



PROVE INDAGINI E VERIFICHE
TECNICHE PER L'EDILIZIA

OMNIATEST S.R.L.

SERVIZI PER L'INGEGNERIA

VIA NINA DA MESSINA 18, 98121 MESSINA

TEL/FAX +39 090 346309

EMAIL: INFO@OMNIATEST.IT

INDAGINI SULLE STRUTTURE DELL'EDIFICIO
SITO IN VIA ARCHIMEDE A RAGUSA SEDE DEL
COMANDO PROVINCIALE VVF DI RAGUSA



RAPPORTO RELATIVO ALLE INDAGINI
EFFETTUATE IN DATA 11/12/2013

Il responsabile tecnico della OmniaTest: **Ing. Matteo Mucari**

Il tecnico operatore della OmniaTest: **Ing. Marco Intelisano**

Il tecnico operatore della OmniaTest: **Ing. Giuseppe Occhipinti**



INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. PROVE SUI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO.....	5
2.1 Prelievo dei campioni di calcestruzzo	5
2.2 Prova di compressione monoassiale	7
2.3 Determinazione della massa volumica apparente	7
2.4 Rapporto tra resistenza cilindrica e cubica.....	7
2.4.1 Servizio Sismico Nazionale	7
2.4.2 Istruzioni Tecniche – Regione Toscana	8
2.4.3 Linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti – Regione Basilicata.....	10
3. PROVA PER LA DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE CON MARTINETTI PIATTI.....	14
3.1 Tecnica di esecuzione ed attrezzatura impiegata.....	14
3.2 Risultati prova con martinetti piatti	19
3.2.1 Prova M1.....	19
4. SAGGI DIRETTI	30
4.1 Tecnica di esecuzione e rilievi fotografici.....	30
4.2 Saggi su solaio	31
4.2.1 SAGGIO S1.....	31
4.2.2 SAGGIO S2.....	33
4.2.3 SAGGIO S3.....	34
4.2.4 SAGGIO S4.....	36
4.2.5 SAGGIO S5.....	37
4.2.6 SAGGIO S6.....	42
4.2.7 SAGGIO S7.....	44
5. INDAGINI ENDOSCOPICHE	47



5.1	<i>Tecnica di esecuzione e strumentazione utilizzata</i>	47
5.2	<i>Endoscopie su pareti in muratura.....</i>	49
5.2.1	<i>ENDOSCOPIA E1.....</i>	49
5.2.2	<i>ENDOSCOPIA E2.....</i>	51
5.2.3	<i>ENDOSCOPIA E3.....</i>	54
5.2.4	<i>ENDOSCOPIA E4.....</i>	57
5.2.5	<i>ENDOSCOPIA E5.....</i>	60
5.2.6	<i>ENDOSCOPIA E6.....</i>	62
 ALLEGATO A - SCHEMA PLANIMETRICO ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI.....		67



1. PREMESSA

La società *OmniaTest s.r.l. – Servizi per l'ingegneria*, con sede in Messina, via Nina da Messina n.18, giusta Determina Dirigenziale n.245/2013 RS, n.2938 RGD, ha avuto incarico dalla Provincia Regionale di Ragusa, di effettuare le seguenti indagini sulle strutture dell'edificio sito in via Archimede a Ragusa, sede del Comando Provinciale dei VV.FF. e nello specifico:

- n. 2 prelievi di campioni di calcestruzzo;
- n. 1 prova con martinetto piatto singolo per la stima della tensione normale in direzione verticale;
- n. 1 prova con martinetti piatti doppi per la stima del modulo elastico normale;
- n. 7 saggi diretti su elementi in muratura e cemento armato;
- n. 6 prove endoscopiche statiche;
- n. 6 prove endoscopiche dinamiche.

Le indagini, effettuate l'11 Dicembre 2013, sono state dirette, per conto della Omniatest Srl, dall'ing. Matteo Mucari, coadiuvato dall'ing. Marco Intelisano.

Nel seguito dopo una descrizione delle modalità di prova, si riportano i risultati delle indagini sia in forma numerica che grafica.

2. PROVE SUI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO

2.1 Prelievo dei campioni di calcestruzzo

Il prelievo dei campioni di calcestruzzo è stato effettuato da personale tecnico della ditta tramite carotaggio continuo, negli elementi strutturali indicati dal responsabile della campagna d'indagine, utilizzando una carotatrice ad avanzamento manuale, con raffreddamento ad acqua, dotata di corona diamantata a parete sottile, con diametro interno 94 mm ed esterno 102 mm. Le carote, una volta estratte, sono state contrassegnate con l'indicazione della sigla del prelievo.



Figura 2-1 Esecuzione del carotaggio per il prelievo di un campione



Figura 2-2 Carote prelevate

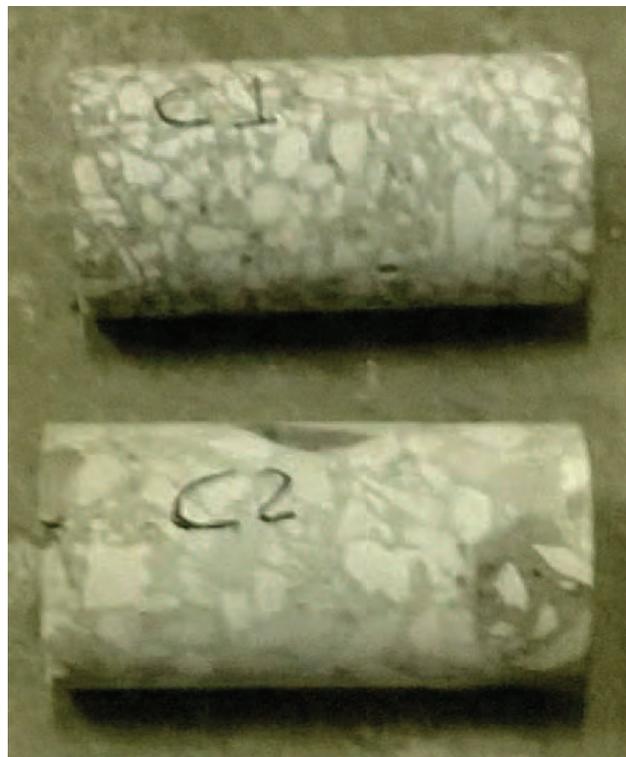


Figura 2-3 Carote prelevate e rettificate

2.2 Prova di compressione monoassiale

Le carote prelevate, dopo essere state rettificata a cilindri, sono state inviate presso il 'Laboratorio Prove Materiali e Strutture' dell'Università degli Studi di Reggio Calabria. Sui provini è stata eseguita prova per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale applicando un carico verticale mediante macchina universale RMU Testing Equipment con gradiente di carico pari a circa $0.49 + 0.19$ MPa/sec.

I risultati delle prove sono riportati negli allegati certificati che costituiscono parte integrante del presente rapporto.

2.3 Determinazione della massa volumica apparente

La massa volumica apparente sui provini rettificati è stata determinata come rapporto tra la massa ed il volume dei provini cilindrici rettificati, misurati presso il 'Laboratorio Prove Materiali e Strutture' dell'Università degli Studi di Reggio Calabria.

2.4 Rapporto tra resistenza cilindrica e cubica

In letteratura esistono diverse relazioni per rapportare la resistenza della carota a quella che si otterrebbe da provini cilindrici prelevati dallo stesso getto. Di seguito si riportano alcune formulazioni tra le più accreditate ed avanzate norme e linee guida presenti oggi in Italia. Tutti i metodi presenti in letteratura per la valutazione della resistenza caratteristica del calcestruzzo attribuiscono a ciascuno dei fattori importanza diversa, ne consegue che i vari procedimenti possono portare allo stesso risultato numerico o, al contrario, a risultati numerici differenti in base al valore attribuito ad ogni parametro.

2.4.1 Servizio Sismico Nazionale

La letteratura più recente (Servizio Sismico Nazionale – Rapporto Finale – Convenzione per l'individuazione delle tipologie di prove e degli Enti erogatori dei servizi per il progetto di laboratorio di prove sperimentali del Servizio Sismico Nazionale – febbraio 2000; Associazione Italiana Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica – Il giornale delle Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica n.1/2002, pagg. 34-44)

sulla base di numerose prove sperimentali, consiglia di adottare la seguente relazione per rapportare la resistenza della carota a quella che si otterrebbe da provini cilindrici prelevati dallo stesso getto.

$$R(\text{cilindrica}) = f_c = (1,5 \cdot K \cdot R(\text{carota})) / (1,5+1/n)$$

in cui

- K = 2 per perforazioni verticali
- K = 1,84 per perforazioni orizzontali
- n = rapporto h/d carota

Definita la resistenza cilindrica in funzione di quella della carota estratta bisogna apportare un'ulteriore correzione per ottenere la resistenza cubica.

