conosciuto nella bibliografia come "orizzonte muto", in altre parole, uno strato a minore velocità di propagazione delle onde sottostante ad uno con velocità di propagazione più alta, è invisibile.

Si registrano generalmente due tipi di onde di corpo, quelle di compressione (P) e quelle di taglio (SH).

L'esecuzione di una prospezione sismica down-hole richiede la perforazione di un sondaggio generalmente strumentato con un tubo (in PVC o altro materiale) con diametro non superiore ai 130 mm e cementato alle pareti del foro al fine di garantire un migliore contatto con i terreni circostanti (Fig. 4).

L'apparato di ricezione (geofono tridimensionale) è calato a profondità note nel foro e, mediante un packer di cui è dotato, fatto aderire alle pareti del tubo; successivamente sono registrati i sismogrammi relativi ai tempi di percorso tra il punto di energizzazione (shot-point) in superficie e quello a cui è posto il geofono.

Tali tempi in fase di processing, sono inseriti in un diagramma spazio-tempo dove la pendenza delle rette determinate dalla successione dei punti di primo arrivo, rappresenta la velocità dei litotipi investigati.

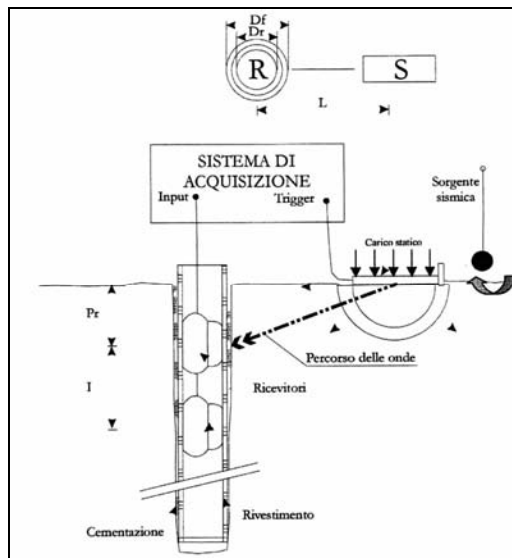


Fig. 4 - Schema di prospezione down-hole.

### 3.2 MODULI ELASTICI DINAMICI

#### 3.2.1 RAPPORTO $V_p / V_s$

Questo parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei porous media. Alcuni Autori (Gardner & Harris, 1968) affermano che rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie saturate non consolidate; alti rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argillo-limosi ad alto grado di saturazione. Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturati. In rocce saturate tale rapporto risulta

dipendente dalla litologia, dalla quantità e geometria dei pori e dalle microfratture e potrebbe, nota la litologia, fornire indicazioni su questi ultimi due parametri.

### 3.2.2 COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO

Tra i moduli elastici dinamici tale parametro è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione. E' definito dalla seguente equazione:

$$\sigma = \frac{1}{2} * \frac{(Vp/Vs)^2 - 2}{(Vp/Vs)^2 - 1}$$

Sebbene in teoria sia considerato stress indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous- media esso risulta stress dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare secondo GREGORY (1976) a valori negativi. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

### 3.2.3. MODULO DI TAGLIO DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot Vs^2$$

dove  $\gamma$  = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei porous media è molto esteso.

### 3.2.4. MODULO DI YOUNG DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:



**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 13 di 35

$$E = (9 \gamma V_s^2 R^2) / (3R^2 + 1)$$

dove:

$\gamma$  = densità

$$R^2 = K / (\gamma V_s^2)$$

$$K = \gamma(V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

Tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua, diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento.

I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità. Il campo di variabilità è considerevole.

### 3.3 STRUMENTAZIONE ED ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione si è utilizzato un sismografo della GEOMETRICS modello EG&G 2401, con i sensori costituiti da due geofoni tridimensionali da pozzo.

In particolare i geofoni tridimensionali sono stati calati all'interno del foro di sondaggio e posti alla distanza di 1 m; l'energizzazione degli eventi sismici veniva misurata contemporaneamente dai due sensori. L'acquisizione è stata svolta procedendo dall'alto verso il basso, approfondendo il sistema di una distanza pari a due metri, ottenendo così una misura ogni metro.

L'energizzazione delle onde di compressione P è avvenuta utilizzando, una massa battente del peso di 8 kg, fatta cadere su di una piastra in ferro da un'altezza di 1.5 m circa, mentre per le onde di taglio, l'energizzazione è avvenuta mediante un trave in legno, il quale è stato percosso dalla massa battente sui due lati opposti rispettivamente per la battuta destra e quella sinistra in modo da ottenere l'inversione di fase dell'onda sismica ed eliminare così le ambiguità di determinazione del primo arrivo.

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 14 di 35

Per aumentare l'effetto dell'energizzatore, il trave è stato appesantito con il peso di un automezzo ponendo le ruote al di sopra dello stesso.

L'interpretazione consiste nella determinazione dei primi arrivi sia per le onde di compressione sia per le onde di taglio. I tempi così calcolati si riferiscono a tempi "obliqui" in quanto l'energizzazione non è allineata con i geofoni.

Per ottenere i tempi in verticale viene effettuata una correzione che tiene conto sia della geometria del sistema, sia della correzione all'areato.

L'ubicazione delle prove geofisiche in foro sono riportate in TAV. 1, mentre i risultati consistenti nel calcolo delle velocità sismiche ricavate per ciascun sismostrato (sia per le onde P sia per le SH) sono riportate in TAV. 2.

Gli intervalli di velocità riscontrati e i relativi valori dei moduli elastici dinamici sono riportati in appendice.

### 3.4 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA

Le considerazioni che seguono scaturiscono dall'esame dei sismogrammi e dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini geofisiche, in accordo con le tarature fornite dalla campagna geognostica.

La verticale d'indagine è stata suddivisa in base alle velocità di propagazione delle onde in sei intervalli riassunti nella scheda che segue (Tabella 4), dove sono specificate le profondità degli intervalli di velocità, le velocità sismiche calcolate e l'ascrizione litologica.

<b>Intervallo di Profondità (m)</b>	<b>Attribuzione Litologica</b>	<b>Velocità onde P (m/sec)</b>	<b>Velocità onde SH (m/sec)</b>
0-1	Terreno di riporto	300	175
1-4	Limi sabbiosi	435	200
4-7	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa	705	440
7-14.5	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa	2190	505
14.5-22	Argilla limosa debolmente sabbiosa	1810	315
22-30	Argilla limosa debolmente sabbiosa	2070	350

Tabella 4 – Risultati dell'indagine sismica

Dai dati ottenuti si verifica un'inversione di velocità delle onde sismiche, localizzate nell'intervallo 14.5-22 m dal p.c..

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 16 di 35

Per quanto riguarda il valore della  $V_{s30}$  (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio, parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto), si ricava dunque un valore di 337 m/sec.

L'attribuzione conseguente ai terreni in oggetto rientra nella categoria "C" (depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili di diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/sec,  $15 < NSPT < 50$ ,  $70 < Cu < 250$  KPa)

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 17 di 35

#### 4. CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

L'obiettivo dei Controlli Non Distruttivi è stato quello di caratterizzare i materiali in opera costituenti le strutture in conglomerato cementizio armato dell'edificio in oggetto.

Per il conseguimento di tale obiettivo sono stati effettuati i seguenti tipi d'indagine sperimentale:

- rilievo magnetometrico per la localizzazione delle armature
- indagini sclerometriche
- indagini ultrasoniche

L'intera campagna d'indagini sperimentali ha seguito le prescrizioni di prova impartite dalla committenza.

Gli elementi strutturali indagati (vedi ubicazione nelle TAVV. 3 e 4) con le relative stazioni di misura (una per ciascun elemento), sono stati individuati e denominati dalla committenza come riportato nella tabella che segue (Tabella 5).

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
 RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
**COMUNE DI MORROVALLE**

vers.:1.0

 Commessa n°  
 017 GSA-07

Pag. 18 di 35

ELEMENTO STRUTTURALE	TIPI D'INDAGINE SPERIMENTALE	PIANO DI RIFERIMENTO
Pilastro PT10	Magnetometrica	Terra
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Pilastro PT11	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Pilastro PT12	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Pilastro PT15	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Trave TT10	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Trave TT1011	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Trave TT1112	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Pilastro PP10	Magnetometrica	Primo
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Pilastro PP11	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Pilastro PP12	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Trave TP10	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
Trave TP1011	Magnetometrica	
	Sclerometrica	
	Ultrasonica	
Trave TP1112	Magnetometrica	
	Sclerometrica	

Tabella 5 – Elenco elementi strutturali indagati e relative indagini per ciascun elemento.

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 19 di 35

#### 4.1 INDAGINE MAGNETOMETRICA PER LA LOCALIZZAZIONE DELLE ARMATURE

Tutte le aree di misura sono state fissate dopo aver individuato, mediante rilievo magnetometrico localizzato, la posizione delle armature o di eventuali elementi metallici in modo da escluderle dalla superficie di prova.

L'attrezzatura utilizzata è costituita da:

-magnetometro elettronico Covermaster CM9 della Protovale OXFORD LTD, munito di controllo acustico e visivo per la localizzazione e la disposizione delle armature.

Gli elementi strutturali indagati sono stati individuati e denominati dalla committenza come riportato nella Tabella 5.

#### 4.2 INDAGINE SCLEROMETRICA

L'indagine sclerometrica è stata eseguita allo scopo di:

-stimare la resistenza a compressione del conglomerato cementizio  
-valutare l'uniformità del conglomerato cementizio  
-delineare le zone di conglomerato cementizio non omogeneo e di conseguenza di scarsa qualità o deteriorato

Gli elementi strutturali indagati con le relative stazioni di misura (una per ciascun elemento), sono stati individuati e denominati dalla committenza come riportato nella Tabella 1.

Sulle stazioni di misura di ciascun elemento sono stati individuati i punti d'indagine contrassegnandoli con pennarello indelebile, come visibile dall'allegato fotografico in appendice.

#### 4.2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

La campagna di indagini sperimentali è stata eseguita secondo le prescrizioni impartite dalla normativa UNI EN 12504-2:2001, seguendo inoltre le prescrizioni di prova riportate nei paragrafi seguenti.

#### 4.2.2 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI PROVA

Le superfici di prova di ciascun elemento da indagare sono state private degli intonaci e rettificate fino a renderle sufficientemente lisce e prive di residui polverosi.

Dopo un'attenta analisi visiva sono stati scelti i punti di misura su cui eseguire le battute sclerometriche evidenziandoli con pennarello indelebile (vedi documentazione fotografica in allegato).

#### 4.2.3 PREPARAZIONE ALL'ESECUZIONE DELL'INDAGINE SCLEROMETRICA

Prima di procedere all'esecuzione della campagna sperimentale è stata compilata in ogni sua parte la seguente tabella 6 che riassume la matricola dello sclerometro e dell'incudine utilizzati:

<b>Sclerometro tipo</b>	<b>N</b>
Produttore	GEOTOP s.r.l.
Matricola	06 D00478A
Matricola dell'incudine di taratura	TA M02083
Certificato dello sclerometro N°	A1038
Data di rilascio del certificato dello sclerometro	28/06/2006

Tabella 6 – Caratteristiche dello sclerometro e dell'incudine di taratura

Successivamente è stata eseguita la verifica meccanica dello sclerometro da impiegare per l'indagine, la quale ha garantito il corretto funzionamento dello strumento.



**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
 RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
 COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

 Commessa n°  
 017 GSA-07

Pag. 21 di 35

#### 4.2.4 VERIFICA DI TARATURA DELLO SCLEROMETRO

Per tale verifica è stata posizionata l'incudine di taratura su una superficie piana e rigida.

Sono state eseguite dieci battute sclerometriche e si è verificato che la media degli indici di rimbalzo ottenuti all'incudine rientrassero nei valori dichiarati dal produttore (vedi Tabella 7).

VERIFICA DI TARATURA DELLO STRUMENTO														
Data:	Ora	Temp. (°C)	Valori indice sclerometrico										IR (medio)	*Esito (P/N)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
24/02/07														
09:30	13	82	80	82	78	78	80	78	78	82	78	80	P	P
15:50	13	80	80	80	80	80	81	80	79	80	81	80	P	P

Tabella 7 – Verifica di taratura dello strumento (\*: P = positiva, N = negativa)

#### 4.2.5 ESECUZIONE DELL'INDAGINE SCLEROMETRICA

L'indagine è stata eseguita su 13 (tredici) elementi strutturali (Tabella 5), sui punti di misura (minimo nove misurazioni, per ottenere una stima affidabile dell'indice sclerometrico) individuati all'interno delle aree di prova fissate dalla committenza (vedi allegato fotografico).

Dopo l'esecuzione delle battute sclerometriche appartenenti a ciascuna area di prova, sono state esaminate tutte le impronte lasciate sulla superficie dopo l'impatto dell'asta di percussione dello sclerometro.

Qualora l'impatto abbia frantumato la superficie di prova si è proceduto a scartare il valore registrato, utilizzando i restanti valori per il calcolo della media aritmetica.

Infine, dopo l'esecuzione delle prove sclerometriche si è provveduto a fotografare ciascuna area di prova degli elementi strutturali indagati (vedi allegato fotografico).

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 22 di 35

#### 4.2.6 RISULTATI DELL'INDAGINE SCLEROMETRICA

I risultati delle indagini sclerometriche, distinti per ciascun elemento strutturale indagato, vengono riportati nella scheda che segue (Tabella 8).

In questa scheda vengono inoltre riportati l'ora, la temperatura, i singoli valori, l'orientamento dello sclerometro e la media di tutte le misure espressa come numero intero.

Non si sono riscontrati scostamenti tra i valori delle battute appartenenti alla medesima area di prova e pertanto tutti i valori sono stati considerati per il calcolo dell'indice sclerometrico medio di ciascun elemento strutturale indagato.

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
 RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
**COMUNE DI MORROVALLE**

vers.: 1.0

 Commessa n°  
 017 GSA-07

Pag. 23 di 35

**Località** Morrovalle (MC) – Materna Via Giotto

**Data:** 24/02/07

**Temperatura:** 13 °C

Elemento strutturale	Posizione area di prova	Ora	Indici di rimbalzo (IR)				$\alpha$ (°)	IR (medio)
	Piano							
Pilastro PT10	Terra	09:45	42	40	40	38	0	40
			38	42	42	38		
			38	42				
Pilastro PT11	Terra	10:00	40	38	42	38	0	39
			40	38	38	38		
			38	38				
Pilastro PT12	Terra	10:20	44	42	38	42	0	41
			40	40	38	38		
			42	44				
Pilastro PT15	Terra	10:40	38	39	38	38	0	38
			38	36	36	38		
			38	38				
Trave TT10	Terra	11:00	38	36	38	38	0	37
			36	36	38	36		
			36	36	38			
Trave TT1011	Terra	11:15	40	38	40	40	0	39
			40	42	40	38		
			38	38				
Trave TT1112	Terra	11:30	36	36	34	34	0	35
			34	34	36	34		
			34	36				
Pilastro PP10	Primo	11:50	36	34	38	34	0	36
			34	34	36	38		
			38	38				
Pilastro PP11	Primo	12:00	38	40	38	38	0	39
			42	42	38	38		
			38	38				
Pilastro PP12	Primo	12:20	36	39	36	40	0	38
			39	38	36	36		
			38	39				
Trave TP10	Primo	12:35	42	38	42	38	+90	40
			42	40	40	42		
			42	38				
Trave TP1011	Primo	14:45	38	38	38	36	0	37
			38	36	36	36		
			38	38				
Trave TP1112	Primo	15:30	42	42	42	42	+90	41
			40	42	42	40		
			40	42				

Tabella 8 – Risultati dell'indagine sclerometrica

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.: 1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 24 di 35

#### 4.3 INDAGINE ULTRASONICA

L'indagine ultrasonica è stata eseguita allo scopo di:

- valutare l'uniformità del conglomerato cementizio
- delineare le zone di conglomerato cementizio non omogeneo e di conseguenza di scarsa qualità o deteriorato

Gli elementi strutturali indagati con le relative stazioni di misura (una per ciascun elemento), sono stati individuati e denominati dalla committenza come riportato nella Tabella 5.

L'attrezzatura utilizzata è costituita da:

- rilevatore ad ultrasuoni digitale modello BOVIAR CMS-V3H, matr. n° SG02.U042 (certificato di taratura n° 2240/05 del 28/11/2005 rilasciato da METROLAB s.a.s.), costituito da un generatore di impulsi interfacciato ad un computer palmare, avente le seguenti specifiche tecniche:

- convertitore: 12 bit con fondo scala  $\pm 2,5$  V
- amplificazione: guadagno selezionabile tramite software a Low Power, 20, 40, 74 dB
- frequenza di acquisizione: da 50 KHz a 1,25 MHz
- buffer di acquisizione: 2048 campioni con lunghezza di acquisizione compresa tra 1  $\mu$ sec a 4 msec
- trasduttori: di tipo piezoelettrico con frequenza propria di 55 KHz (trasmettitore e ricevitore), trasmettitore con tensione di eccitazione di 1,6 KV e ricevitore con guadagno a 10 volte.
- interfaccia centralina - palmare: connettore a pannello DB15 ad innesto diretto con opzione di connessione di tipo Wireless Bluetooth.
- alimentazione: batteria interna da 12 V (3,2 Ah) con autonomia di funzionamento di circa 10 ore

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.:1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 25 di 35

#### 4.3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la determinazione dei tempi di propagazione degli impulsi ultrasonici si è fatto riferimento alla normativa UNI 9524:1989/FA-1:1992.

#### 4.3.2 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI PROVA

Le superfici di prova di ciascun elemento da indagare sono state private degli intonaci e rettificate fino a renderle sufficientemente lisce e prive di residui polverosi.

Dopo aver eseguito l'indagine magnetometrica (per escludere dalla superficie di prova le armature ed eventuali elementi metallici) ed eseguita un'attenta analisi visiva, sono stati scelti i punti di misura su cui eseguire le prove evidenziandoli con pennarello indelebile (vedi documentazione fotografica in allegato).

#### 4.3.3 VERIFICA DI TARATURA DEL RILEVATORE AD ULTRASUONI

Prima e dopo l'esecuzione delle prove è stata eseguita la calibrazione del dispositivo mediante apposita barra di riferimento.

#### 4.3.4 ESECUZIONE DELL'INDAGINE ULTRASONICA

Per tutti gli elementi strutturali indagati sono stati fissati, in corrispondenza di ciascuna area di prova, due o più percorsi di propagazione degli impulsi ultrasonici lungo i quali sono state eseguite le misure del tempo di propagazione e delle velocità delle onde elastiche longitudinali, adottando il metodo di trasmissione più appropriato al contesto riscontrato in situ (vedi Scheda 2).

Quale materiale di accoppiamento tra le sonde ultrasoniche e le superfici degli elementi strutturali indagati è stato utilizzato della plastilina.

#### 4.3.5 RISULTATI DELL'INDAGINE ULTRASONICA

I risultati delle indagini ultrasoniche eseguite sugli elementi strutturali vengono riportati nella scheda che segue (Tabella 9), dove si indica per ciascun elemento quanto segue:

- data esecuzione delle indagini
- temperatura in °C
- elemento strutturale indagato
- posizione area di prova (piano)
- metodo di trasmissione degli impulsi ultrasonici utilizzato
- percorso di propagazione degli impulsi ultrasonici (trasmettitore-ricevitore)
- lunghezza del percorso di propagazione degli impulsi ultrasonici L in cm
- misura del tempo di propagazione degli impulsi ultrasonici t in µsec
- valore della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici V in m/sec
- valore medio della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici riferito all'area di prova

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

 Elaborato:  
 RAPPORTO TECNICO

 Committente:  
**COMUNE DI MORROVALLE**

vers.:1.0

 Commessa n°  
 017 GSA-07

Pag. 27 di 35

**Località:** Morrovalle (MC) – Materna Via Giotto

**Data:** 24/02/07

**Temperatura:** 13 °C

Elemento strutturale	Posizione area di prova	Metodo di trasmissione	Percorso	L (cm)	t (µsec)	V (m/sec)	Velocità media (m/sec)
	Piano						
Pilastro PT10	Terra	Diretto	T1-R1	26	76,9	3381,0	3370
			T2-R2	26	77,4	3359,2	
Pilastro PT11	Terra	Indiretto	T1-R1	10	28,1	3558,7	3652
			T2-R2	10	26,7	3745,3	
Pilastro PT12	Terra	Indiretto	T1-R1	18	50,3	3557,3	3464
			T2-R2	18	55,3	3255,0	
			T3-R3	18	50,3	3578,5	
Pilastro PT15	Terra	Diretto	T1-R1	26	92,0	2826,0	2790
			T2-R2	26	94,2	2760,1	
			T3-R3	26	93,4	2783,7	
Trave TT10	Terra	Diretto	T1-R1	26	80,1	3245,9	3285
			T2-R2	26	79,4	3274,6	
			T3-R3	26	78,0	3333,3	
Trave TT1011	Terra	Diretto	T1-R1	26	90,5	2872,9	2857
			T2-R2	26	91,5	2841,5	
Trave TT1112	Terra	Diretto	T1-R1	26	88,7	2931,2	2844
			T2-R2	26	94,3	2757,2	
Pilastro PP10	Primo	Diretto	T1-R1	26	87,7	2964,7	2888
			T2-R2	26	92,5	2810,8	
Pilastro PP11	Primo	Diretto	T1-R1	26	87,3	2978,2	2924
			T2-R2	26	90,1	2885,7	
			T3-R3	26	89,4	2908,3	
Pilastro PP12	Primo	Diretto	T1-R1	26	91,5	2841,5	2799
			T2-R2	26	95,0	2736,8	
			T3-R3	26	92,2	2820,0	
Trave TP1011	Primo	Indiretto	T1-R1	10	33,6	2976,0	3022
			T2-R2	10	32,6	3067,5	

Tabella 9 – Risultati dell'indagine ultrasonica

#### 4.4 METODO SONREB (STIMA DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE DEL CLS IN SITU)

La resistenza a compressione del calcestruzzo stimata in situ, utilizzando singolarmente l'indagine sclerometrica o quella ultrasonica, presenta alcune limitazioni.

Si è infatti notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice di rimbalzo sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice di rimbalzo sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce.

L'uso combinato delle due prove, mediante l'applicazione del metodo SONREB (SONic + REBound = Ultrasuoni + Sclerometro), consente di compensare in parte gli errori commessi usando singolarmente le due metodologie d'indagine.

La resistenza a compressione del calcestruzzo viene stimata da questo metodo, combinando i valori della velocità di propagazione media degli ultrasuoni (V) con l'indice di rimbalzo medio dello sclerometro (IR), ottenuti per ciascuna superficie di prova, attraverso un'espressione del tipo:

$$R_{sca} = a \cdot V^b \cdot IR^c$$

dove:

$R_{sca}$  = Resistenza cubica a compressione stimata con il metodo SONREB (MPa)

V = Velocità di propagazione media degli ultrasuoni (m/s)

IR = Indice di rimbalzo medio allo sclerometro misurato su 10 battute

a, b, c = Costanti che dipendono dalle modalità con cui sono state condotte le indagini

In questi ultimi anni (in attesa della definizione della relativa norma UNI) sono state proposte diverse espressioni del tipo sopra riportato, tra le quali risulta più frequentemente utilizzata in ambito professionale la seguente (Di Leo - Pascale, 1994):

$$R_{sca} = 1,2 \cdot 10^{-9} \cdot V^{2,446} \cdot IR^{1,058}$$

I valori della resistenza cubica a compressione ( $R_{sca}$ ) calcolati con il metodo SONREB, vengono riportati, per ciascun elemento strutturale indagato, nella tabella che segue (Tabella 10).



Elemento strutturale	Posizione area di prova	IR (medio)	Velocità media (m/sec)	Rsc (MPa)
	Piano			
Pilastro PT10	Terra	40	33 70	25, 28
Pilastro PT11	Terra	39	36 52	29, 96
Pilastro PT12	Terra	41	34 64	27, 75
Pilastro PT15	Terra	38	27 90	15, 08
Trave TT10	Terra	37	32 85	21, 87
Trave TT1011	Terra	39	28 57	16, 43
Trave TT1112	Terra	35	28 44	14, 49
Pilastro PP10	Primo	36	28 88	15, 50
Pilastro PP11	Primo	39	29 24	17, 39
Pilastro PP12	Primo	38	27 99	15, 20
Trave TP1011	Primo	37	30 22	17, 83

Tabella 10 – Applicazione del metodo SONREB (Di Leo – Pascale, 1994)

#### 4.5 MISURA DELLA PROFONDITA' DEGLI STRATI CARBONATATI

La misura della profondità dello strato di conglomerato cementizio soggetto alla reazione chimica è stata eseguita direttamente su alcune carote (Ø 80 mm), estratte dagli elementi strutturali individuati dalla committenza (vedi allegato fotografico) e denominate come elencato nella scheda che segue (Tabella 11).

Come indicatore chimico è stata usata una soluzione idroalcolica di fenolftaleina all'1%.

La misura delle profondità degli strati carbonatati è stata determinata con precisione di 1 mm ed ha seguito le prescrizioni della norma UNI 9944:1992.

**Località:** Morrovalle (MC) – Materna Via Giotto

**Data:** 24/02/07

**Temperatura:** 13 °C

Elemento strutturale	Piano di Riferimento	Ca rota	Profondità strati carbonatati (mm)
Pilastro PT15	Terra	PT1 5	50
Trave TT15	Terra	TT1 5	70
Pilastro PP7	Primo	PP 7	70
Trave TP67	Primo	TP6 7	110

Tabella 11 – Profondità degli strati di conglomerato cementizio soggetti alla carbonatazione

#### 4.6 RIEPILOGO RISULTATI DELLE INDAGINI

Nella tabella che segue (Tabella 12) vengono riepilogati i risultati ottenuti dalle indagini eseguite sugli elementi strutturali dell'edificio in oggetto.

Nella stessa tabella si riportano inoltre i valori della resistenza a compressione cubica ( $R_{sc}$ ) calcolati con il metodo SONREB, ed i valori della resistenza a compressione cilindrica ( $F_c$ ) e cubica ( $R_{ca}$ ), ricavati in laboratorio su carote di calcestruzzo prelevate da alcuni elementi strutturali indagati (vedi anche certificati in appendice).

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
 RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
 COMUNE DI MORROVALLE

vers.: 1.0

 Commessa n°  
 017 GSA-07

Pag. 31 di 35

Elemento strutturale	Posizione area di prova	IR (medio)	Velocità media (m/sec)	R <sub>sc</sub> a (MPa)	Provino (carota)	Carbonatazione (mm)	F <sub>c</sub> (MPa)	R <sub>ca</sub> (MPa)
	Piano							
Pilastro PT10	Terra	40	3370	25,28	---	---	---	---
Pilastro PT11	Terra	39	3652	29,96	---	---	---	---
Pilastro PT12	Terra	41	3464	27,75	---	---	---	---
Pilastro PT15	Terra	38	2790	15,08	PT15	50	16,80	18,10
Trave TT10	Terra	37	3285	21,87	---	---	---	---
Trave TT1011	Terra	39	2857	16,43	---	---	---	---
Trave TT1112	Terra	35	2844	14,49	---	---	---	---
Trave TT15	Terra	---	---	---	TT15	70	14,80	18,70
Pilastro PP7	Primo	---	---	---	PP7	70	09,10	11,10
Pilastro PP10	Primo	36	2888	15,50	---	---	---	---
Pilastro PP11	Primo	39	2924	17,39	---	---	---	---
Pilastro PP12	Primo	38	2799	15,20	---	---	---	---
Trave TP67	Primo	---	---	---	TP67	110	04,60	05,80
Trave TP10	Primo	40	---	---	---	---	---	---
Trave TP1011	Primo	37	3022	17,83	---	---	---	---
Trave TP1112	Primo	41	---	---	---	---	---	---

Tab. 12 – Riepilogo risultati delle indagini

## 5. MARTINETTI PIATTI

L'obiettivo della campagna d'indagini è stato quello di determinare le caratteristiche di deformabilità della muratura.

L'elemento indagato è stato individuato dalla committenza e riportato in TAV. 3.

### 5.1 ESECUZIONE DELLE PROVE

#### 5.1.1 ATTREZZATURA UTILIZZATA

I martinetti piatti utilizzati sono costituiti da lamierino in acciaio ad elevata deformabilità e dono di forma semicircolare allungata, le caratteristiche sono le seguenti:

superficie	: 761.5 cm <sup>2</sup>
spessore	: 3.5 mm
diametro	: 34.7 cm
max profondità di installazione	: 25.7 cm

Il coefficiente di taratura,  $K_m$ , di questo tipo di martinetto è pari a 0.978.

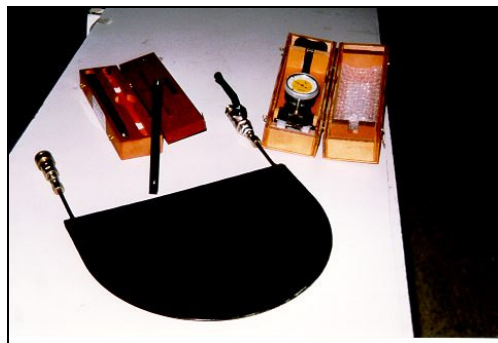


Foto 5 – Martinetto piatto

I tagli nella muratura sono stati eseguiti mediante una troncatrice idraulica dotata di lama diamantata anulare a trazione eccentrica, che ha consentito di realizzare un taglio netto con un minimo disturbo alla struttura.

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
COMUNE DI MORROVALLE

vers.: 1.0

Commessa n°  
017 GSA-07

Pag. 33 di 35



Foto 6 – Troncatrice idraulica

Per la messa in pressione dei martinetti è stata utilizzata una pompa manuale Glötzl GmbH a mandata fine dotata di due manometri di precisione di classe 0.6 con fondo scala rispettivamente di 25 e 100 bar.

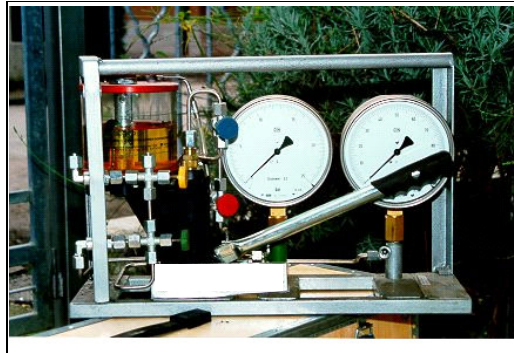


Foto 7 – Pompa manuale Glotzl GmbH

Gli spostamenti e la deformazione della muratura sono stati rilevati mediante un deformometro meccanico di precisione della DEMEC con base di misura pari a 200 mm, le variazioni della base di misura sono trasmesse ad un micrometro bimillesimale mediante una leva avente un rapporto 0.8 :1 (ad ogni millimetro letto corrisponde uno spostamento effettivo di 0.8 mm tra gli estremi della base).

### 5.1.2 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITA'

La definizione delle caratteristiche di deformabilità della muratura (stima del modulo elastico) si realizza attraverso l'introduzione di un secondo martinetto piatto parallelo al primo e distante circa 50 cm. Così posizionati, i due martinetti delimitano una porzione di materiale in condizioni indisturbate, in cui viene effettuata una prova di compressione monoassiale, con le relative misure di deformazioni assiali e trasversali.

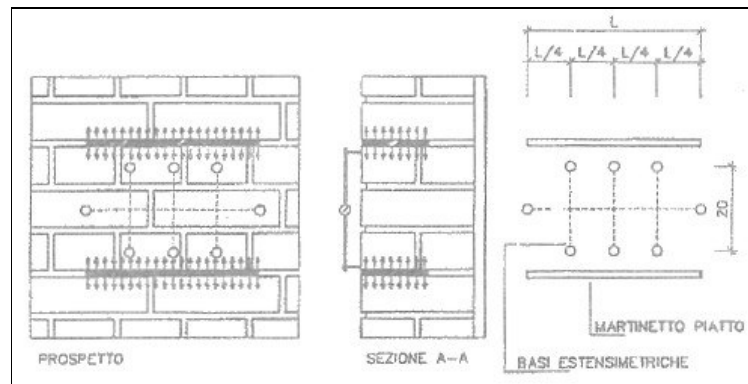


Fig. 8 - Schema di prova con martinetto doppio

Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico per cicli di carico e scarico, con intensità via via crescente. I risultati vengono registrati su un grafico deformazioni-tensioni. La pressione effettivamente applicata sulla muratura è calcolata con la seguente relazione:

$$\sigma = P * K_m * K_a'$$

dove:

P = pressione letta al manometro della pompa idraulica

$K_m$  = costante del martinetto determinata mediante prove di taratura in laboratorio

$K_a'$  = è il rapporto tra l'area dei martinetti (considerata uguale per ambedue) ed il valore medio delle due aree del taglio.

**Lavoro:**

Indagini geognostiche, geofisiche e controlli non distruttivi eseguiti per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico ospitante la scuola materna di via Giotto nel Comune di Morrovalle (MC).