La resistenza cubica R_c può essere assunta pari a $f_c/0,83$. Questo è dovuto al fatto che le dimensioni dei provini cubici sono superiori a quelle dei provini cilindrici e che nei primi subentrano effetti di 'cerchiatura' che ne esaltano la resistenza a compressione. La resistenza cubica a compressione del materiale in opera può, in conclusione porsi pari a:

$$R_c = (1,5 \cdot K \cdot R(\text{carota})) / [0,83 \cdot (1,5+1/n)]$$

2.4.2 Istruzioni Tecniche – Regione Toscana

La Regione Toscana, Giunta Regionale Settore - Servizio Sismico Regionale, nel luglio 2004 ha emanato delle linee guida inerenti la vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato e in particolare "Istruzioni Tecniche - Criteri per lo svolgimento di indagini diagnostiche finalizzate alla valutazione della qualità dei materiali in edifici esistenti in cemento armato".

In tali linee guida, All. M.2 – Metodo diretto (Carotaggio), sono riportate alcune formulazioni, presenti in letteratura, che attraverso dei coefficienti correttivi applicati alla resistenza della carota prelevata in situ, consentono di ottenere sia il valore di resistenza del cls in situ, ovvero resistenza di un provino cubico standard al momento del carotaggio sulla struttura esaminata, sia la resistenza cubica convenzionale, ovvero la resistenza del calcestruzzo a 28 giorni, ottenuta da cubi confezionati al momento del getto in opera e maturati in condizioni standard.

A - METODO PROPOSTO DALLE BRITISH STANDARD (BS) 1881 PART. 120:

Esso fornisce la Resistenza Cubica in Situ del cls:

$$R(\text{cilindrica}) = f_c = R1 \cdot R(\text{carota})$$

in cui R1 è un fattore correttivo che tiene conto della snellezza della carota, variabile da 0,92 (per rapporti di snellezza pari a 1) ed 1 (per rapporti di snellezza pari a 2), desunto dalla curva fornita dalle BS 1881

$$R_c = 1,25 \cdot R1 \cdot R(\text{carota})$$

B - METODO PROPOSTO DALLA CONCRETE SOCIETY:

Esso fornisce la Resistenza Cubica in Situ e la Resistenza Cubica Convenzionale del cls:

$$R_c = 1,25 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

in cui:

n è il rapporto di snellezza della carota ($n = H/\varphi$), variabile tra 1 e 2;

il coefficiente a numeratore vale 2 per il passaggio alla resistenza cilindrica a partire da quella della carota;

$$R_{c,\text{conv}} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

C - METODO RIPORTATO SULL'ARTICOLO DI CESTELLI GUIDI:

Esso fornisce la Resistenza Cubica in Situ e la Resistenza Cubica Convenzionale del cls:

$$R_c = 1,2 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

in cui:

n è il rapporto di snellezza della carota ($n = H/\varphi$), variabile tra 1 e 2;

il coefficiente 2 fornisce la resistenza cilindrica a partire da quella della carota;

$$R_{c,\text{conv}} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot (2 / (1,5 + 1/n)) \cdot R(\text{carota})$$

Si ricorda che la normativa tecnica italiana non richiede espressamente l'utilizzo di una delle tre formule, né specifica se utilizzare come valore di riferimento la Resistenza cubica in situ o la Resistenza cubica convenzionale. L'Ufficio Regionale della Regione Toscana ritiene preferibile considerare il valore ottenuto dalla Resistenza cubica in situ, che fornisce un dato più vicino alla reale condizione del calcestruzzo in opera. Spetta

comunque al Professionista o all'Ufficio Tecnico competente valutare e adottare la formula che meglio illustri la situazione.

2.4.3 Linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti – Regione Basilicata

La Regione Basilicata nell'ottobre del 2005 ha emanato delle linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti. Nell'appendice C – *Indagini e metodi per la stima della resistenza del calcestruzzo in situ, par. C.4* – La stima della resistenza del calcestruzzo in situ, è presente la procedura di elaborazione da adottare per ottenere la resistenza del calcestruzzo in esame

$$R(\text{cilindrica}) = f_c = (C_{h/D} \cdot C_{\text{dia}} \cdot C_a \cdot C_d) \cdot R(\text{carota})$$

dove:

$C_{h/D}$ è il coefficiente correttivo per rapporti h/D diversi da 2, pari a $C_{h/D} = 2/(1.5 + D/h)$;

C_{dia} è il coefficiente correttivo relativo al diametro, da assumere pari a 1.06, 1.00 e 0.98 per D pari, rispettivamente, a 50, 100 e 150 mm;

C_a è il coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse, variabile tra 1.03 per barre di piccolo diametro ($\varnothing 10$) a 1.13 per barre di diametro elevato ($\varnothing 20$).

C_d è il coefficiente correttivo per tener conto del disturbo arrecato alla carota nelle operazioni di estrazione, che si suggerisce di assumere pari a $C_d = 1.20$ per $f_{\text{car}} < 20$ MPa, e $C_d = 1.10$ per $f_{\text{car}} > 20$ MPa.

Nelle tabelle riepilogative relative ai prelievi di calcestruzzo vengono riportati i valori di resistenza cubica ottenuti applicando le relazioni suddette ai valori di resistenza a rottura a compressione misurati sui campioni prelevati nel corso delle indagini.

Tabella 2-1 Riepilogo dei Risultati di Laboratorio ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini

Sigla di identificazione del provino	Elemento strutturale	Massa [kg]	Dimensioni provino [cm]		Area sezione [cm ²]	Tensione di rottura [N/mm ²]
			diametro	altezza		
C1	Pilastro - Piano Terra	2,757	9,4	18,9	69,36	6,10
C2	Pilastro - Piano Terra	2,841	9,4	19	69,36	9,34

Tabella 2-2 Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini Elaborazione Sistema Sismico Nazionale

Sistema Sismico Nazionale				
Sigla di identificazione del provino	Elemento strutturale	Tensione di rottura [N/mm ²]	fc [N/mm ²]	Rcm [N/mm ²]
C1	Pilastro - Piano Terra	6,10	8,43	10,15
C2	Pilastro - Piano Terra	9,34	12,93	15,57

Tabella 2-3 Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini Elaborazione Regione Toscana

Regione Toscana						
Sigla di identificazione del provino	Elemento strutturale	Tensione di rottura [N/mm ²]	Resistenza media in situ		Resistenza media convenzionale	
			fc [N/mm ²]	Rcm [N/mm ²]	fc [N/mm ²]	Rcm [N/mm ²]
C1	Pilastro - Piano Terra	6,10	6,18	7,45	8,70	10,48
C2	Pilastro - Piano Terra	9,34	9,48	11,42	13,34	16,07

Tabella 2-4 Riepilogo dei risultati ottenuti dai campioni prelevati nel corso delle indagini Elaborazione Regione Basilicata

Regione Basilicata				
Sigla di identificazione del provino	Elemento strutturale	Tensione di rottura [N/mm ²]	fc [N/mm ²]	Rcm [N/mm ²]
C1	Pilastro - Piano Terra	6,10	7,33	8,83
C2	Pilastro - Piano Terra	9,34	11,24	13,54

Si riportano di seguito le tabelle contenenti le foto del prelievo e del ripristino dei campioni e i valori di resistenza ottenuti dalle tre relazioni utilizzate per rapportare la resistenza della carota a quella che si otterrebbe da provini cilindrici prelevati dallo stesso getto.

<i>Carotaggio C1</i>			
<i>Elemento soggetto a prova</i>	<i>S.S.N. Rcm [N/mm²]</i>	<i>Regione Toscana Rcm [N/mm²]</i>	<i>Regione Basilicata Rcm [N/mm²]</i>
<i>Pilastro - Piano Terra</i>	10,15	10,48	8,83



Campione prelevato



Ripristino dopo il prelievo

<i>Carotaggio C2</i>			
<i>Elemento soggetto a prova</i>	<i>S.S.N. Rcm [N/mm²]</i>	<i>Regione Toscana Rcm [N/mm²]</i>	<i>Regione Basilicata Rcm [N/mm²]</i>
<i>Pilastro - Piano Terra</i>	15,57	16,07	13,54


Campione prelevato

Ripristino dopo il prelievo

3. PROVA PER LA DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE CON MARTINETTI PIATTI

3.1 Tecnica di esecuzione ed attrezzatura impiegata

Questa tecnica permette di valutare le caratteristiche meccaniche di una muratura attraverso l'analisi di sollecitazioni indotte e delle relative deformazioni.

In particolare la prova con un singolo martinetto piatto consente di stimare lo stato di sollecitazione locale in una muratura, mentre la prova condotta con l'utilizzo di due martinetti piatti consente una valutazione del legame costitutivo del concio di muratura indagato.

Attrezzature impiegate.

- Martinetti piatti semiovali 350 x 260 x 3,5 mm – fattore $K_m=0,94 \div 0,96$ (attestato dal produttore);
- Pompa oleodinamica Glötzl mod. M2H16 dotata di n° 2 Manometri WIKA classe 0,6 ad alta precisione;
- Deformometro meccanico bimillesimale Mayes Instruments Ltd con base 200 mm (fattore di gauge deformometro pari a 0,0009797);
- Mototroncatrice PARTNER K3600'alimentata da gruppo idraulico HP MARK 40 con lama eccentrica per tagli di profondità massima cm 26 e larghezza cm 35.