**Elaborato:**  
 RAPPORTO TECNICO

**Committente:**  
**COMUNE DI MORROVALLE**
**vers.:** 1.0

**Commessa n°**  
 017 GSA-07

**Pag.** 35 di 35

Vista la difficoltà nel determinare l'area delle due superfici di taglio ed in base all'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione del taglio stesso, si ipotizza che essi risultino identici, e di conseguenza ne deriva che  $Ka' = Ka$

Il modulo di deformabilità viene stimato sul tratto di carico del primo ciclo escludendo i valori relativi ai primi 2-3 bar in quanto affetti da inevitabili assestamenti tra muratura e martinetto, mediante tale relazione:

$$E = \Delta\sigma / \Delta\epsilon$$

 $\Delta\sigma$  = intervallo di carico considerato

 $\Delta\epsilon$  = deformazione assiale corrispondente

## 5.2 RISULTATI

I risultati delle indagini mediante martinetti piatti), vengono riportati nella tabella che segue (Tabella 13), nella quale vengono evidenziate le caratteristiche di deformabilità.

Prova n°	Posizione area di prova	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Piano	
M1	Terra	18727

Tabella 13 – Risultati dell'indagine con martinetti piatti doppi

Il valore del modulo elastico determinato dalla prova, potrebbe risultare non corretto in quanto solo dopo aver eseguito tale prova, e durante la fase di prelievo della malta e dei laterizi murari, è stato riscontrato che la muratura era di tipo "a sacco".

Questo ha comportato che la pressione di carico esercitata sul martinetto, non fosse omogenea e ben distribuita, sottostimando quindi il risultato ottenuto.

In prossimità della prova con martinetto piatto, sono stati eseguiti inoltre dei campionamenti della malta muraria per poter effettuare un'analisi mineralogico-petrografica, e prelevati dei laterizi per la determinazione della resistenza alla compressione, i cui risultati sono allegati in appendice al presente rapporto.

**TAVOLE**






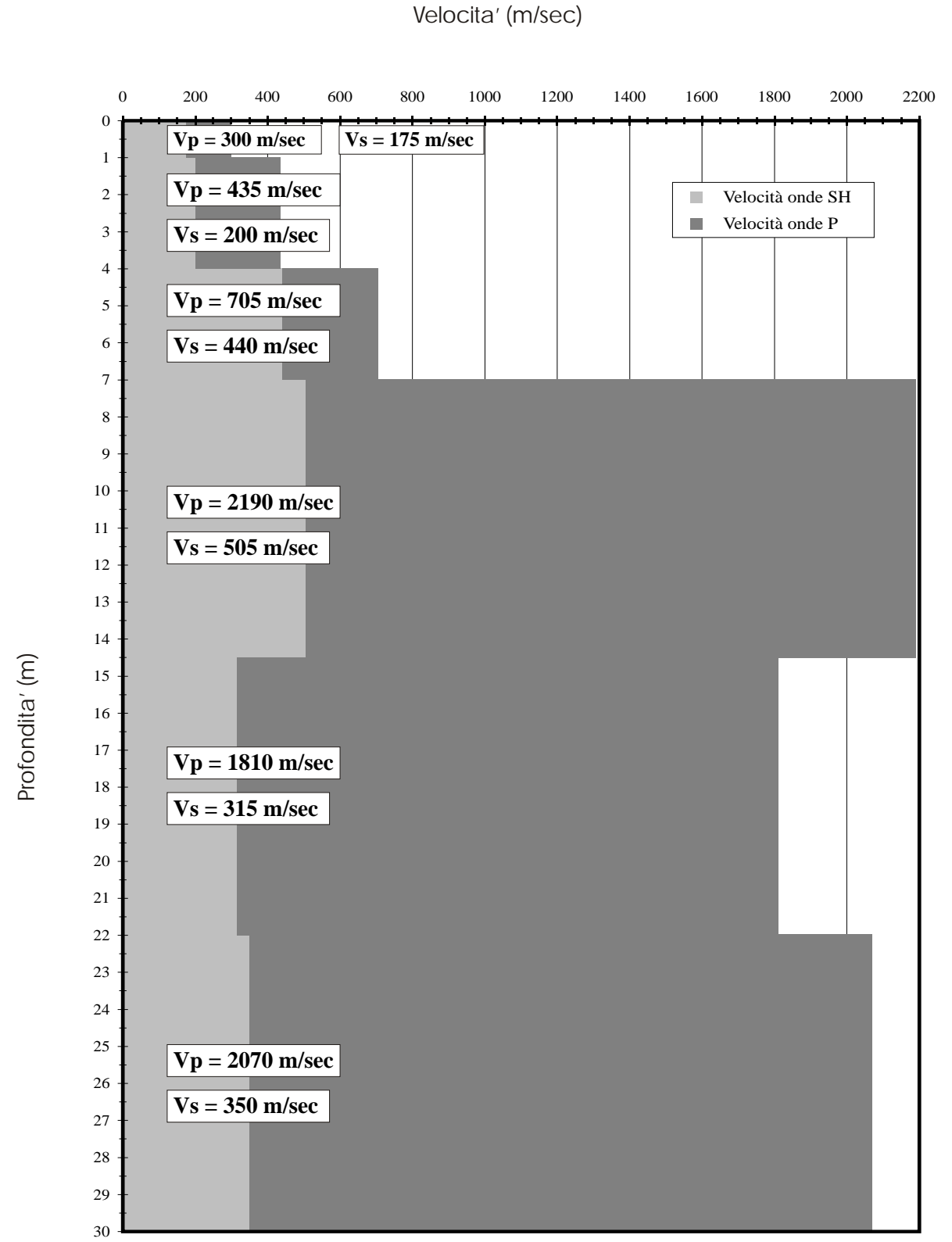
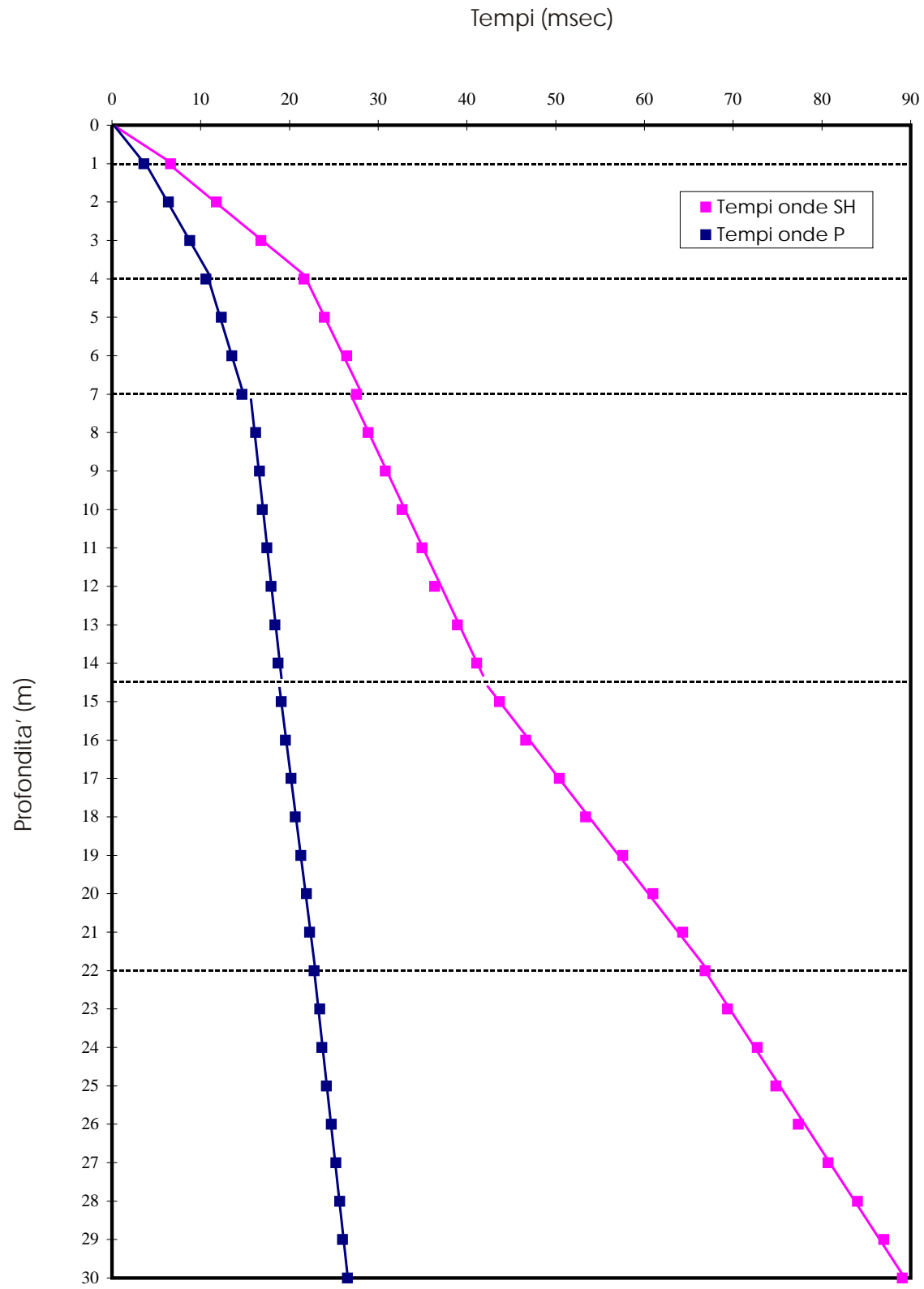
LEGENDA:

**S1** Sondaggio meccanico  
a carotaggio continuo cc

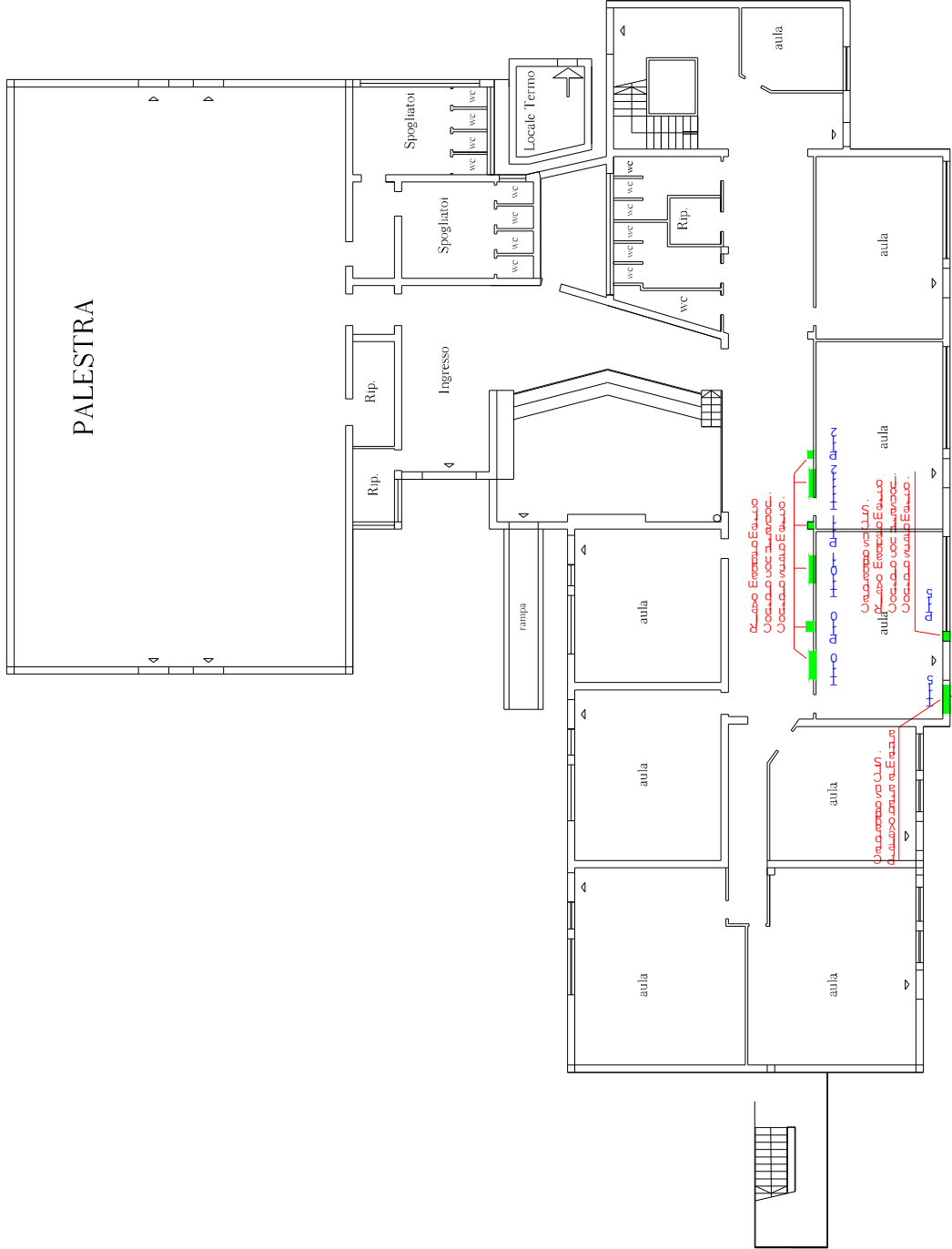
dh = tubo PVC  $\phi$  3" per down-hole

Committente: COMUNE DI MORROVALLE							 <small>modell e tecnologie per la geologia e l'ambiente</small> <small>40020 Castellani (PR) - Via V. Veneto, 22</small> <small>tel. 0571/96260 - Fax 0571/96221</small> <small>email: methodo@methodo-grup.com</small> <small>Web: www.methodo-grup.com</small>	
LAVORO: Indagini geognostiche eseguite presso la Scuola Elementare di Via Giotto in località Trodica nel Comune di Morrovalle (MC)								
COMMESSA TIPO DOC. REV. 17-07 AGS TV 1			Elaborato: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE					
Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Tav. n.: <b>1</b>
1	Emissione							Scala: <b>1:1000</b>
File:							n. Elab.:	

# INTERPRETAZIONE DOWN-HOLE DH1



PIANO TERRA



a. aula H2O  
 b. aula H2O  
 c. aula H2O  
 d. aula H2O  
 e. aula H2O

1. aula H2O  
 2. aula H2O  
 3. aula H2O  
 4. aula H2O  
 5. aula H2O

PIANO PRIMO



Scala  
CORRIDOIO

**APPENDICE:**

***Indagini  
geognostiche  
(stratigrafie e foto)***

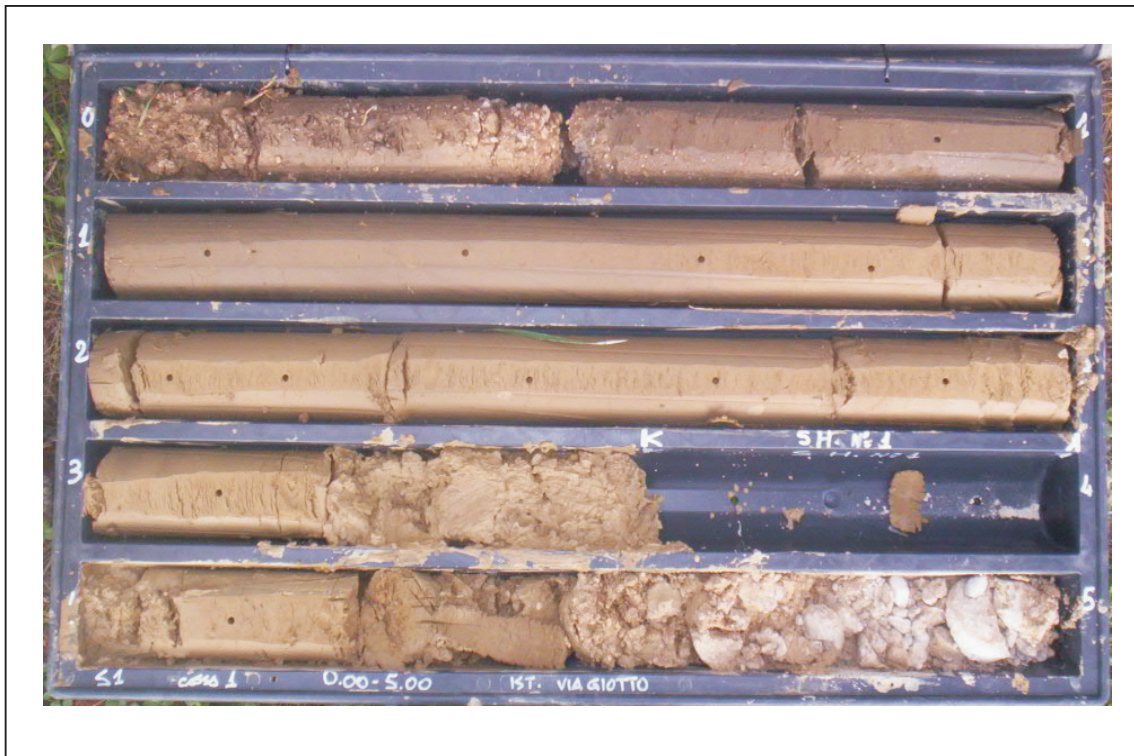
Scala 1:150	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento	Pocket [Kg/cmq]	Campioni indisturbati	Tubo PVC (3")	SPT
1	0.50	0.50		Riporto costituito da ghiaie eterometriche medio fini in abbondante matrice limosa sabbiosa di colore nocciola scuro. Presenza sparsa di frammenti di laterizzi.						
2	1.00			Riporto costituito da limi debolmente sabbiosi di colore nocciola scuro con frammenti di laterizzi sparsi.						
3		3.40		Limi debolmente sabbiosi di colore nocciola che passano da 2,90 mt a limi sabbiosi e sabbie limose di colore nocciola. Rara presenza di ghiaietto fine. Consistenza media.						
4										
5	4.40									
6		2.40		Ghiaie eterometriche di natura prevalentemente carbonatica (Diam med < 1cm; Diam max 2-3 cm) subarrotondati di forma prevalentemente piatta, in matrice sabbiosa limosa color nocciola.						
7	6.80									
8										
9										
10										
11		7.60		Ghiaie eterometriche di natura prevalentemente carbonatica (Diam med 1 cm; Diam max 10 cm) subarrotondati, di forma sia piatta che arrotondata, in matrice limosa sabbiosa color avana. Da 12,00 mt il colore della matrice passa a nocciola.						
12										
13										
14										
15	14.40									
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23		15.60		Argilla debolmente limosa a tratti debolmente sabbiosa di colore grigio azzurro. Consistenza elevata. Scarsa plasticità.						
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30	30.00									