Pompa manuale Glötz



Deformometro Mayes



Mototroncatrice PARTNER e gruppo di alimentazione HP MARK 40

Prova con martinetto piatto per la misura della tensione normale in direzione verticale

La prova con un singolo martinetto piatto consente di stimare lo stato di sollecitazione locale in una muratura limitatamente alla tensione normale in direzione verticale.

Essa consiste nell'operare un taglio orizzontale nel pannello murario da indagare. Una volta operato il taglio si inserisce il martinetto piatto e mediante una pompa idraulica lo si mette in pressione gradualmente fino al completo annullamento della deformazione verificatasi a seguito del taglio.

Le misure di deformazione vengono effettuate mediante un deformometro bimillesimale su basi di lettura installate a cavallo del taglio.

Quando la pressione all'interno del martinetto è tale da riportare la muratura alla deformazione iniziale nella direzione normale al piano del martinetto è possibile risalire allo stato di sollecitazione della muratura nella stessa direzione, correlando il valore della pressione nel martinetto alla tensione nella muratura mediante due coefficienti correttivi che tengono rispettivamente conto del rapporto tra superficie del martinetto e quella del taglio e della rigidità del martinetto stesso.

Il valore dello stato di sollecitazione nel punto di prova è dato da:

$$\sigma = p K_m K_a$$

dove:

- p = pressione del fluido all'interno del martinetto piatto;
- K_m = costante del martinetto;
- $K_a = A_j/A_i$ (rapporto tra l'area del martinetto e quella del taglio).

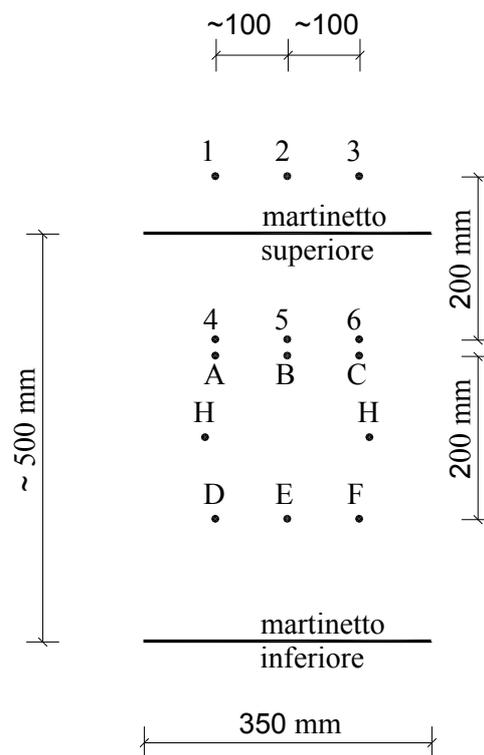
Prova con una coppia di martinetti piatti per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura (modulo elastico equivalente) e valutazione dello stato tensionale corrispondente all'incipiente collasso

Per la determinazione delle caratteristiche generalizzate di deformabilità delle murature si ricorre alla prova con doppio martinetto, che consiste nell'introdurre nella muratura un secondo martinetto piatto parallelo al primo e generalmente distante circa 50 cm.

La muratura compresa tra i due martinetti è soggetta alle massime sollecitazioni indotte dai martinetti stessi e generalmente costituisce il campione in cui si determina l'eventuale rottura. Lo stato di tensione in tale concio murario è direttamente correlato alla pressione dei martinetti e la direzione principale di tensione, corrispondente alla tensione normale estrema, è nella direzione ortogonale ai martinetti stessi.

La prova con doppio martinetto piatto può essere anche utilizzata per valutare la resistenza a compressione delle murature. A tale scopo il carico viene incrementato fino all'insorgere del comportamento plastico e il valore della resistenza a compressione della muratura può essere stimato con buona approssimazione mediante interpretazione della curva sforzi-deformazioni.

Per l'effettuazione delle prove con singolo e doppio martinetto piatto la parete, previa rimozione dell'intonaco, viene strumentata con i dischetti di riferimento, disposti con dima di base pari a 200 mm così come riportato nello schema successivo:



Schema 3-1 Disposizione delle basi di lettura

3.2 Risultati prova con martinetti piatti

3.2.1 Prova M1

La muratura è a tessitura irregolare ed è costituita da conci di media-grande pezzatura grossolanamente sbazzati in pietra di tufo e spessi giunti di malta.



Figura 3-1 Disposizione delle basi di lettura prima dell'effettuazione dei tagli

La prova per la determinazione della tensione di esercizio è stata effettuata secondo le modalità specificate nelle premesse. Il taglio, eseguito con troncatrice idraulica presentava una lunghezza, misurata sulla superficie del muro, di circa 40 cm, pertanto il coefficiente complessivo $k_m \times k_a$ è stato ritenuto pari a $0,95 \times 0,85$.

Il primo taglio è stato operato superiormente.



Figura 3-2 Parete con un solo martinetto inserito

La pressione nel martinetto è stata gradualmente incrementata fino al raggiungimento dello stesso livello di deformazione misurato prima che venisse operato il taglio.

Nella tabella seguente sono riportate le letture effettuate sulle basi poste a cavallo del taglio prima dell'esecuzione del taglio stesso e alla pressione di 2,5 bar che con buona approssimazione ripristinava la deformazione iniziale.

Pressione	Base 1-4	Base 2-5	Base 3-6
prima del taglio	7,07	7,02	6,93
alla pressione di 0,0 bar	6,87	6,82	6,50
alla pressione di 1,0 bar	6,92	6,90	6,70
alla pressione di 2,0 bar	7,02	7,00	6,89
alla pressione di 2,5 bar	7,07	7,04	6,93

Dalle misure effettuate si è pertanto osservato che il cedimento dovuto al taglio è stato ripristinato con una pressione di 2,5 bar cui corrisponde una tensione sulla parete in

muratura di 2,02 daN/cm².

La prova per la determinazione del modulo elastico della muratura è stata effettuata isolando un concio di muratura di circa 50 cm di altezza. Effettuato il taglio inferiore è stato disposto l'ulteriore martinetto.

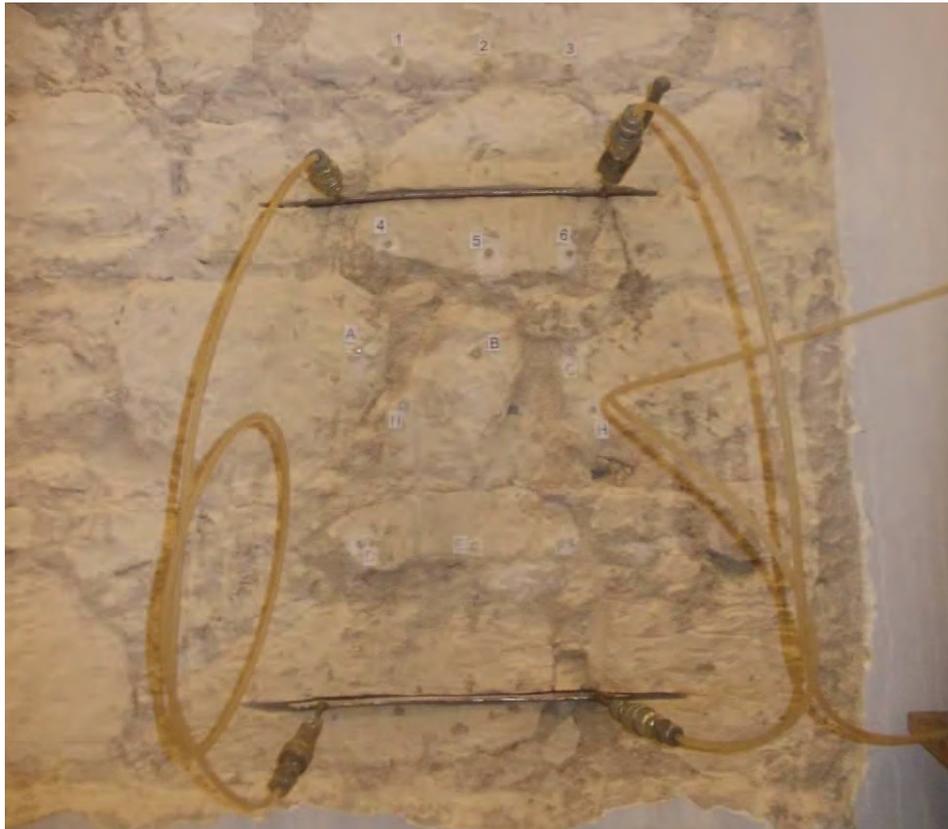


Figura 3-3 Parete con entrambi i martinetti inseriti

Le misure di pressione e di deformazione, opportunamente elaborate tenendo conto dei coefficienti K_m e K_a e della costante di conversione del deformometro sono riportati nelle tabelle successivamente riportate e denominate:

“tensioni-letture”

“tensioni-spostamenti”

“tensioni-deformazioni”

La prova è stata effettuata considerando tre cicli di carico e scarico.