Postazione Sondaggio **S1**  
Cantiere: Scuola Materna Via Giotto  
loc. Trodica nel Comune di Morrovalle (MC)



Sondaggio **S1** - cassette catalogatrici  
Cantiere: Scuola Materna Via Giotto  
loc. Trodica nel Comune di Morrovalle (MC)



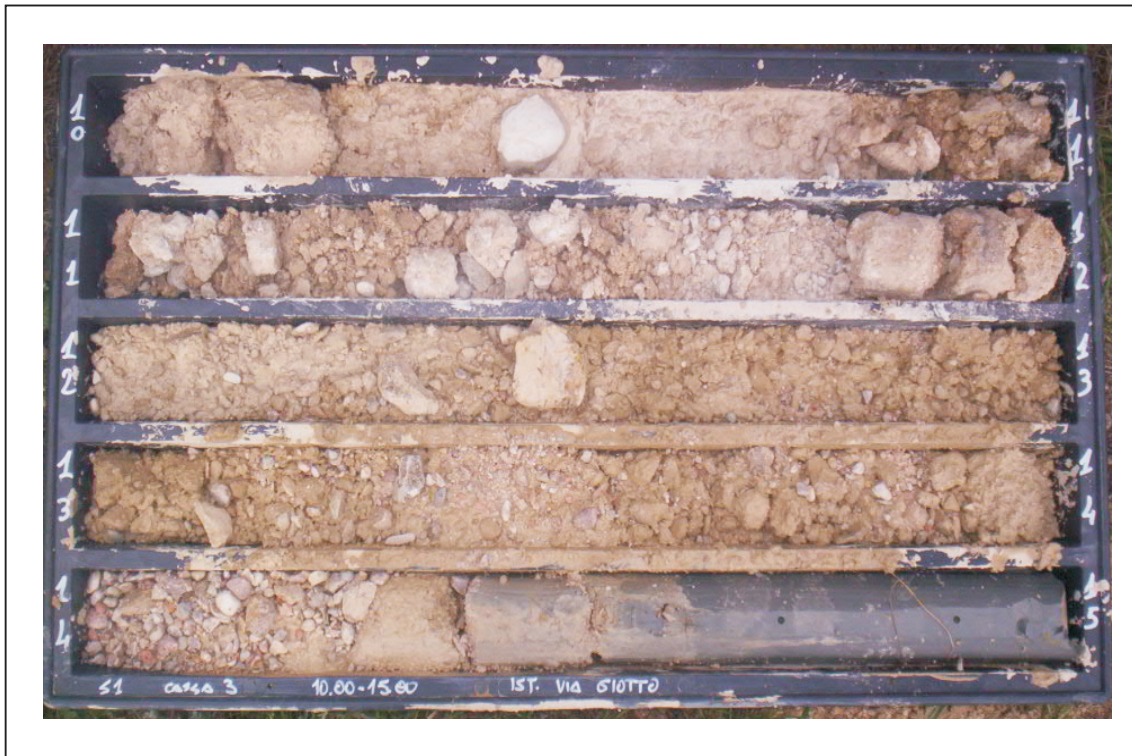
Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



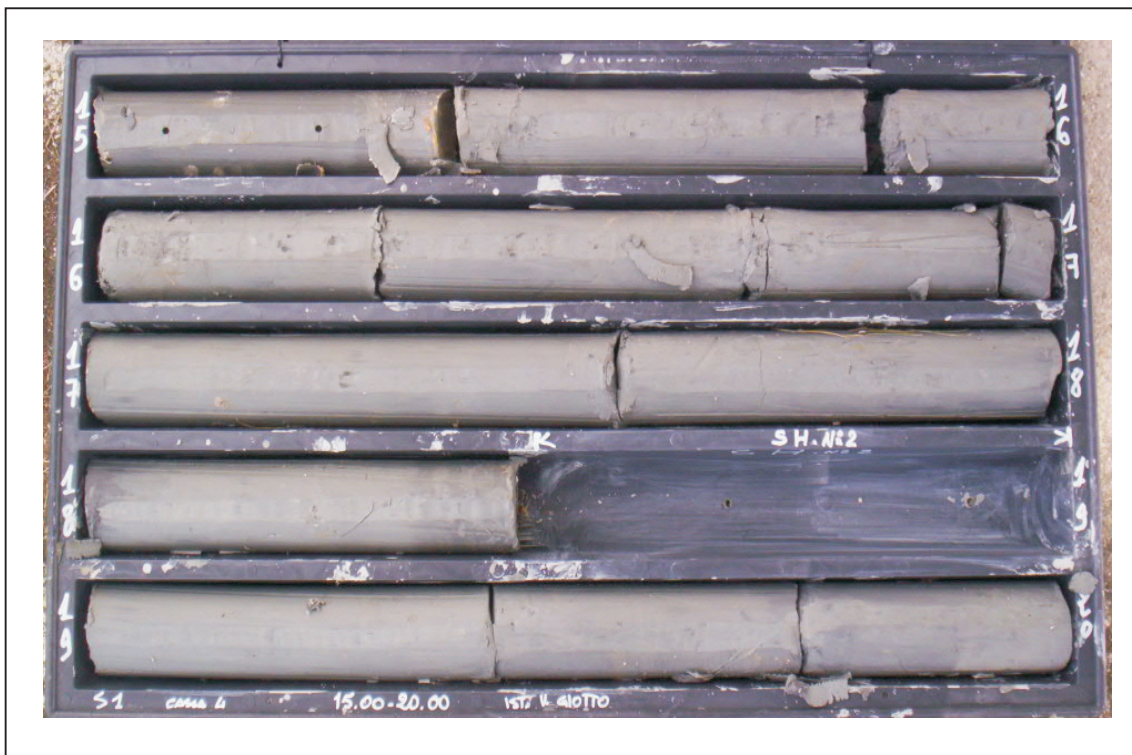
Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00



Sondaggio **S1** - cassette catalogatrici  
Cantiere: Scuola Materna Via Giotto  
loc. Trodica nel Comune di Morrovalle (MC)



Cassa n°3 da ml. 10.00 a ml. 15.00



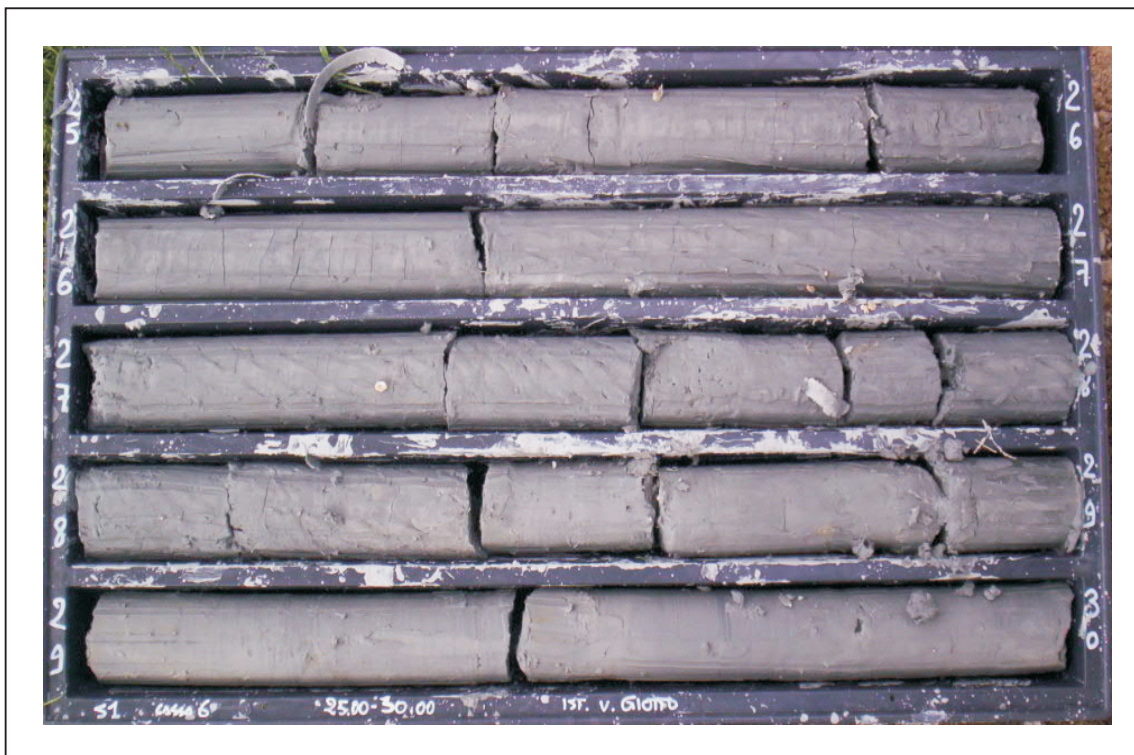
Cassa n°4 da ml. 15.00 a ml. 20.00



Sondaggio **S1** - cassette catalogatrici  
Cantiere: Scuola Materna Via Giotto  
loc. Trodica nel Comune di Morrovalle (MC)



Cassa n°5 da ml. 20.00 a ml. 25.00



Cassa n°6 da ml. 25.00 a ml. 30.00

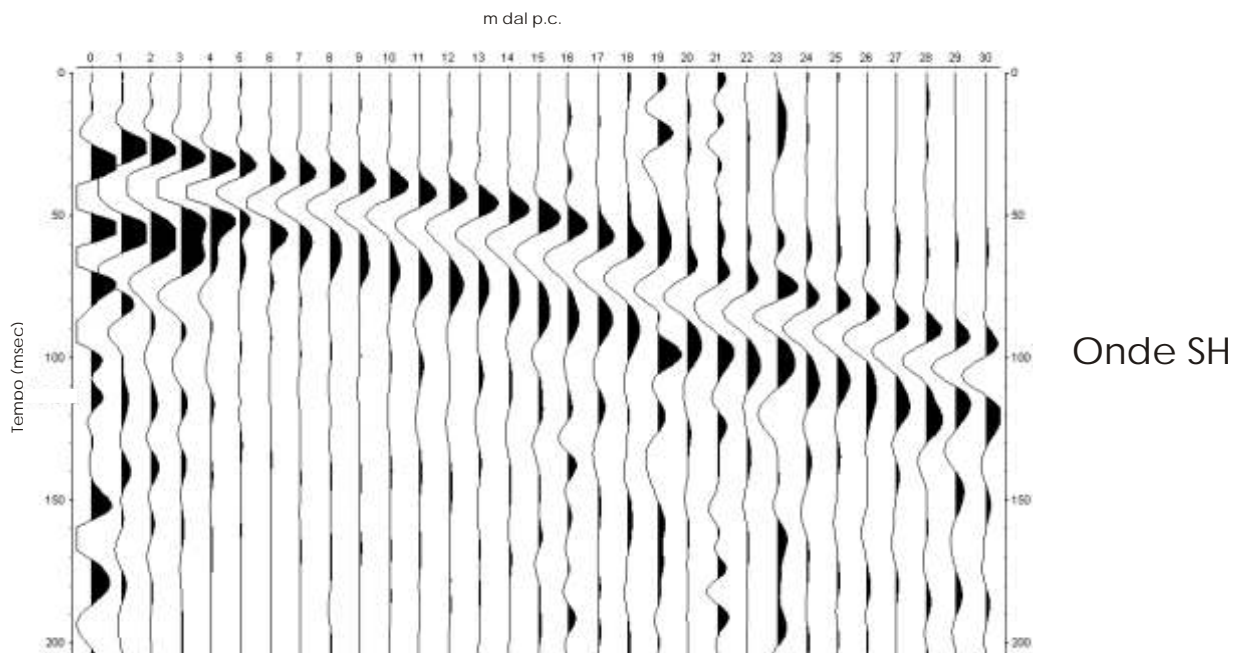
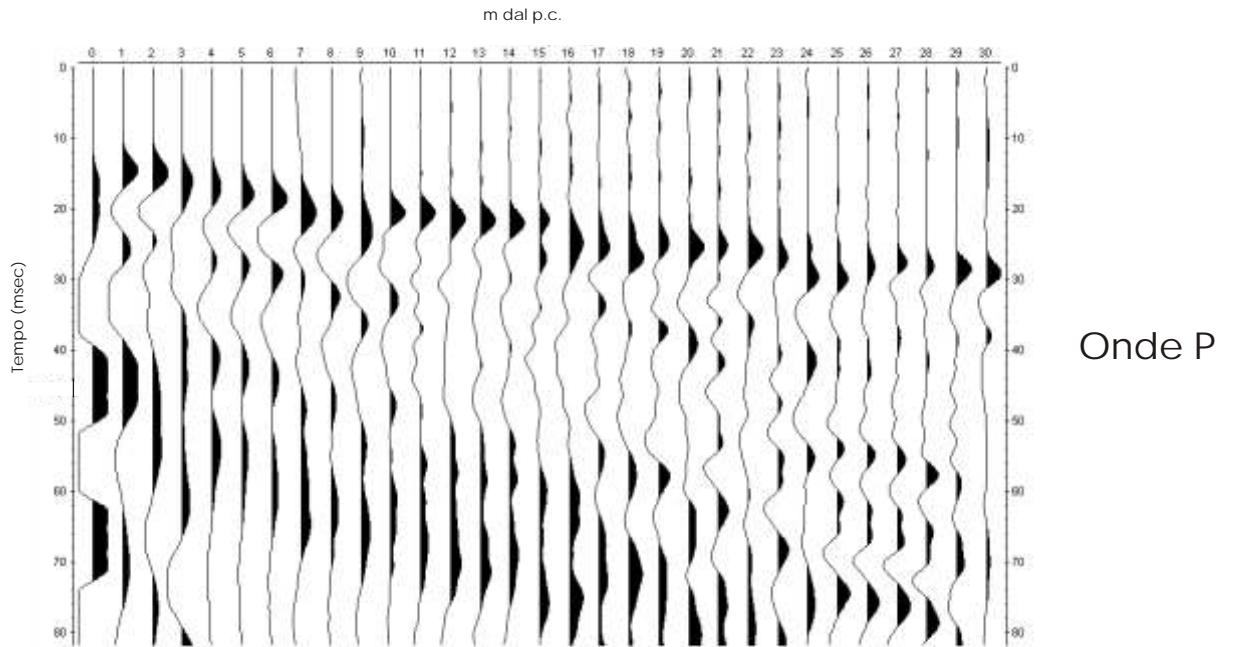
**APPENDICE:**