“tensioni-letture”

pressione [bar]	tensione [daN/cm ²]	LETTURE			
		Base A-D	Base B-E	Base C-F	Base H-H
0	0,00	23,73	23,73	23,69	7,05
1	0,81	23,70	23,69	23,69	7,09
2	1,62	23,65	23,64	23,63	7,04
3	2,42	23,60	23,60	23,60	7,03
4	3,23	23,58	23,54	23,54	7,06
5	4,04	23,56	23,52	23,52	7,07
6	4,85	23,50	23,46	23,46	7,08
8	6,46	23,48	23,32	23,33	7,12
10	8,08	23,39	23,20	23,26	7,17
8	6,46	23,43	23,24	23,27	7,13
6	4,85	23,49	23,30	23,34	7,12
4	3,23	23,53	23,37	23,39	7,08
2	1,62	23,60	23,47	23,50	7,06
0	0,00	23,68	23,54	23,68	7,03
2	1,62	23,64	23,50	23,52	7,05
4	3,23	23,53	23,38	23,42	7,06
6	4,85	23,48	23,30	23,35	7,10
8	6,46	23,42	23,22	23,25	7,14
10	8,08	23,36	23,13	23,16	7,18
12	9,69	23,24	22,97	22,98	7,23
14	11,31	23,03	22,67	22,68	7,37
16	12,92	22,76	22,36	22,27	7,50
18	14,54	22,59	22,15	21,98	7,61
19,5	15,75	22,43	21,95	21,69	7,70
21,5	17,36	22,20	21,69	21,32	7,89
23	18,57	21,92	21,39	20,80	8,11
25,5	20,59	21,65	21,12	20,28	8,44
27	21,80	21,38	20,82	19,78	8,69
28,5	23,01	21,16	20,52	19,28	9,04
31	25,03	20,81	20,12	18,58	9,50
32	25,84	20,58	19,80	18,02	9,87
34	27,46	20,33	19,47	17,32	10,37
35	28,26	20,05	19,35	16,57	11,40
0	0,00	21,82	21,16	19,81	9,20

“tensioni-spostamenti”

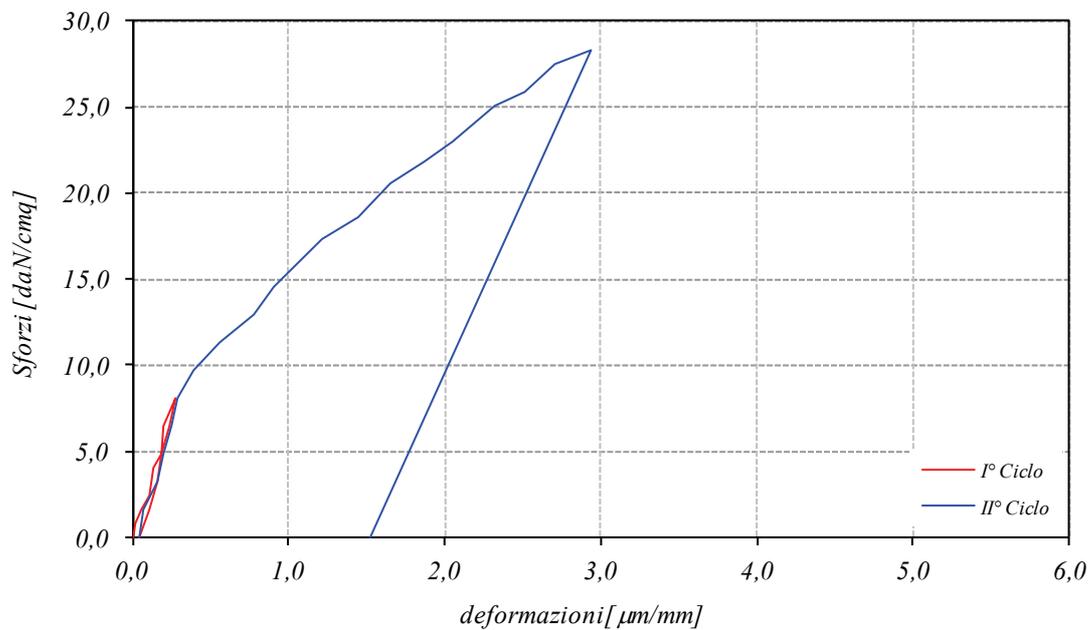
pressione [bar]	tensione [daN/cm ²]	spostamenti [μm]			
		Base A-D	Base B-E	Base C-F	Base H-H
0	0,00	0	0	0	0
1	0,81	5	6	0	-6
2	1,62	13	14	10	2
3	2,42	21	21	14	3
4	3,23	24	30	24	-2
5	4,04	27	33	27	-3
6	4,85	37	43	37	-5
8	6,46	40	65	57	-11
10	8,08	54	84	69	-19
8	6,46	48	78	67	-13
6	4,85	38	69	56	-11
4	3,23	32	57	48	-5
2	1,62	21	41	30	-2
0	0,00	8	30	2	3
2	1,62	14	37	27	0
4	3,23	32	56	43	-2
6	4,85	40	69	54	-8
8	6,46	49	81	70	-14
10	8,08	59	96	84	-21
12	9,69	78	121	113	-29
14	11,31	112	169	161	-51
16	12,92	155	218	226	-72
18	14,54	182	252	273	-89
19,5	15,75	207	284	319	-104
21,5	17,36	244	325	378	-134
23	18,57	289	373	461	-169
25,5	20,59	332	416	544	-222
27	21,80	375	464	623	-261
28,5	23,01	410	512	703	-317
31	25,03	465	575	815	-391
32	25,84	502	626	904	-450
34	27,46	542	679	1015	-529
35	28,26	587	698	1135	-693
0	0,00	304	410	618	-343

“tensioni-deformazioni”

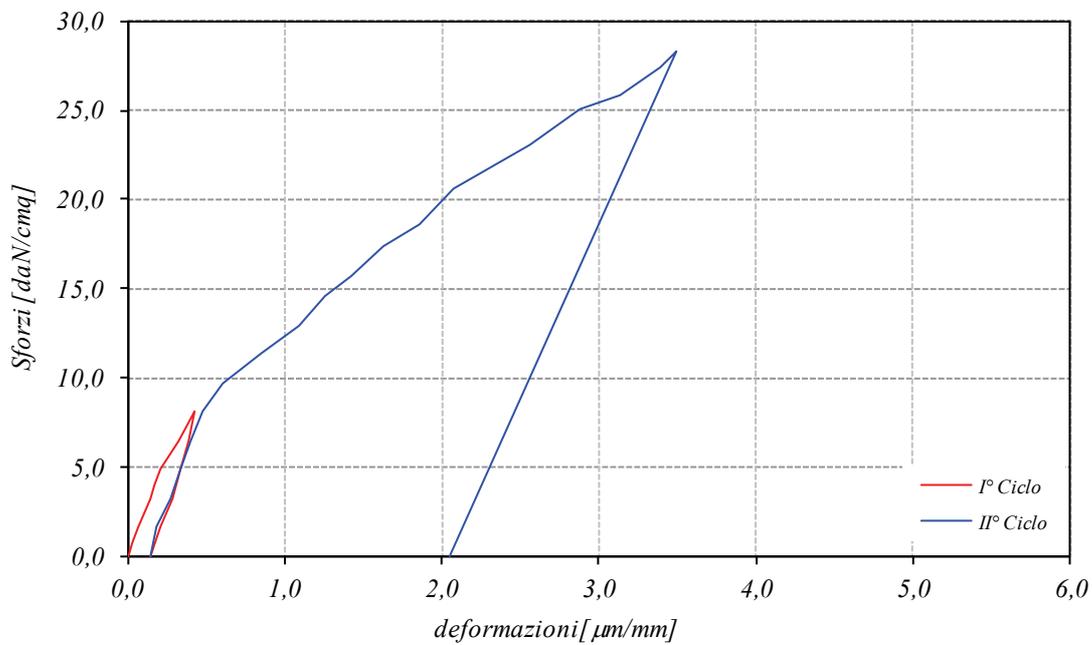
pressione [bar]	tensione [daN/cm ²]	deformazioni [μm/mm]			
		Base A-D	Base B-E	Base C-F	Base H-H
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,81	0,02	0,03	0,00	-0,03
2	1,62	0,06	0,07	0,05	0,01
3	2,42	0,10	0,10	0,07	0,02
4	3,23	0,12	0,15	0,12	-0,01
5	4,04	0,14	0,17	0,14	-0,02
6	4,85	0,18	0,22	0,18	-0,02
8	6,46	0,20	0,33	0,29	-0,06
10	8,08	0,27	0,42	0,34	-0,10
8	6,46	0,24	0,39	0,33	-0,06
6	4,85	0,19	0,34	0,28	-0,06
4	3,23	0,16	0,29	0,24	-0,02
2	1,62	0,10	0,21	0,15	-0,01
0	0,00	0,04	0,15	0,01	0,02
2	1,62	0,07	0,18	0,14	0,00
4	3,23	0,16	0,28	0,22	-0,01
6	4,85	0,20	0,34	0,27	-0,04
8	6,46	0,25	0,41	0,35	-0,07
10	8,08	0,29	0,48	0,42	-0,10
12	9,69	0,39	0,61	0,57	-0,14
14	11,31	0,56	0,84	0,80	-0,26
16	12,92	0,77	1,09	1,13	-0,36
18	14,54	0,91	1,26	1,36	-0,45
19,5	15,75	1,04	1,42	1,59	-0,52
21,5	17,36	1,22	1,63	1,89	-0,67
23	18,57	1,44	1,86	2,30	-0,84
25,5	20,59	1,66	2,08	2,72	-1,11
27	21,80	1,87	2,32	3,12	-1,31
28,5	23,01	2,05	2,56	3,51	-1,59
31	25,03	2,33	2,88	4,07	-1,95
32	25,84	2,51	3,13	4,52	-2,25
34	27,46	2,71	3,40	5,08	-2,65
35	28,26	2,93	3,49	5,67	-3,47
0	0,00	1,52	2,05	3,09	-1,71

Nella seguenti figure sono riportati le curve sforzi-deformazioni.