***Indagini geofisiche  
(moduli elastici,  
sismogrammi e foto)***

### Down-Hole S1 (Via Giotto)

*** MODULI ELASTICI DINAMICI***							
<i>Int.</i>	$\gamma$	<i>V<sub>p</sub></i>	<i>V<sub>s</sub></i>	<i>V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub></i>	<i>E<sub>0</sub></i>	<i>G</i>	$\sigma$
<i>0-1 m</i>	1800	300	175	1.71	1.369E+08	5.513E+07	0.2421
<i>1-4 m</i>	1800	435	200	2.18	1.967E+08	7.200E+07	0.3660
<i>4-7 m</i>	1900	705	440	1.60	8.688E+08	3.678E+08	0.1810
<i>7-14.5 m</i>	2000	2190	505	4.34	1.502E+09	5.101E+08	0.4719
<i>14.5-22 m</i>	2000	1810	315	5.75	5.892E+08	1.985E+08	0.4844
<i>22-30 m</i>	2100	2070	350	5.91	7.642E+08	2.573E+08	0.4853
*** $\gamma$ Kg/m <sup>3</sup> - Velocità m/sec - Moduli N/m <sup>2</sup> ***							

# SISMOGRAMMI DH1 (Via Giotto)



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINE SISMICA IN FORO



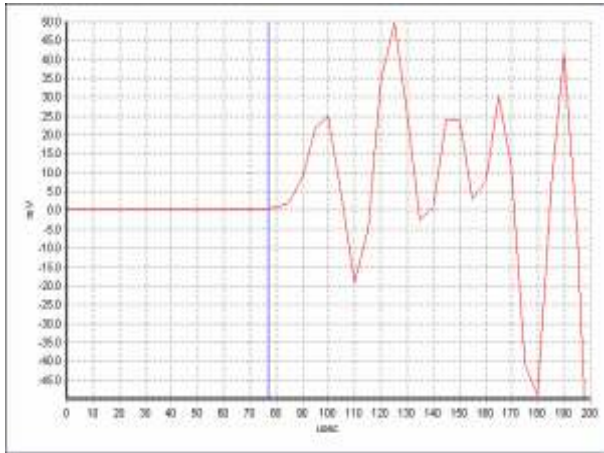
Prova Down-Hole DH1

**APPENDICE:**

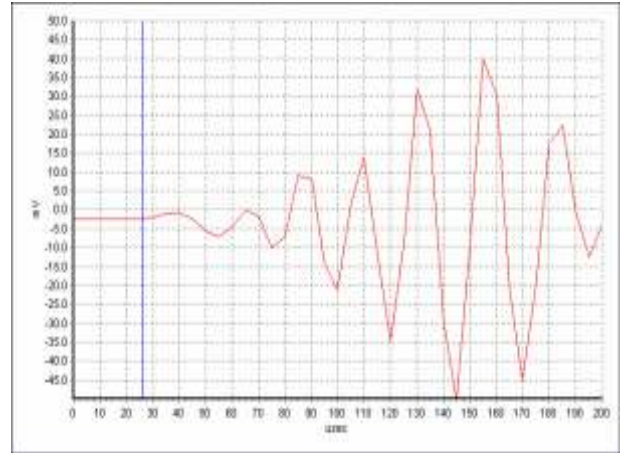
***Controlli non distruttivi  
(esempi di segnale  
acquisito e foto)***



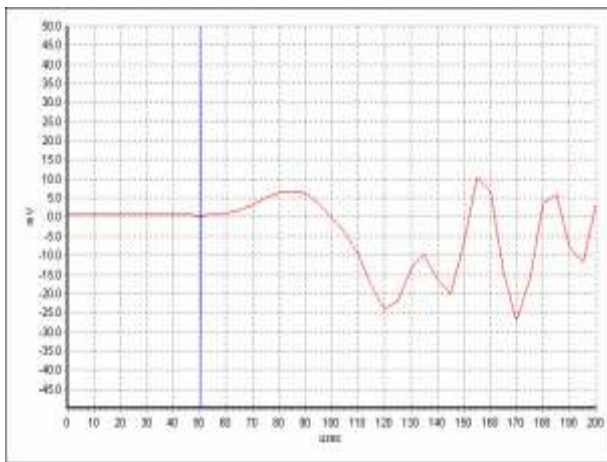
# INDAGINE ULTRASONICA\_ESEMPI DI SEGNALE ACQUISITO



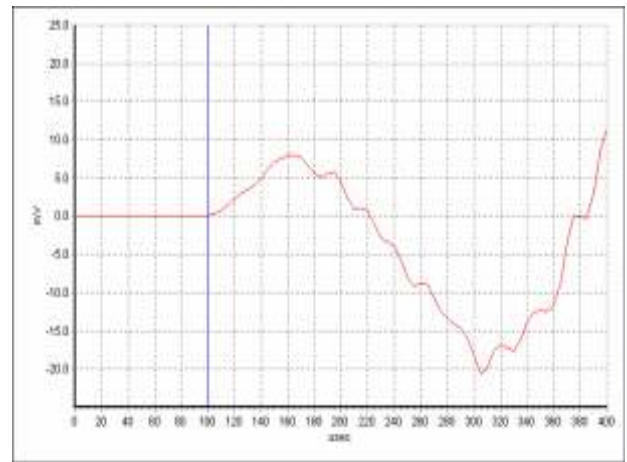
Pilastro PT10



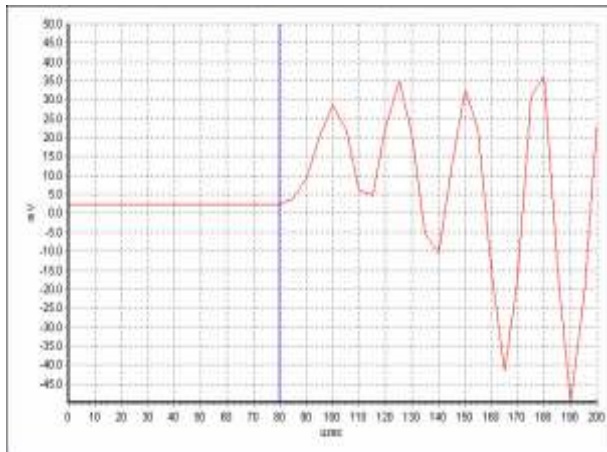
Pilastro PT11



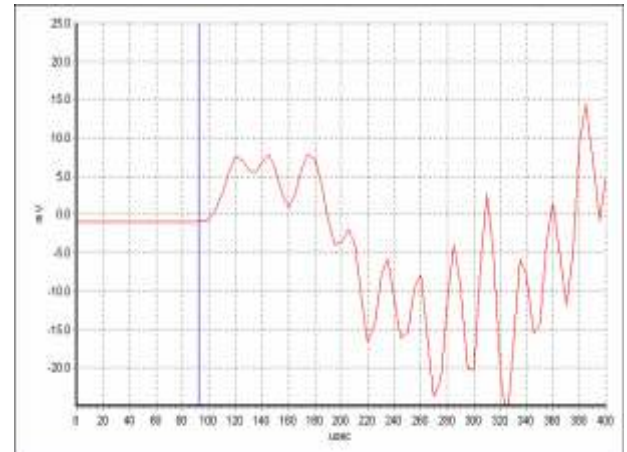
Pilastro PT12



Pilastro PT15



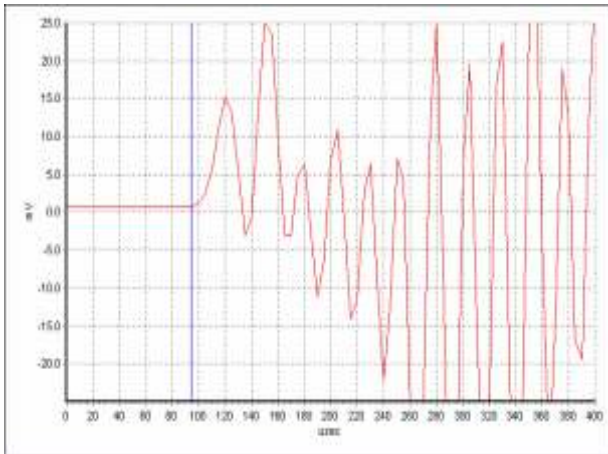
Trave TT10



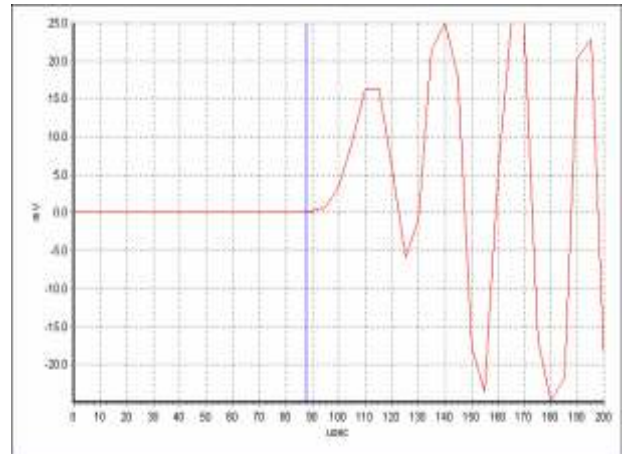
Trave TT1011



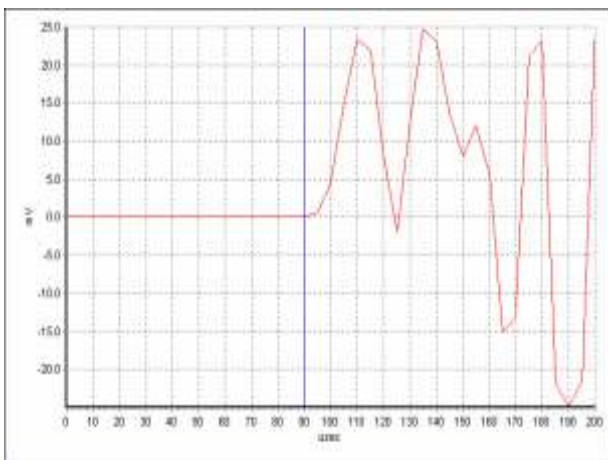
# INDAGINE ULTRASONICA\_ESEMPI DI SEGNALE ACQUISITO



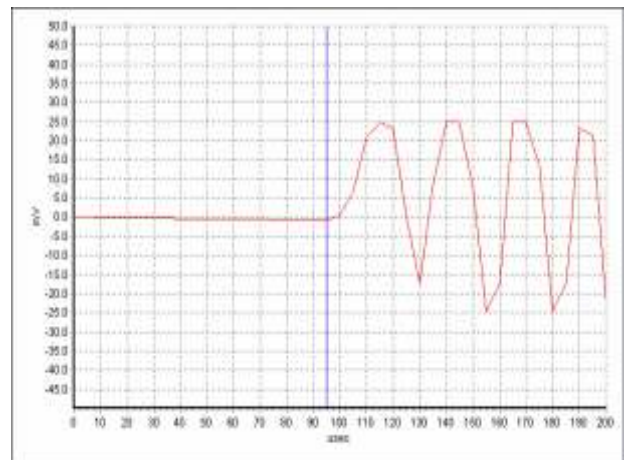
Trave TT112



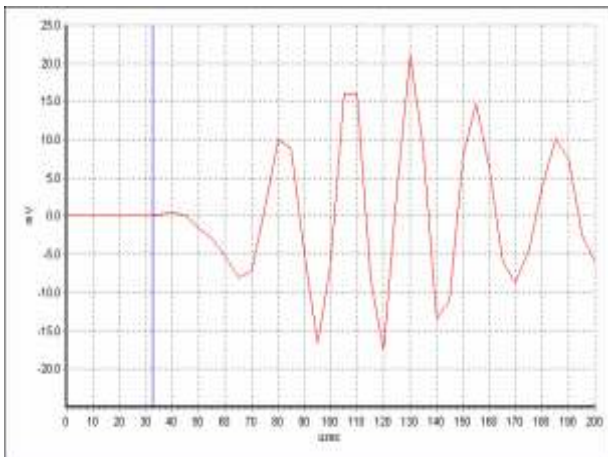
Pilastro PP10



Pilastro PP11



Pilastro PP12



Trave TP1011

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINE SCLEROMETRICA ED ULTRASONICA



Pilastro PT10



Pilastro PT11



Pilastro PT12



Pilastro PT15



Trave TT10



Trave TT1011

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINE SCLEROMETRICA ED ULTRASONICA



Trave TT1112



Trave TP1112



Pilastro PP11



Pilastro PP12



Pilastro PP10



Trave TP10



Trave TP1011



Stazione di prova - M1



Stazione prelievo malta e laterizio

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PRELIEVO BARRA D'ARMATURA



Trave TT15



Trave TP67

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PRELIEVO CAROTE CLS



Carotaggio in Pilastro PT15



Carotaggio in Trave TT15



Carotaggio in Pilastro PP7



Carotaggio in Trave TP67

**APPENDICE:**

***Rapporto di prova  
Martinetti Doppi***



DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE  
DI ELEMENTI MURARI IN LATERIZIO

**RAPPORTO DI PROVA**  
**MARTINETTI DOPPI**

**Cantiere:** Scuola Materna di Via Giotto

**Localit' :** Morrovalle (MC)

**Committente:** Comune di Morrovalle

**Data esecuzione prova:** 25/02/2007

**Prova n.** M1

**Ubicazione prova:** Piano Terra

**Attrezzatura utilizzata:**

**Tipo martinetti:** semicircolare eccentrico

**Costante martinetto Km:** 0,978

**Taglio:** Troncatrice idraulica

**Rapporto Ka (Am/At):** 0,985

**Rilievo basi di misura:** Deformometro analogico bimillesimale

Base mm. 200 - F.S. = mm. 5

**Pressurizzazione circuito:** Pompa manuale Glotzl - F.S. 25 - 100 bar

**Materiale:** muratura di mattoni

**Condizioni dei materiali prima della prova:**

**Condizioni dei materiali al termine della prova:**

**Note ed osservazioni:**

# PROVA CON MARTINETTI PIATTI DOPPI

Committente:

Comune di Morrovalle

Cantiere:

Scuola Materna di Via Giotto

Ubicazione:

Piano Terra

Data:

25/02/2007

N.prova

M1

Pressione al manometro		Tensione sulla muratura		Letture al comparatore			MEDIA	MEDIA * CORRETTA	DEFORMAZIONE VERTICALE	LETTURE ORIZZONTALI	LETTURE * ORIZZ. CORRETTE	DEFORMAZIONE ORIZZONTALI
(bar)	(Kg/cmq)	(bar)	(Kg/cmq)	V1	V2	V3						
0	0	0	0	808	805	817	810	1301	0.00E+00	788	1266	0.00E+00
1	0.98	0.96	0.94	806	802	814	807	1297	3.29E-05	788	1266	0.00E+00
2	1.96	1.93	1.89	803	799	810	804	1291	7.41E-05	788	1266	0.00E+00
3	2.94	2.89	2.83	800	793	805	799	1284	1.32E-04	789	1267	-1.27E-05
4	3.92	3.85	3.78	796	790	801	796	1278	1.77E-04	789	1267	-1.27E-05
5	4.9	4.82	4.72	794	785	796	792	1271	2.26E-04	790	1269	-2.54E-05
6	5.88	5.78	5.66	791	781	791	788	1265	2.76E-04	790	1269	-2.54E-05
7	6.86	6.74	6.61	787	775	785	782	1256	3.42E-04	791	1270	-3.81E-05
8	7.84	7.71	7.55	781	767	777	775	1245	4.32E-04	793	1274	-6.35E-05
9	8.82	8.67	8.50	778	759	769	769	1234	5.10E-04	794	1275	-7.61E-05
10	9.8	9.63	9.44	770	748	758	759	1218	6.34E-04	796	1278	-1.02E-04
8	7.84	7.71	7.55	772	751	761	761	1223	6.01E-04	795	1277	-8.88E-05
6	5.88	5.78	5.66	777	756	765	766	1230	5.43E-04	793	1274	-6.35E-05
4	3.92	3.85	3.78	781	762	772	772	1239	4.73E-04	792	1272	-5.08E-05
2	1.96	1.93	1.89	786	770	781	779	1251	3.83E-04	790	1269	-2.54E-05
0	0	0	0	798	789	801	796	1278	1.73E-04	788	1266	0.00E+00
2	1.96	1.93	1.89	789	776	789	785	1260	3.13E-04	790	1269	-2.54E-05
4	3.92	3.85	3.78	784	767	778	776	1247	4.16E-04	792	1272	-5.08E-05
6	5.88	5.78	5.66	779	759	769	769	1235	5.06E-04	793	1274	-6.35E-05
8	7.84	7.71	7.55	775	754	763	764	1227	5.68E-04	794	1275	-7.61E-05
10	9.8	9.63	9.44	768	744	754	755	1213	6.75E-04	795	1277	-8.88E-05
12	11.76	11.56	11.33	752	722	732	735	1181	9.22E-04	799	1283	-1.40E-04
14	13.72	13.49	13.22	734	697	709	713	1146	1.19E-03	803	1290	-1.90E-04
16	15.68	15.41	15.11	710	668	681	686	1102	1.53E-03	807	1296	-2.41E-04
18	17.64	17.34	16.99	679	629	644	651	1045	1.97E-03	813	1306	-3.17E-04
20	19.6	19.27	18.88	645	582	597	608	976	2.49E-03	823	1322	-4.44E-04
22	21.56	21.19	20.77	603	519	543	555	891	3.15E-03	876	1407	-1.12E-03
20	19.6	19.27	18.88	605	520	545	557	894	3.13E-03	875	1405	-1.10E-03
15	14.7	14.45	14.16	612	530	555	566	908	3.02E-03	870	1397	-1.04E-03
10	9.8	9.63	9.44	623	546	571	580	931	2.84E-03	866	1391	-9.90E-04
5	4.9	4.82	4.72	642	573	598	604	971	2.54E-03	857	1376	-8.76E-04
0	0	0	0	700	660	679	680	1092	1.61E-03	826	1327	-4.82E-04