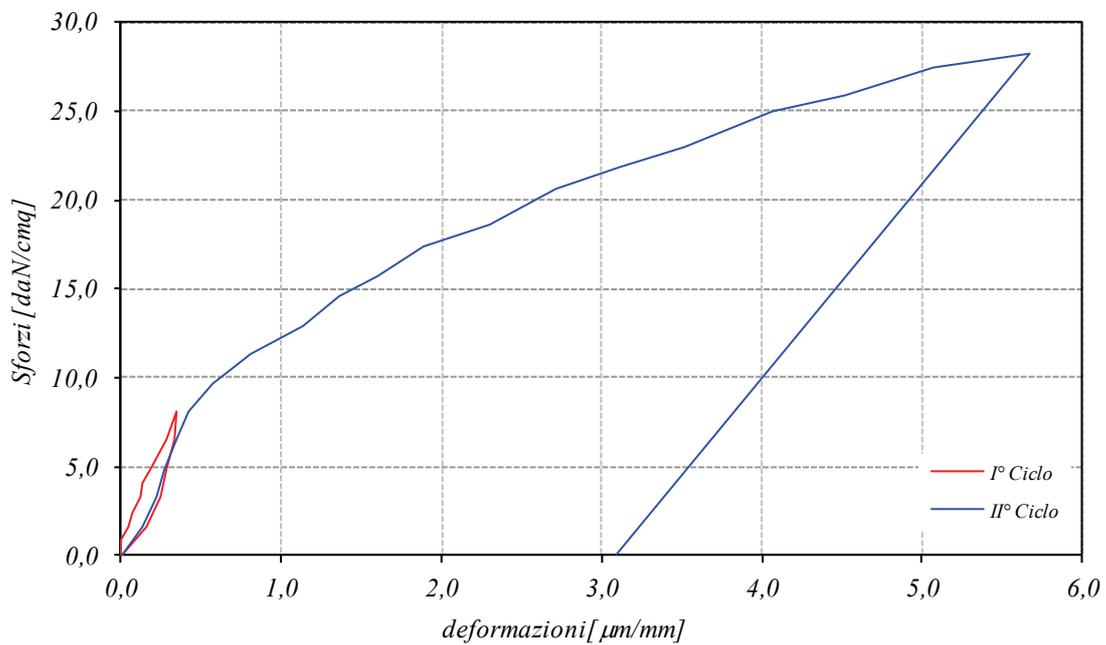
Base AD



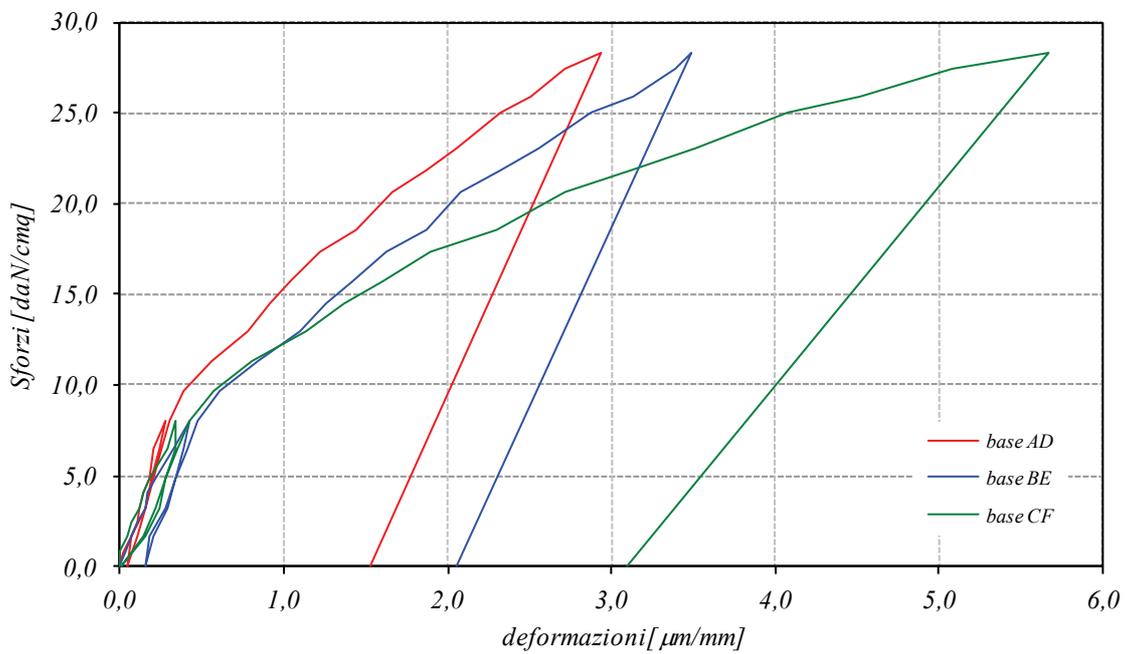
Base BE



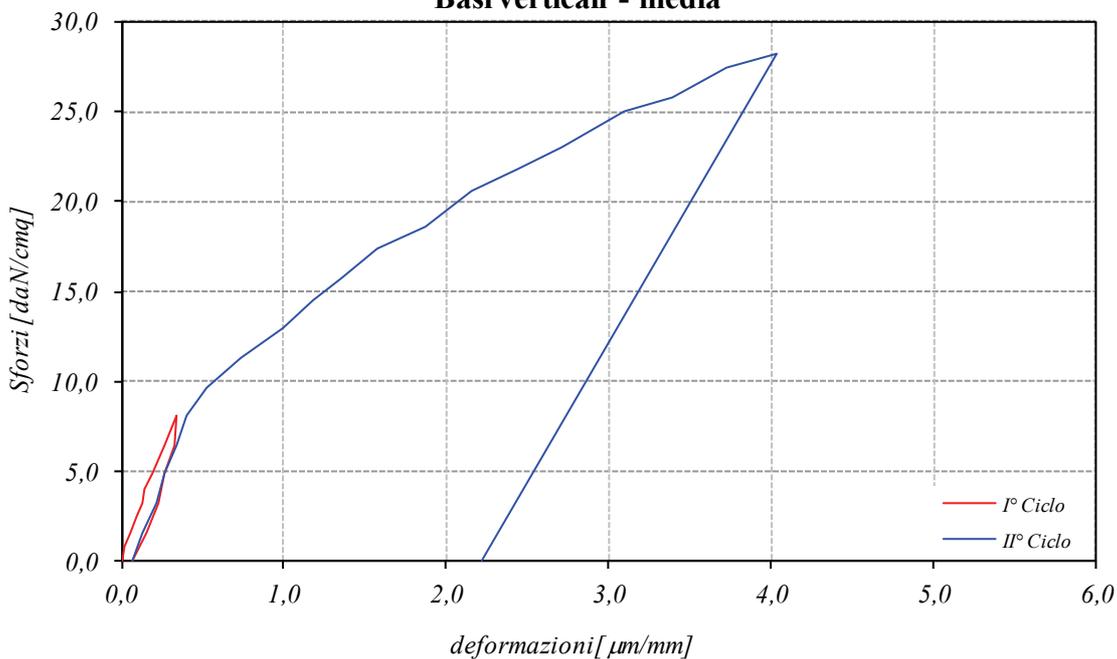
Base CF



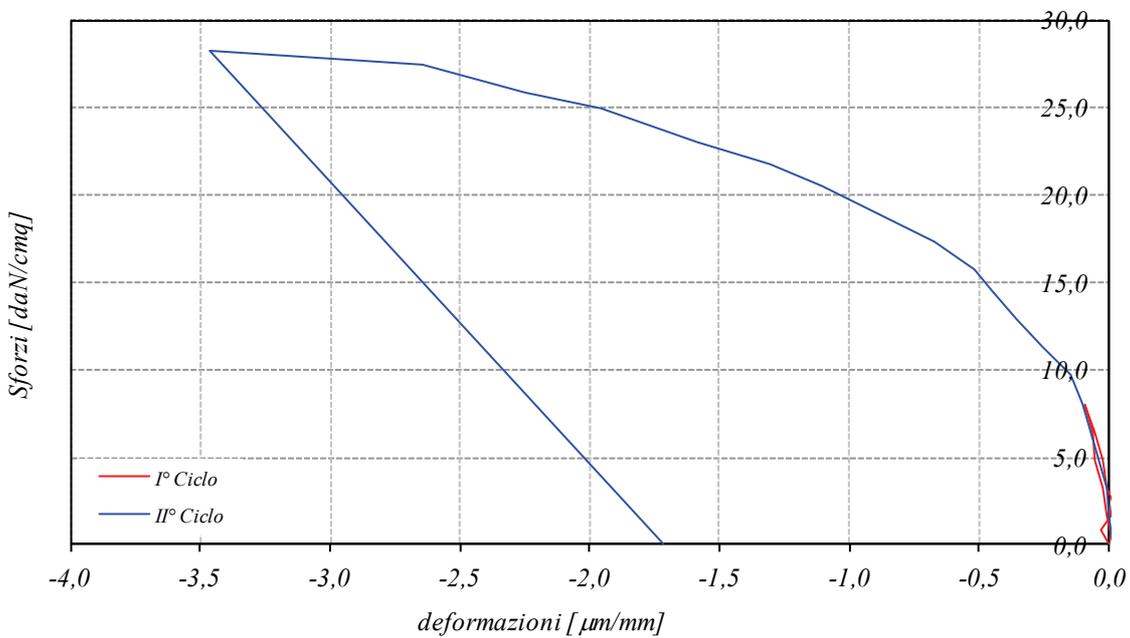
Basi verticali



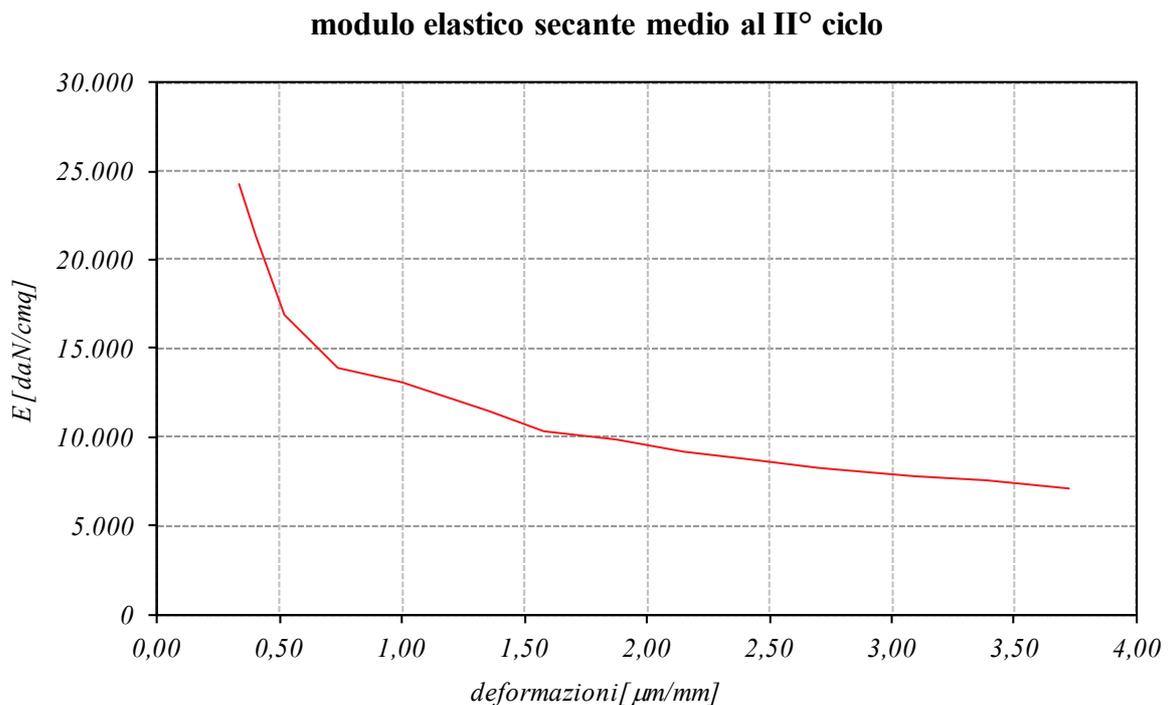
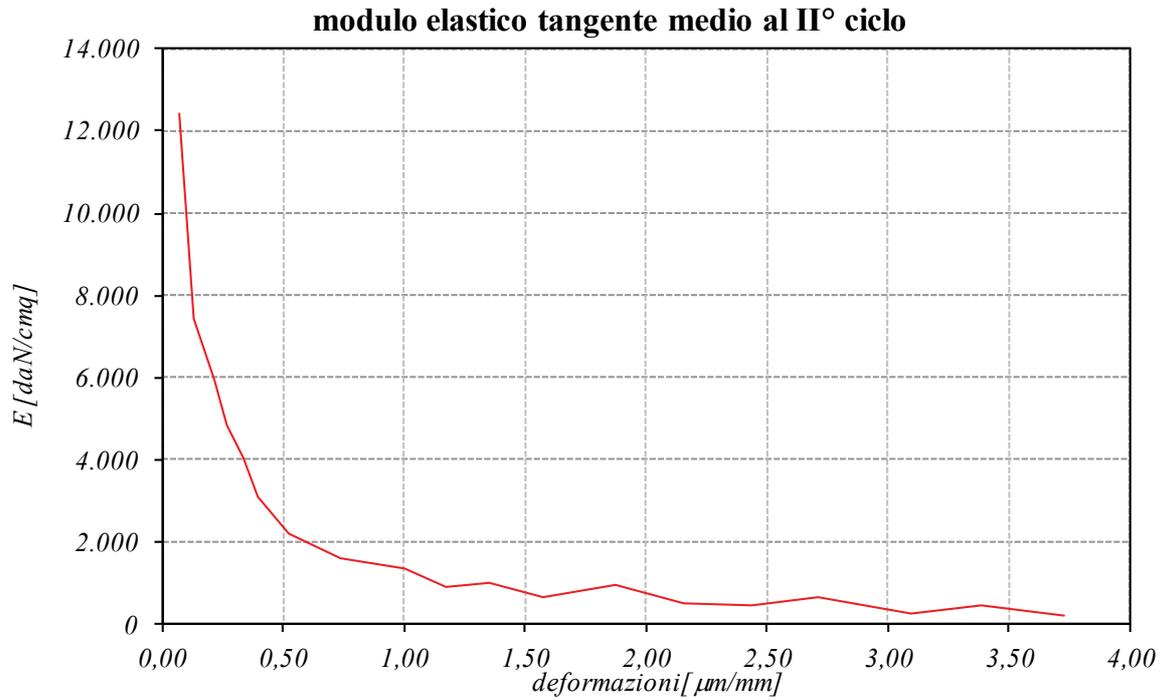
Basi verticali - media



Base orizzontale HH



Nelle successive figure è riportato l'andamento del modulo elastico tangente e secante, riferito alla curva sforzi-deformazioni ottenuta dalla media delle letture effettuate sulle basi verticali.





Come si evince dalle tabelle e dai grafici e riportati la prova è stata interrotta in corrispondenza della pressione massima di 35 bar corrispondente ad una stima di tensione pari a $28,26 \text{ daN/cm}^2$ a causa della rottura del martinetto superiore.

4. SAGGI DIRETTI

4.1 Tecnica di esecuzione e rilievi fotografici

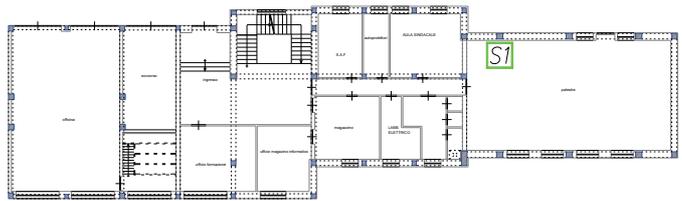
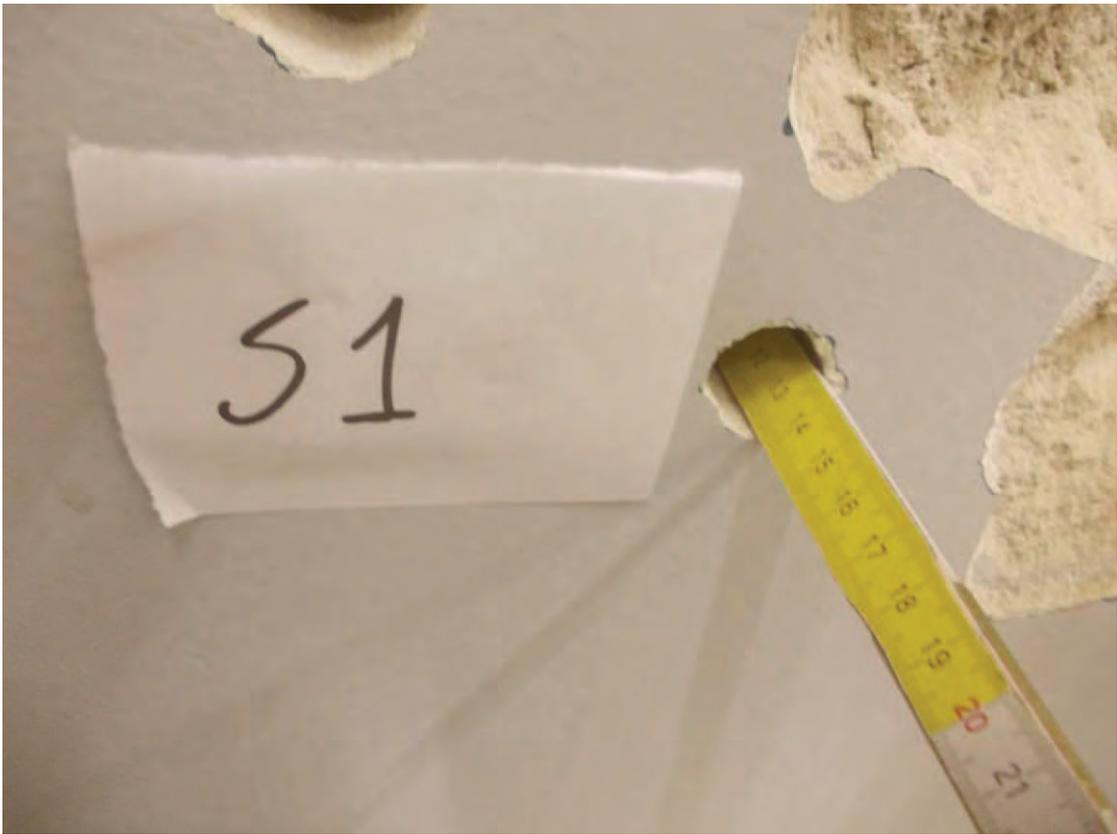
Saggi su elementi in muratura

Al fine di verificare le tipologie costruttive dei paramenti murari dell'edificio oggetto di indagine, sono stati effettuati dei saggi diretti su alcuni di questi elementi strutturali; per ciascuno di questi paramenti murari è stata asportato l'intonaco mettendo a nudo la costituzione superficiale della. Si è proceduto quindi ad un rilievo fotografico inquadrando la porzione di muratura messa a nudo.

Di seguito sono riportati i risultati e le foto dei saggi effettuati.

4.2 Saggi su solaio

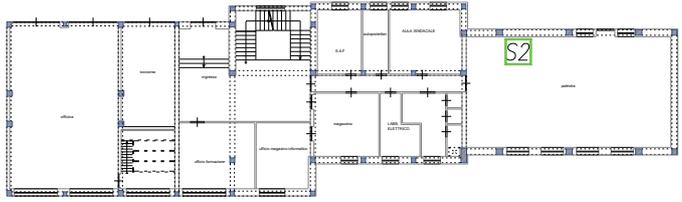
4.2.1 SAGGIO S1

<i>SAGGIO S1</i>	
<i>Livello 2</i>	<i>Piano Terra</i>
<i>Breve descrizione</i>	<i>Ubicazione dell'indagine</i>
<p>Nel saggio riportato si evidenzia lo spessore esterno del copriferro sul pilastro pari a circa cm 13,5 compreso lo strato di intonaco esterno.</p> <p>A tale profondità è stata intercettata una barra di armatura.</p>	
	

SAGGIO S1



4.2.2 SAGGIO S2

SAGGIO S2	
<i>Livello 2</i>	<i>Piano Terra</i>
<i>Breve descrizione</i>	<i>Ubicazione dell'indagine</i>
<p>Presenza di un cordolo in c.a. al livello del primo piano, che sovrasta la muratura.</p>	
	

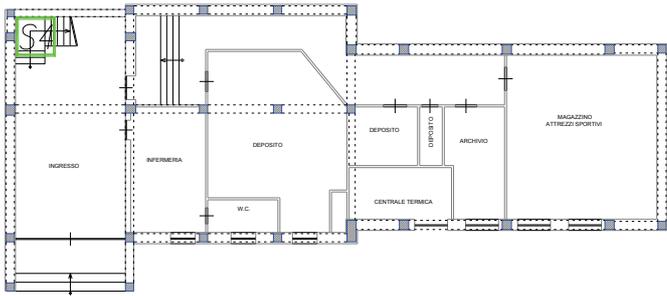
4.2.3 SAGGIO S3

SAGGIO S3	
<i>Livello 2</i>	<i>Piano Terra</i>
<i>Breve descrizione</i>	<i>Ubicazione dell'indagine</i>
<p>Si evidenzia la presenza di un unico architrave in c.a. tra le finestre</p>	
	

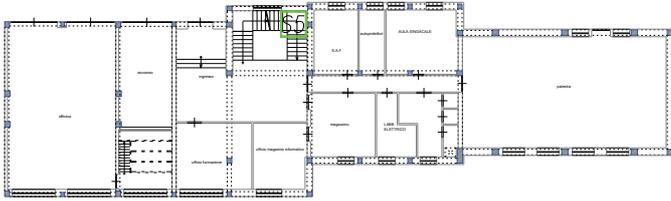
SAGGIO S3



4.2.4 SAGGIO S4

SAGGIO S4	
<i>Livello 1</i>	<i>Piano Seminterrato</i>
<i>Breve descrizione</i>	<i>Ubicazione dell'indagine</i>
<p>Ammorsamento tra le pareti del vano scala al piano seminterrato.</p> <p>La muratura è a tessitura irregolare ed è costituita da conci di media-grande pezzatura grossolanamente sbazzati in pietra di tufo e spessi giunti di malta.</p>	
	

4.2.5 SAGGIO S5

<i>SAGGIO S5</i>	
<i>Livello 2</i>	<i>Piano Terra</i>
<i>Breve descrizione</i>	<i>Ubicazione dell'indagine</i>
<p>Mancato ammorsamento tra le pareti del vano scala al piano terra.</p> <p>Si evidenzia la presenza di una parete a tessitura irregolare costituita da conci di media-grande pezzatura grossolanamente sbozzati in pietra di tufo e spessi giunti di malta. Tale parete è sovrastata da una trave in calcestruzzo armato che continua all'interno dell'angolo stonacato. Sulla trave è presente una muratura in blocchi forati e alleggeriti di calcestruzzo.</p> <p>La parete ortogonale ha la stessa fattura di quella precedentemente descritta ma non è presente alcuna trave di piano che divide le due murature e non risulta alcuna connessione con la parete ortogonale.</p>	

SAGGIO S5



SAGGIO S5



SAGGIO S5



SAGGIO S5



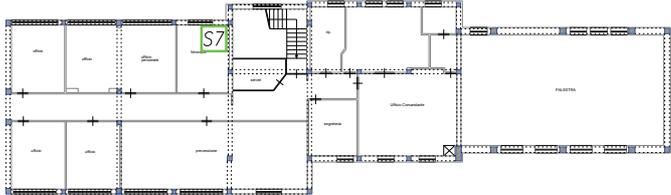
4.2.6 SAGGIO S6

<i>SAGGIO S6</i>	
<i>Livello 2</i>	<i>Piano Terra</i>
<i>Breve descrizione</i>	<i>Ubicazione dell'indagine</i>
<p>La foto evidenzia la mancanza di cerchiatura dei vani finestra e del cordolo di piano sul vano scala</p> <p>La parete perimetrale è a tessitura irregolare costituita da conci di media-grande pezzatura grossolanamente sbazzati in pietra di tufo e spessi giunti di malta. Tale parete al piano superiore presenta una muratura in blocchi forati e alleggeriti di calcestruzzo.</p>	