Committente:

Comune di Morrovalle

Cantiere:

Scuola Materna di Via Giotto

Ubicazione:

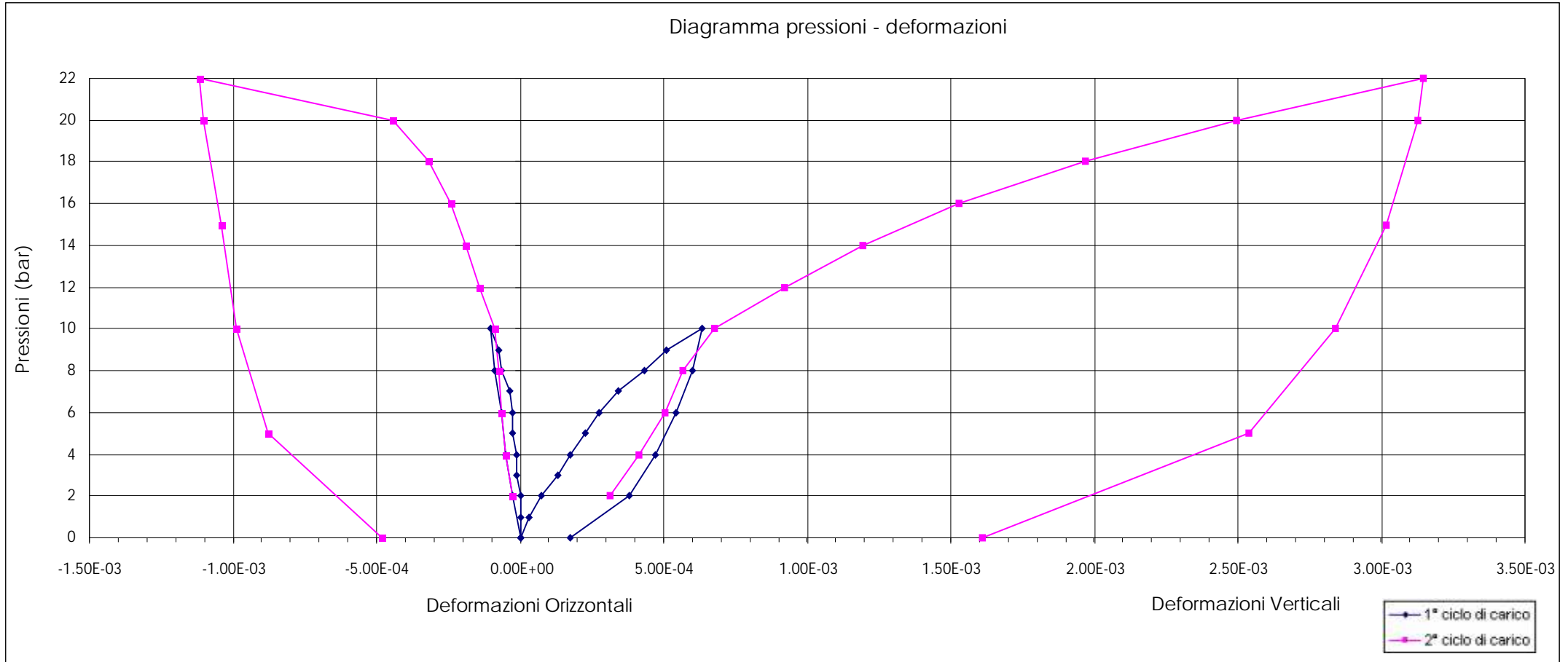
Piano Terra

Data:

25/02/2007

N.prova

M1



Modulo di deformabilità 1° ciclo di carico

$E = 18.727 \text{ Kg/cm}^2$

**APPENDICE:**

**Certificati:**

- *laboratorio terre;*
- *prove a compressione di calcestruzzo in carote;*  
*resistenza a compressione di calcestruzzo in carote;*
- *prove su materiali metallici;*
- *resistenza a compressione laterizio per murature;*
- *analisi mineralogico-petrografica su malte murature.*

## TABELLA RIASSUNTIVA

**COMMITTENTE**                    COMUNE DI MORROVALLE  
**CANTIERE**                        MORROVALLE (VIA GIOTTO)

SONDAGGIO	S1	-	-	-
CAMPIONE	SH1	-	-	-
PROFONDITA' ( m )	3,55/4,00	-	-	-

### CARATTERISTICHE FISICHE

Contenuto in acqua	%	24,9	-	-	-
Massa volumica	Mg/m <sup>3</sup>	1,89	-	-	-
Massa volumica secca	Mg/m <sup>3</sup>	1,51	-	-	-
Massa volumica granuli solidi	Mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
Indice dei vuoti	-	-	-	-	-
Grado di saturazione	-	-	-	-	-

### TAGLIO DIRETTO [PICCO]

Coesione intercetta	kPa	13,3	-	-	-
Angolo di resistenza al taglio	°	25,1	-	-	-

Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni [settore a] ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali  
Decreto del Presidente della Repubblica n. 246 del 21 aprile 1993, art.8, comma 6. CONCESSIONE n. 52491 del 11/10/2004

COMMITTENTE COMUNE DI MORROVALLE  
CANTIERE MORROVALLE (VIA GIOTTO)

COMMESSA 064  
VERBALE D'ACCETTAZIONE 0375  
Data ricevimento campione 28/03/07  
Data apertura campione 30/03/07

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE SH1  
PROFONDITA' [m] 3,55/4,00

### CARATTERISTICHE GENERALI

Apertura e descrizione visiva dei campioni ASTM 2488 - AGI 1977

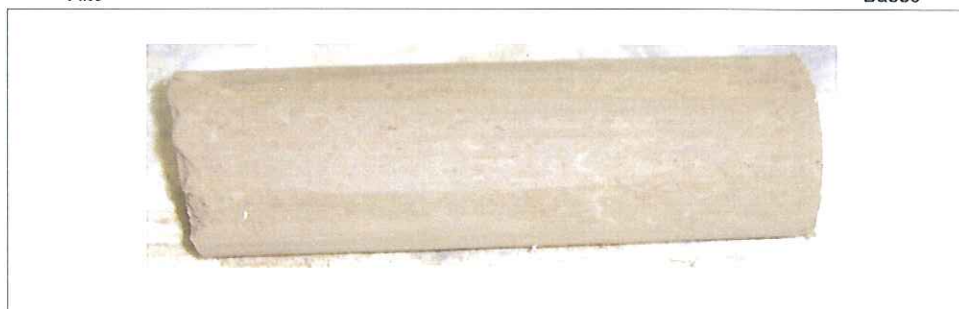
Contenitore	Fustella metallica	
Diametro campione	mm	86
Lunghezza campione	mm	310

Classe di qualità [AGI '77]	Q5
Reazione HCl	Positiva

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
3,0		Contenuto in acqua Massa volumica Taglio diretto	10 cm	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone, molto compatto, plastico, con presenza di spalmature ossidate.
3,5			20 cm	
2,9			30 cm	
			40 cm	
			50 cm	
			60 cm	

Alto

Basso



Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni [settore a] ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali  
Decreto del Presidente della Repubblica n. 246 del 21 aprile 1993, art.8, comma 6. CONCESSIONE n. 52491 del 11/10/2004

COMMITTENTE COMUNE DI MORROVALLE  
CANTIERE MORROVALLE (VIA GIOTTO)

COMMESSA 064  
VERBALE D'ACCETTAZIONE 0375  
Data ricevimento campione 28/03/07  
Data esecuzione prova 30/03/07

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE SH1  
PROFONDITA' [m] 3,55/4,00

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso debolmente sabbioso  
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

## CONTENUTO IN ACQUA

UNI CEN ISO/TS 17892-1

Massa capsula	g	24,67
Massa capsula + terreno umido	g	100,34
Massa capsula + terreno secco	g	85,27

Contenuto in acqua	w	%	24,9
--------------------	---	---	------

OSSERVAZIONI:



Certificato numero 0482	Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi	Lo Sperimentatore Dr. Michele Orazi
Data di emissione 10-04-07		

Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni [settore a] ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali  
Decreto del Presidente della Repubblica n. 246 del 21 aprile 1993, art.8, comma 6. CONCESSIONE n. 52491 del 11/10/2004

COMMITTENTE COMUNE DI MORROVALLE  
CANTIERE MORROVALLE (VIA GIOTTO)

COMMESSA 064  
VERBALE D'ACCETTAZIONE 0375  
Data ricevimento campione 28/03/07  
Data esecuzione prova 30/03/07

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE SH1  
PROFONDITA' [m] 3,55/4,00

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso debolmente sabbioso  
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

### MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE

UNI CEN ISO/TS 17892-2

#### METODO CON MISURAZIONI LINEARI

Massa provino	g	75,67
Volume provino	cm <sup>3</sup>	40,00

Massa volumica	$\rho$	Mg/m <sup>3</sup>	1,89
----------------	--------	-------------------	------

OSSERVAZIONI:



Certificato numero 0493	Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi	Lo Sperimentatore Dr. Michele Orazi
Data di emissione 10.04.07		

Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni [settore a] ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali  
Decreto del Presidente della Repubblica n. 246 del 21 aprile 1993, art.8, comma 6. CONCESSIONE n. 52491 del 11/10/2004

COMMITTENTE COMUNE DI MORROVALLE  
CANTIERE MORROVALLE (VIA GIOTTO)

COMMESSA 064 SONDAGGIO S1  
VERBALE D'ACCETTAZIONE 0375 CAMPIONE SH1  
Data ricevimento campione 28/03/07 PROFONDITA' [m] 3,55/4,00  
Data esecuzione prova 30/03/07

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso debolmente sabbioso  
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

TAGLIO DIRETTO [ VALORI DI PICCO ]

UNI CEN ISO/TS 17892-10

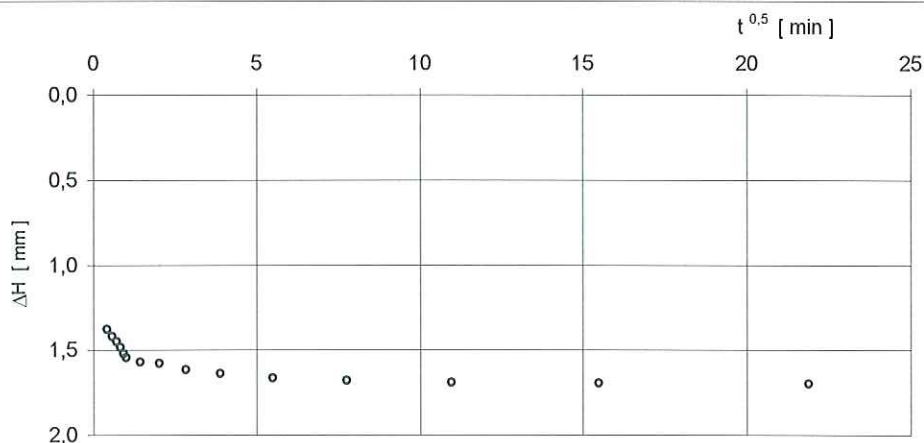
Sezione provini	3600	mm <sup>2</sup>	Velocità di deformazione	mm/min	0,006
Altezza iniziale provini	20	mm			

Provino			1	2	3
			□	△	○
Contenuto in acqua	w <sub>0</sub>	%	24,5	25,3	24,6
Massa volumica	ρ <sub>0</sub>	Mg/m <sup>3</sup>	1,91	1,90	1,93
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	Mg/m <sup>3</sup>	1,53	1,52	1,55
Massa volumica granuli	ρ <sub>s</sub>	Mg/m <sup>3</sup>			
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	-			
Grado di saturazione	S <sub>R0</sub>	-			
Tensione normale efficace	σ'	kPa	98,1	196,1	294,2
Cedimento di consolidazione	ΔH	mm	0,57	1,03	1,70

TIPO DI APPARECCHIATURA: Macchina modello Casagrande con rilevazione automatica dei dati.

PREPARAZIONE PROVINI: Procedura interna A5 2002; fustellamento verticale.

OSSERVAZIONI:



Certificato numero 0484	Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi	Lo Sperimentatore Dr. Michele Orazi
Data di emissione 10-04-07		



Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni [settore a] ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali  
Decreto del Presidente della Repubblica n. 246 del 21 aprile 1993, art.8, comma 6. CONCESSIONE n. 52491 del 11/10/2004

COMMITTENTE COMUNE DI MORROVALLE  
CANTIERE MORROVALLE (VIA GIOTTO)

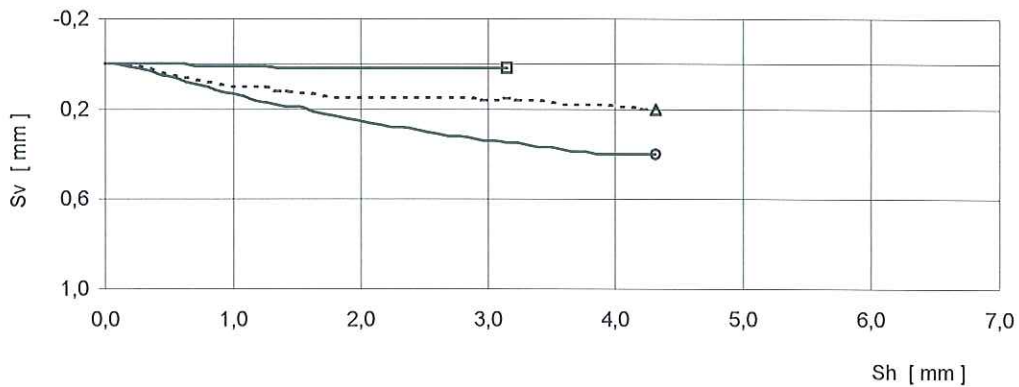
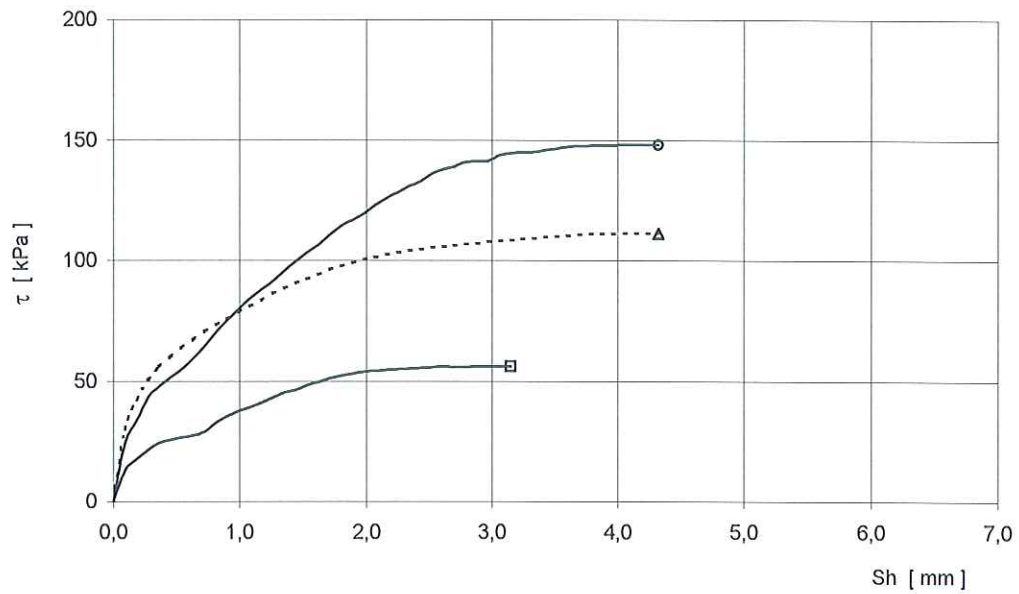
COMMESSA 064  
VERBALE D'ACCETTAZIONE 0375  
Data ricevimento campione 28/03/07  
Data esecuzione prova 30/03/07

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE SH1  
PROFONDITA' [m] 3,55/4,00

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso debolmente sabbioso  
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

TAGLIO DIRETTO [ VALORI DI PICCO ]

UNI CEN ISO/TS 17892-10



Certificato numero 0684	Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi 	Lo Sperimentatore Dr. Michele Orazi 
Data di emissione 10.04.07		



Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni [settore a] ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali  
Decreto del Presidente della Repubblica n. 246 del 21 aprile 1993, art.8, comma 6. CONCESSIONE n. 52491 del 11/10/2004

COMMITTENTE COMUNE DI MORROVALLE  
CANTIERE MORROVALLE (VIA GIOTTO)

COMMESSA 064 SONDAGGIO S1  
VERBALE D'ACCETTAZIONE 0375 CAMPIONE SH1  
Data ricevimento campione 28/03/07 PROFONDITA' [m] 3,55/4,00  
Data esecuzione prova 30/03/07

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso debolmente sabbioso  
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

## TAGLIO DIRETTO [ VALORI DI PICCO ]

UNI CEN ISO/TS 17892-10

Sh	Provino 1		Provino 2		Provino 3	
	$\tau$	Sv	$\tau$	Sv	$\tau$	Sv
mm	kPa	mm	kPa	mm	kPa	mm
0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00
0,09	12,8	0,00	30,0	0,00	24,2	0,00
0,18	17,7	0,00	42,5	0,00	33,5	0,01
0,27	21,2	0,00	50,4	0,01	43,3	0,02
0,36	24,2	0,00	56,1	0,02	47,7	0,03
0,45	25,6	0,00	59,9	0,04	51,5	0,05
0,54	26,7	0,00	64,0	0,05	55,0	0,06
0,63	27,5	0,00	67,3	0,06	59,4	0,08
0,72	29,1	0,01	70,6	0,07	64,6	0,09
0,81	32,7	0,01	73,3	0,08	70,3	0,10
0,90	35,4	0,01	75,7	0,09	75,2	0,12
0,99	37,6	0,01	78,7	0,10	79,8	0,13
1,08	39,2	0,01	81,2	0,10	84,2	0,14
1,17	41,1	0,01	83,4	0,10	88,0	0,16
1,26	43,3	0,01	86,4	0,10	91,5	0,17
1,35	45,2	0,02	88,5	0,12	95,6	0,18
1,44	46,3	0,02	90,7	0,12	99,7	0,19
1,53	48,2	0,02	92,3	0,13	103,2	0,19
1,62	49,6	0,02	94,3	0,13	106,5	0,21
1,71	51,2	0,02	96,2	0,14	110,6	0,22
1,80	52,3	0,02	97,5	0,15	114,4	0,23
1,89	53,1	0,02	98,9	0,15	116,9	0,24
1,98	53,9	0,02	100,2	0,15	119,6	0,25
2,07	54,2	0,02	101,3	0,15	122,9	0,26
2,16	54,8	0,02	102,4	0,15	125,9	0,27
2,25	55,0	0,02	103,2	0,15	128,3	0,28
2,34	55,3	0,02	104,1	0,15	131,0	0,28
2,43	55,6	0,02	104,6	0,15	132,7	0,29
2,52	55,8	0,02	105,4	0,15	135,9	0,30
2,61	56,1	0,02	105,7	0,15	137,8	0,31
2,70	55,8	0,02	106,2	0,15	138,9	0,32

Sh	Provino 1		Provino 2		Provino 3	
	$\tau$	Sv	$\tau$	Sv	$\tau$	Sv
mm	kPa	mm	kPa	mm	kPa	mm
2,79	55,8	0,02	106,8	0,15	140,8	0,32
2,88	56,1	0,02	107,1	0,15	141,1	0,33
2,97	56,1	0,02	107,6	0,16	141,4	0,34
3,06	56,1	0,02	107,9	0,16	143,8	0,34
3,15	56,1	0,02	108,1	0,15	144,7	0,35
3,24			108,7	0,16	144,9	0,35
3,33			109,0	0,16	145,2	0,36
3,42			109,5	0,16	145,7	0,37
3,51			109,8	0,17	146,3	0,37
3,60			110,1	0,18	147,1	0,38
3,69			110,6	0,18	147,4	0,39
3,78			110,9	0,18	147,6	0,39
3,87			110,9	0,18	147,6	0,40
3,96			110,9	0,18	147,6	0,40
4,05			111,1	0,19	147,9	0,40
4,14			111,1	0,19	147,9	0,40
4,23			111,1	0,20	147,9	0,40
4,32			111,1	0,20	147,9	0,40



Certificato numero 0684	Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi	Lo Sperimentatore Dr. Michele Orazi
Data di emissione 10.06.07		

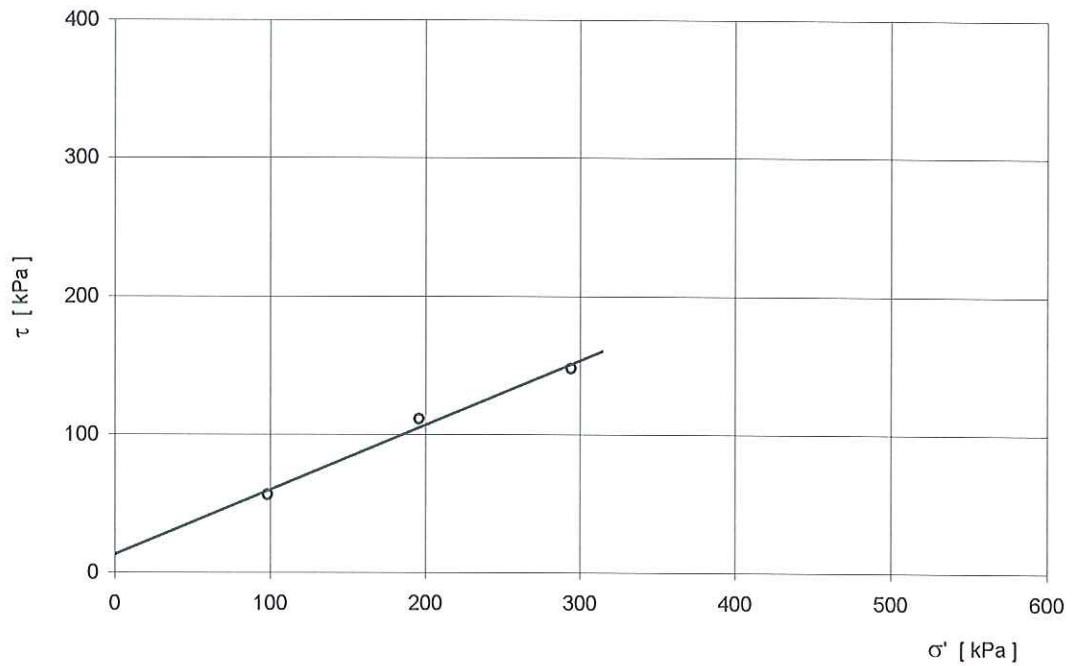
COMMITTENTE COMUNE DI MORROVALLE  
CANTIERE MORROVALLE (VIA GIOTTO)

SONDAGGIO S1  
CAMPIONE SH1  
PROFONDITA' [m] 3,55/4,00

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso debolmente sabbioso  
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

### TAGLIO DIRETTO [ VALORI DI PICCO ]

UNI CEN ISO/TS 17892-10



Coesione intercetta	$c'$	kPa	13,3
Angolo di resistenza al taglio	$\phi'$	°	25,1



LABORATORIO SPERIMENTALE  
MATERIALI DA COSTRUZIONE  
LABORATORIO GEOTECNICO

CERT. 070917  
V.A. 279  
Pag. 1/2  
Fano 14.03.07

**PROVE A COMPRESSIONE DI CALCESTRUZZO IN CAROTE**

( U N I E N 1 2 5 0 4 - 1 - U N I E N 1 2 3 9 0 - 3 )

**RICHIEDENTE** GEOEXPLORER s.r.l.  
**CANTIERE** Scuola elementare Via Giotto - MORROVALLE (MC)  
**DIR. LAVORI** (°) -  
**MATERIALE** N° 4 CAROTE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO  
PERVENUTE IL 28.02.07 CON RICHIESTA DEL 27.02.07

**RISULTATI DELLE PROVE**

N°	STRUTTURA DI PRELIEVO	DATA	DATA	DIMENSIONI		CARICO	RESISTENZA	RESISTENZA	(*)
		PROVA	PRELIEVO	H	D	DI ROTTURA	CILINDRICA	CUBICA	
			DICHIARATA	[mm]		[N]	fc,cyl [MPa]	Rca (+) [MPa]	
1	TT15	14.03.07	24.02.07	161	79	72480	14,8	18,7	A
2	PP7	14.03.07	24.02.07	141	79	44760	9,1	11,1	A
3	PT15	14.03.07	24.02.07	97	79	82320	16,8	18,1	A
4	TP67	14.03.07	24.02.07	161	79	22440	4,6	5,8	A

RETTIFICA ESEGUITA MEDIANTE CAPAGGIO

(\*) TIPO DI ROTTURA ( A: Soddisfacente, Bn: Insoddisfacente, n individua il tipo di rottura secondo UNI EN 12390-3 )

(°) DOMANDA NON SOTTOSCRITTA DAL DIRETTORE LAVORI

(+) RESISTENZA CUBICA A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO IN OPERA (VALORE ATTUALE) STIMATA SECONDO LA NORMA "BS 1881"

LO SPERIMENTATORE

Riccardo Sordani

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Ing. Paolo Morosetti

Laboratorio Geotecnico: Concessione Ministeriale 52503/04 - Via Zara, 7 - 60123 Ancona (AN) - Tel 071 2075343 Fax 071 2082239

Laboratorio Strutture L. 1086: Autorizzazione Ministeriale 24029/83 - Via del Commercio 22/A - 61032 Fano (PU) - Tel e Fax: 0721 806132

TEMA s.a.s. Sede Legale: Via Zara 5 - 60123 Ancona (AN) - P.IVA 01255400424 - Tribunale AN 19830 - CCIAA AN 119314 - e-mail: tema@laboratoriortema.it

**RESISTENZA A COMPRESIONE DI CALCESTRUZZO IN CAROTE**  
( B S 1 8 8 1 )

**RICHIEDENTE** GEOEXPLORER s.r.l.

**CANTIERE** Scuola elementare Via Giotto - MORROVALLE (MC)

**DIR. LAVORI** (°) -

**MATERIALE** N° 4 CAROTE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO  
PERVENUTE IL 28.02.07 CON RICHIESTA DEL 27.02.07

N°	DIREZIONE DI PRELIEVO	$\lambda$	d	$\Phi_{fe}$	MASSA	MASSA	H <sub>cap</sub>	$\alpha_1$	$\alpha_2$	RESISTENZA	PROFONDITA' DI
					CAROTA	VOLUMICA				ATTUALE	R <sub>cc</sub>
					[g]	[kg/dm <sup>3</sup> ]			[MPa]	(UNI 9944)	[mm]
1	H ORIZZONTALE	2,08			1751	2,22	164	1,26	1,00	18,7	70,0
2	H ORIZZONTALE	1,81			1489	2,15	143	1,22	1,00	11,1	70,0
3	H ORIZZONTALE	1,23			1020	2,15	97	1,08	1,00	18,1	50,0
4	H ORIZZONTALE	2,06			1684	2,13	163	1,26	1,00	5,8	110,0

$\lambda$	H <sub>cap</sub> / D	$R_{cc} = \alpha_1 \alpha_2 f_{c,cyl}$
D	Diametro della carota	$\alpha_1 = G / (1.5 + 1/\lambda)$ Coefficiente di forma
H <sub>cap</sub>	Altezza dopo cappaggio	$\alpha_2 = 1.0 + 1.5 * (\Phi_{fe} * d) / (D * H)$ Coefficiente di armatura
$\Phi_{fe}$	Diametro barra di armatura	G = 2.5 per prelievo orizzontale
d	Posizione barra di armatura	G = 2.3 per prelievo verticale

LO SPERIMENTATORE  
Riccardo Sordani

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Ing. Paolo Nocchetti



LABORATORIO SPERIMENTALE  
MATERIALI DA COSTRUZIONE  
LABORATORIO GEOTECNICO

CERT. 070918  
V.A. 279  
Pag. 1/1  
Fano 14.03.07

**P R O V E S U M A T E R I A L I M E T A L L I C I**  
( U N I E N 1 0 0 0 2 / 1 e U N I I S O 1 5 6 3 0 / 1 )

**RICHIEDENTE** GEOEXPLORER SRL

**CANTIERE** SUOLA ELEMENTARE VIA GIOTTO - MORROVALLE

**DIR. LAVORI** -

**MATERIALE** N° **2** PROVINI DI ACCIAIO DICHIARATI TIPO **Fe B 44 k**  
PERVENUTI IL **28.02.07** CON RICHIESTA DEL **27.02.07**

**PRODUTTORE** MARCHIO NON RILEVABILE (PROVINI DAL N°1 AL N°2)

**DATA PROVE** 15.03.07

**RISULTATI DELLE PROVE**

SIGLA	DIAMETRO (*)		TRAZIONE				ALLUNGAMENTO %	PIEGAMENTO /
	EFFETTIVO	AREA EFFETTIVA	SNERVAMENTO	ROTTURA		SU 5D	RADDRIZZAMENTO	
	[mm]	[mmq]	fy[N/mmq]	fy/fyk	ft[N/mmq]	ft/fy	A <sub>5</sub>	
TT15	11,67	106,99	370,1	1,03	505,8	1,37	35,2	( - )
TP67	9,83	75,84	351,3	1,03	444,6	1,27	34,1	( - )

(\*) DIAMETRO BARRA EQUIPESANTE

( - ) LE PROVE DI PIEGAMENTO, OBBLIGATORIE AI SENSI  
DEL D.M. 9.1.96 NON SONO STATE RICHIESTE  
DALLA DIREZIONE LAVORI

LO SPERIMENTATORE  
Riccardo Sordani

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Ing. Paolo Monosetti

**MARCHIO DI IDENTIFICAZIONE**

PROVINI DAL N° 1 AL N° 2



<b>COMMITTENTE</b>	GEOEXPLORER s.r.l.		
<b>CANTIERE</b>	Scuola elementare Via Giotto - MORROVALLE (MC)		
<b>MATERIALE</b>	Laterizio - campione A		
	Richiesta del	27/02/07	
	Pervenuto il	28/02/07	Data prova 15/03/07

<b>RESISTENZA A COMPRESSIONE LATERIZIO PER MURATURE</b>	<b>UNI 8942-3</b>
---	-------------------

Norma di riferimento	UNI 8942 PARTE 3a - "Prodotti di laterizio per murature - Metodi di prova" - Novembre 1986
----------------------	---

Provino n.	Dimensioni (mm)			Superficie di carico (mm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Carico di Rottura N	Resistenza MPa
1	57	57	55	3135	290	123000	37,9
2	56	55	56	3080	291	89400	29,0
3	55	56	55	3080	289	93300	30,3
4	55	55	55	3025	284	86700	28,7

<b>Resistenza media [MPa]</b>	<b>31,5</b>
<b>Deviazione standard [MPa]</b>	<b>4,3</b>
<b>Coefficiente di variazione [%]</b>	<b>13,7</b>

Il presente certificato non può essere riprodotto, neanche parzialmente, senza il consenso scritto del laboratorio di prova.

Lo Sperimentatore  
Riccardo Sordani

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Paolo M. Piretti



<b>COMMITTENTE</b>	GEOEXPLORER s.r.l.		
<b>CANTIERE</b>	Scuola elementare Via Giotto - MORROVALLE (MC)		
<b>MATERIALE</b>	Laterizio - campione B		
	Richiesta del	27/02/07	
	Pervenuto il	28/02/07	Data prova 15/03/07

**RESISTENZA A COMPRESSIONE LATERIZIO PER MURATURE**

**UNI 8942-3**

Norma di riferimento UNI 8942 PARTE 3a - "Prodotti di laterizio per murature - Metodi di prova" - Novembre 1986

Provino n.	Dimensioni (mm)			Superficie di carico (mm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Carico di Rottura N	Resistenza MPa
1	56	56	55	3080	277	144300	46,0
2	55	56	55	3080	281	143700	46,7
3	55	56	57	3192	285	170700	55,4
4	57	56	57	3192	284	137100	43,0

<b>Resistenza media [MPa]</b>	<b>47,8</b>
<b>Deviazione standard [MPa]</b>	<b>5,4</b>
<b>Coefficiente di variazione [%]</b>	<b>11,2</b>

Il presente certificato non può essere riprodotto, neanche parzialmente, senza il consenso scritto del laboratorio di prova.

Lo Sperimentatore  
Riccardo Sordani


Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Paolo Morosetti



## MALTA MURATURA



Foto n. 1 – Macrofotografia: si osserva colore d'insieme grigio chiaro, presenza di aggregati di colore variegato e “grumi bianchi”

Cantiere: Scuola Elementare – Località: Via Giotto Morrovalle (MC)	Campionamento: METHODO S.r.l
Identificazione campione: Malta	Data analisi: 06/03/2007
Responsabile Analisi:  Geol. Orestina Francioni Via Zara, 25 – Camerano (AN) Tel. 071/7300062 – 3356105311 e-mail: <a href="mailto:orestinafrancioni@tin.it">orestinafrancioni@tin.it</a>	





## CERTIFICATO ANALISI MINERALOGICO-PETROGRAFICA

**Oggetto della Prova:** Analisi petrografica su campioni di malta

**Cantiere:** Scuola Elementare

**Località:** Via Giotto – Morrovalle (MC)

**Data analisi:** 06/03/2007

**Riferimenti Normativi:**

- Normal M 23/87 sostituita da UNI 10924 e 12/83 “definizione e descrizione delle Malte”
- UNI-EN 932-3 del 28/02/1998 “Metodi di prova per la determinare le proprietà degli aggregati”
- D.M. del 20/11/1987 “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”
- Ordinanza 3274 come modificata da OPCM 3431 del 03/05/2005 “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici”

### Modalità Prova

Analisi mineralogico-petrografica, mediante microscopio ottico a luce trasmessa e polarizzata, di campioni rappresentativi di malta preparati in sezioni sottili.



Foto n. 2 Macrofotografia: colore legante, e degli aggregati. Grumi bianchi (calcinarioli)

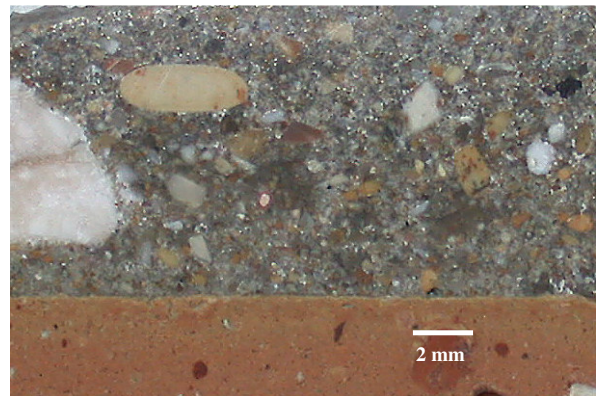
grigio verde, rosato, ocre, rosso e nero) e composizione silico-carbonatica. La granulometria è riferibile a due classi granulometriche, arenacea e conglomeratica. La componente conglomeratica si presenta con spigoli ben arrotondati e con alcuni elementi di forma appiattita ed allungata; tali sedimenti sono compatibili con depositi fluviali

Foto n. 3 Macrofotografia: campione consolidato e lucidato – si può osservare la distribuzione del legante. Forma, classazione e colore degli aggregati. Contatto fra laterizio e malta.

### Analisi macroscopica:

Malta tenace costituita da legante di colore grigio chiaro a distribuzione mediamente omogenea, presenza di “grumi di colore bianco” dalle dimensioni variabili da 2-3 mm o superiore al cm, porosità media legata prevalente a bollosità.

Gli aggregati sono di colore variegato (bianco



**ANALISI MINERALOGICO-PETROGRAFICO****MORFOMETRIA AGGREGATI**

Granulometria*	Arenacea molto fine - fine (1/4 - 1/16 mm)	5%
	Arenacea media (1/2 - 1/4 mm)	40%
	Arenacea grossa (2 - 1/2 mm)	25%
	Conglomeratica micro (4 - 2 mm)	15%
	Conglomeratica fine (4 - 8 mm)	10%
	Conglomeratica media (> 8 mm)	5%
Forma	Da subarrotondata ad angolosa la componente di natura silicatica, da arrotondata a subarrotondata la componente carbonatica	
Sfericità	da alta a bassa per la presenza di frammenti di ghiaie allungate	
Classazione	Moderatamente classato	
Distribuzione	Omogenea	
Addensamento	Alto	
Orientamento	Aggregati non orientati	
Conclusioni	Aggregato costituito da ghiaie carbonatico-silicee e sabbie silico-carbonatiche	

**COMPOSIZIONE MINERALOGICO-PETROGRAFICA**

Parametri tessiturali	Componenti			Analisi quantitativa <sup>1</sup>
Aggregati	Granulometria arenacea	Quarzo prevalentemente monocristallino	25%	70%
		Feldspati potassici con rari cristalli sodici	18-20%	
		Frammenti di rocce carbonatiche (calcoliti e rari cristalli di calcite spatica <sup>1a)</sup> )	10%	
		Selce (quarzo microcristallino e calcedonio)	15%	
		Bioclasti (bivalve)	< 1%	
		Ossidi di ferro	1-2%	
		Frustoli di carbone	tracce	
	Granulometria Conglomeratica	Frammenti di rocce carbonatiche: Calcoliti, Calcoliti sabbiose e Calcareniti spatiche e calcare dolomitico <sup>1a)</sup>	15%	
		Frammenti di selce e calcari selciferi	13-15%	
		Frammenti di rocce silicatiche costituite da quarzo, feldspati e rare miche	1-2%	
Legante	Di aspetto e distribuzione mediamente omogenea, presenza di grumi di calce. Composizione carbonatica e tessitura micritica con caratteristiche ottiche molto simili ai frammenti di calcoliti che costituiscono l'aggregato.			20%
Porosità	Media legata a bollosità e fessure di forma irregolare presenti nel legante che lungo le suture aggregato - legante			10%
Rapporto Legante/Aggregato				1/3 - 1/4

1) Analisi quantitativa mediante diagrammi per la stima visuale delle percentuali predisposti da SHVETSOV M.S. (1954)

1a) Classificazione Dunham (1962)



La componente carbonatica è costituita da Calcilutiti, Calcilutiti sabbiose, da calcareniti spatiche e da calcari dolomitici. Le calcarenite sono calcari a matrice micritica e come componente allochimica sono presenti bioclasti (calpionellelidi, radiolari e foraminiferi planctonici). Le calcarenite spatiche ed i calcari dolomitici sono costituiti da calcite spatica o da calcite frammista a dolomite.

La selce è costituita prevalentemente da quarzo microcristallino e calcedonio, mentre i calcari selciferi sono calcilutiti e calcilutiti sabbiose con modelli di radiolari silicei (calcedonio).

Tali litologie sono riferibili a formazioni delle serie Umbro-marchigiana, databili Cretacico (Formazione della Maiolica) - Paleogene inferiore (Formazioni Scaglie).

### CONCLUSIONI

Classificazione della Malta	Malta tenace a base di calce di colore grigio e grigio-beige, con presenza di abbondanti ossidi di ferro e grumi di calce <sup>2</sup> . Il legante presenta caratteristiche ottiche molto simili alle calcilutiti presenti come aggregato. Gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie a composizione silico-carbonatico, con netta prevalenza della componente silicatica. I clasti di selce presentano bordi di reazione. La porosità è media ed è legata a vacui e fessure di ritiro di forma irregolare o arrotondate, presenti sia nel legante che lungo le suture aggregato/legante. Il rapporto legante/aggregato è 1/3 – 1/4.
Osservazioni	Lo stato di conservazione è mediamente buono

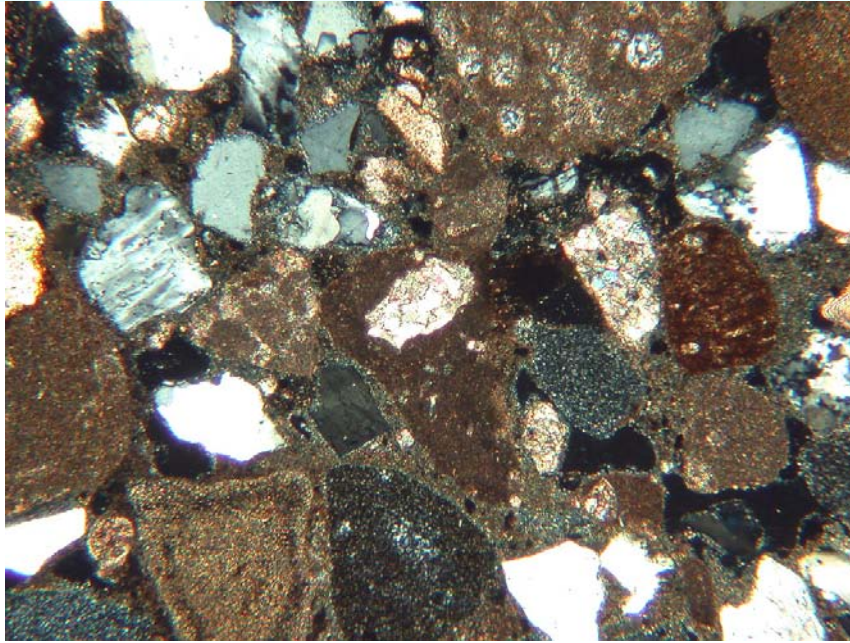
Geol. Orestina Francioni



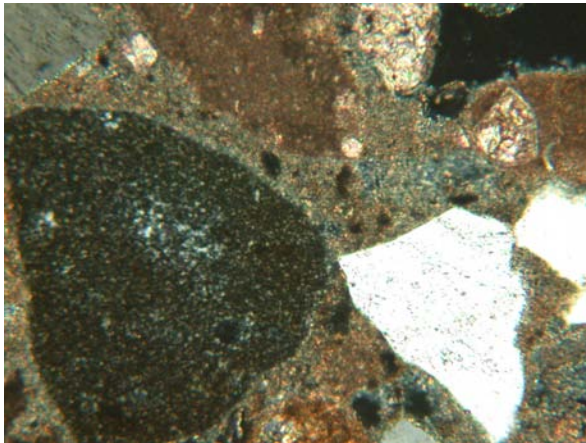
**Microfotografie al microscopio ottico a luce polarizzata– Osservazioni a luce trasmessa**

<sup>2</sup> Per una miglior definizione del legante sarebbero utili ulteriori analisi (XRF o EPMA o TG)

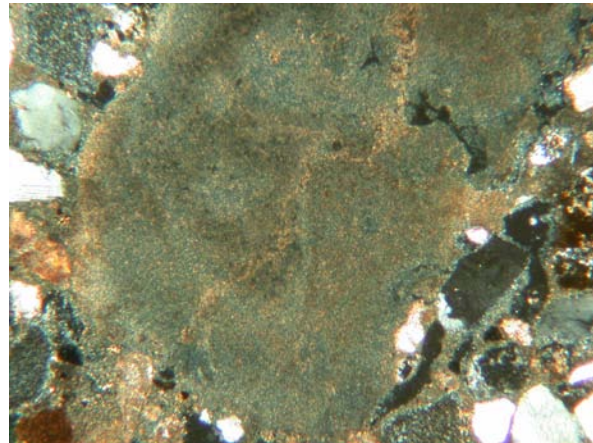




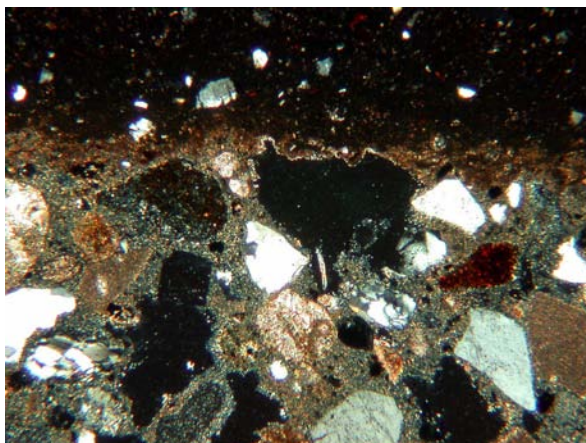
Legante, porosità, aggregati a granulometria arenaceo-conglomeratica (quarzo, feldspati, framm. di rocce carbonatiche) – XN - Ingr. 70



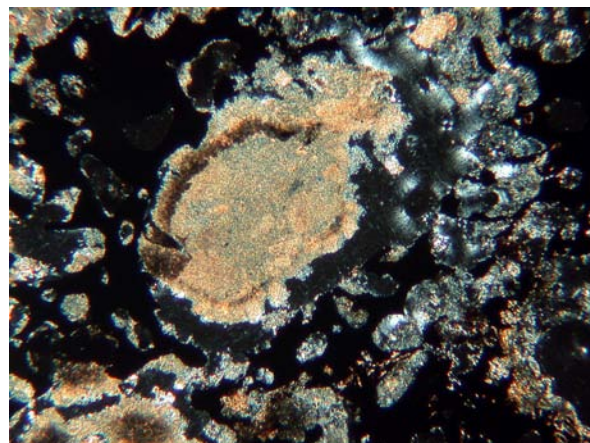
XN – Legante e sabbie costituite da selce, quarzo e calcilutiti  
ingr. x 90



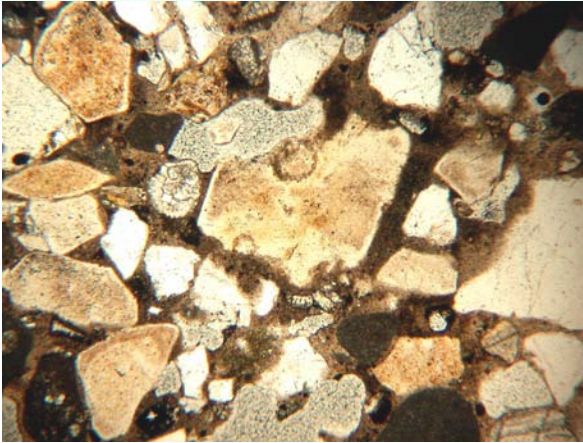
XN – grumo di calce - ingr. x 50



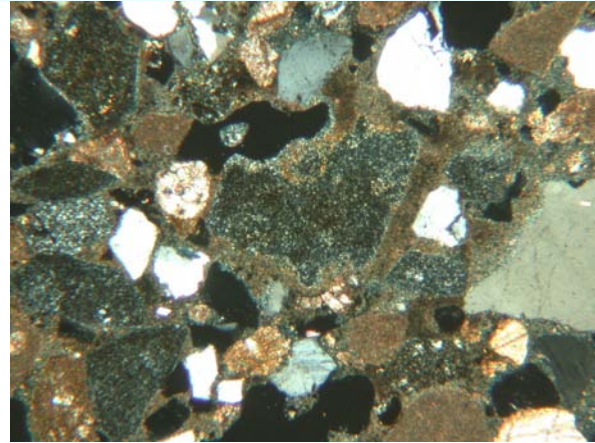
XN – Contatto fra laterizio e malta – ingr. x 50



XN - frustolo di carbone e grumo di calce - ingr. x 50



//N - ingr. x 50



XN - ingr. x 50

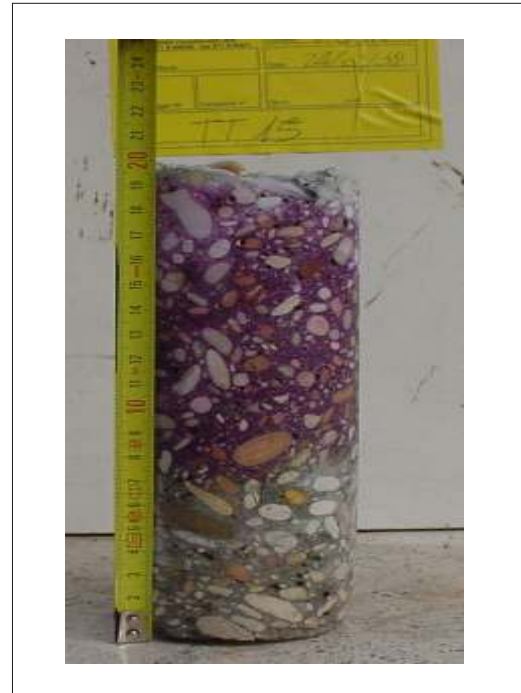
Legante e porosità legata a vacui di forma irregolare. Aggregati arenacei (quarzo, feldspati, selce, frammenti di rocce carbonatiche)



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTE E CARBONATAZIONE CLS



Carota PT15



Carota TT15



Carota PP7



Carota TP67