SAGGIO S6

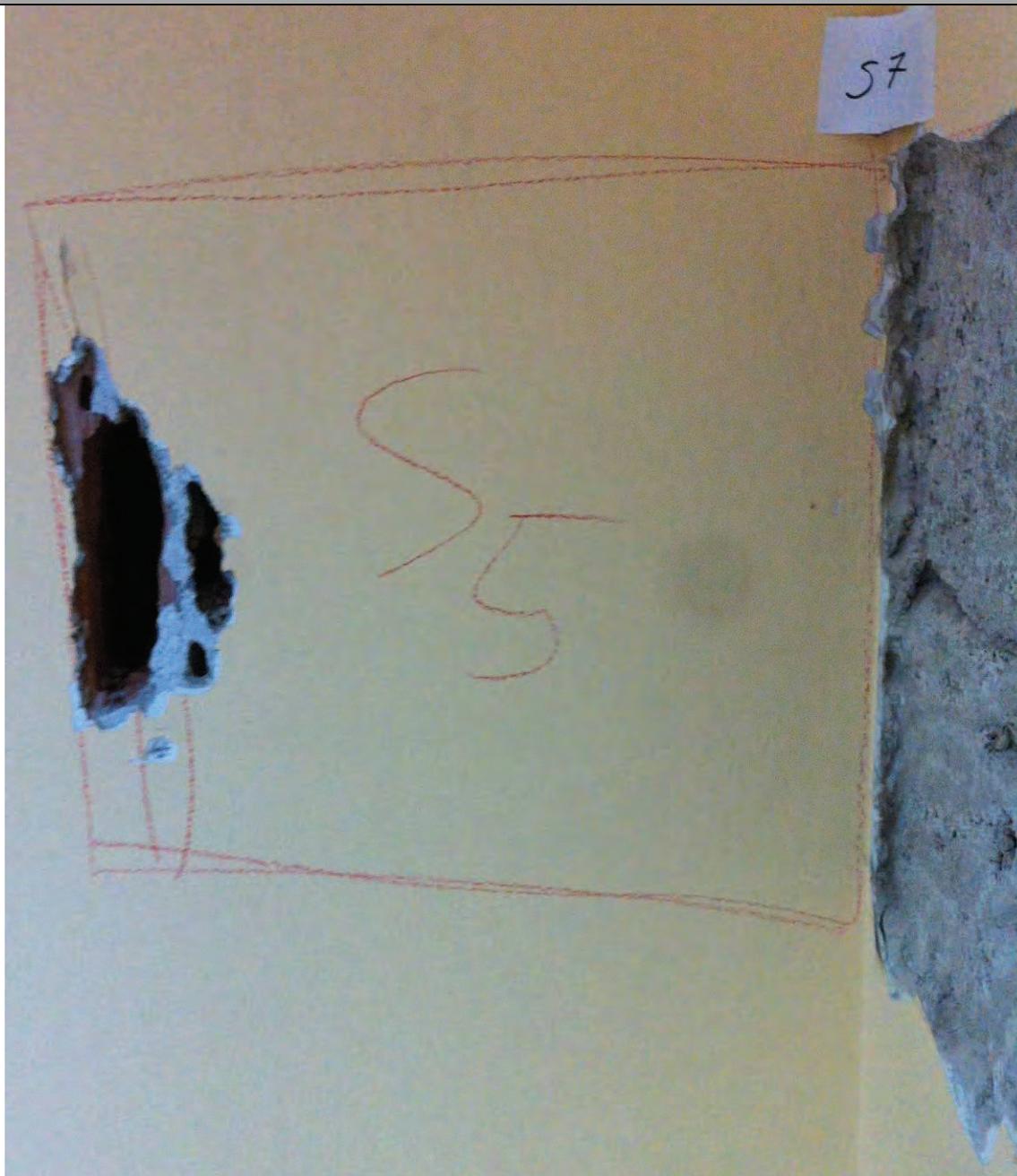


4.2.7 SAGGIO S7

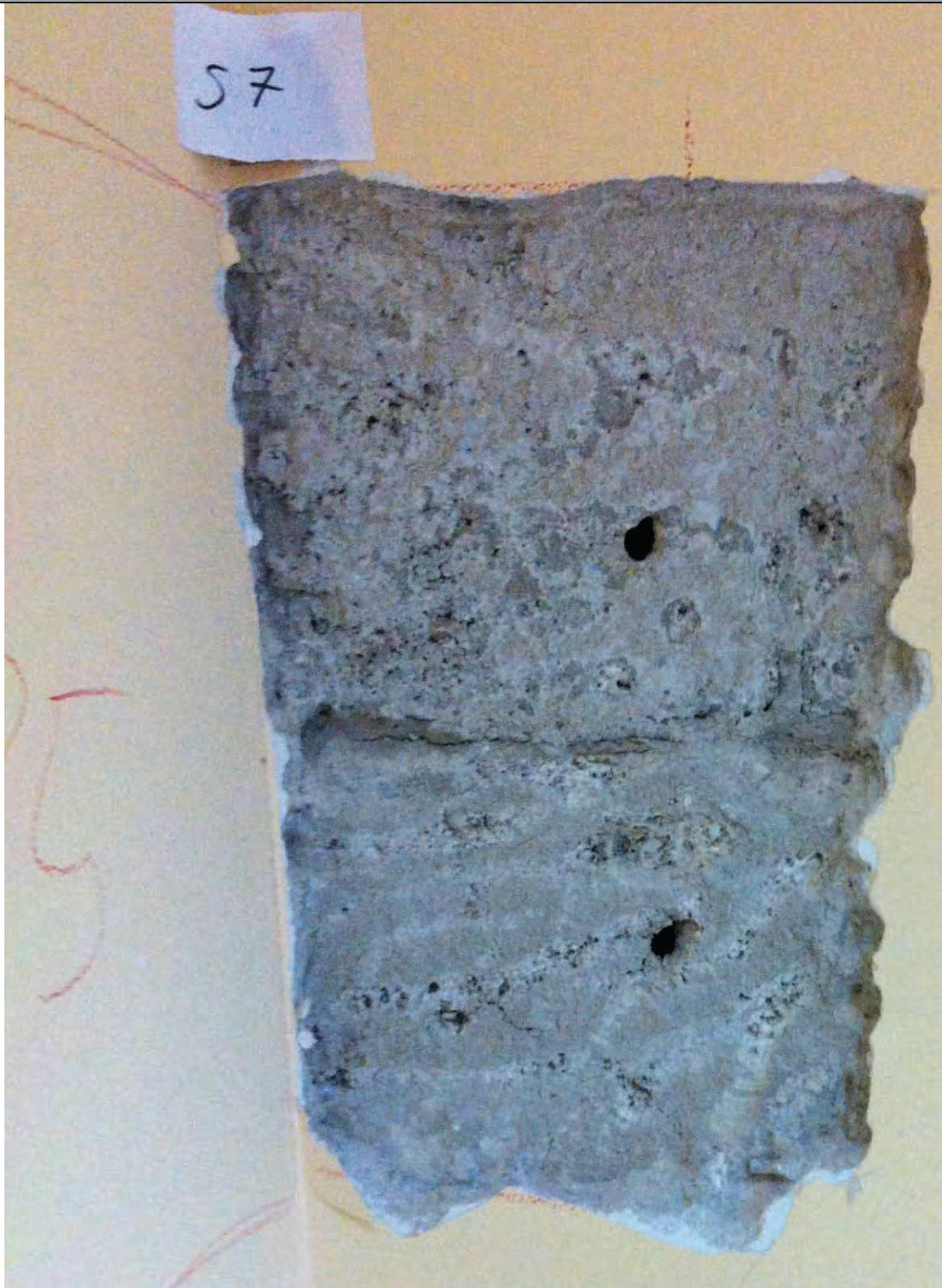
<i>SAGGIO S7</i>	
<i>Livello 3</i>	<i>Piano Primo</i>
<i>Breve descrizione</i>	<i>Ubicazione dell'indagine</i>
<p>La foto evidenzia la presenza di una muratura in blocchi forati e alleggeriti di calcestruzzo al piano primo sul fronte del vano scala, mentre la presenza di blocchi di laterizio forato sul prospetto principale.</p>	



SAGGIO S7



SAGGIO S7



5. INDAGINI ENDOSCOPICHE

5.1 Tecnica di esecuzione e strumentazione utilizzata

La videoendoscopia è una tecnica di controllo visivo a distanza, che tramite l'impiego di una sonda flessibile consente di visualizzare la costituzione interna della muratura al fine di potere individuarne la stratigrafia o la presenza di eventuali discontinuità, cavità etc, con osservazione delle immagini su schermo video in tempo reale. Il diametro ridotto della sonda permette di accedere all'interno di strutture anche geometricamente complesse.



Figura 5-1 Strumentazione utilizzata

Il sistema si basa sull'utilizzo di una sonda a fibre ottiche, che può venire inserita in cavità di spessore inferiore ad 1 cm. Tale sonda è munita all'estremità di una microtelecamera con sensore ad elevata luminosità ed è collegata ad un piccolo schermo LCD ad alta risoluzione, che consente di visualizzare le riprese a colori e in tempo reale. La movimentazione della telecamera viene effettuata tramite un joystick posizionato sull'impugnatura della videosonda, che ne permette la regolazione con angolazioni fino a 150°. Un sistema di orientamento, riferimento e misura degli oggetti inquadrati permette di seguire con estrema precisione il tragitto dell'obiettivo.

Immagini e videoriprese possono essere registrate per successive elaborazioni.



Figura 5-2 Schermo LCD ad alta risoluzione



Figura 5-3 Joystick che permette la movimentazione della telecamera



Figura 5-4 Regolazione della telecamera con angolazioni fino a 150°

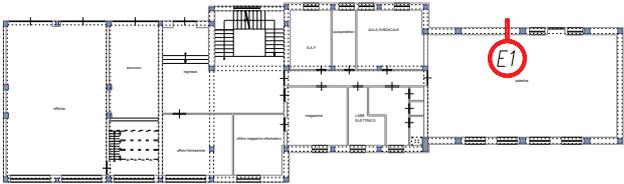
Una volta effettuato il foro, in direzione ortogonale alla faccia del paramento, si è proceduto, dapprima alla pulizia del foro stesso mediante getto d'acqua a pressione, quindi all'introduzione in foro della sonda a fibre ottiche e di adeguato riscontro metrico.

Per ogni foro indagato sono di seguito riportate le riprese fotografiche effettuate a diverse profondità con intervalli di circa 5 cm.

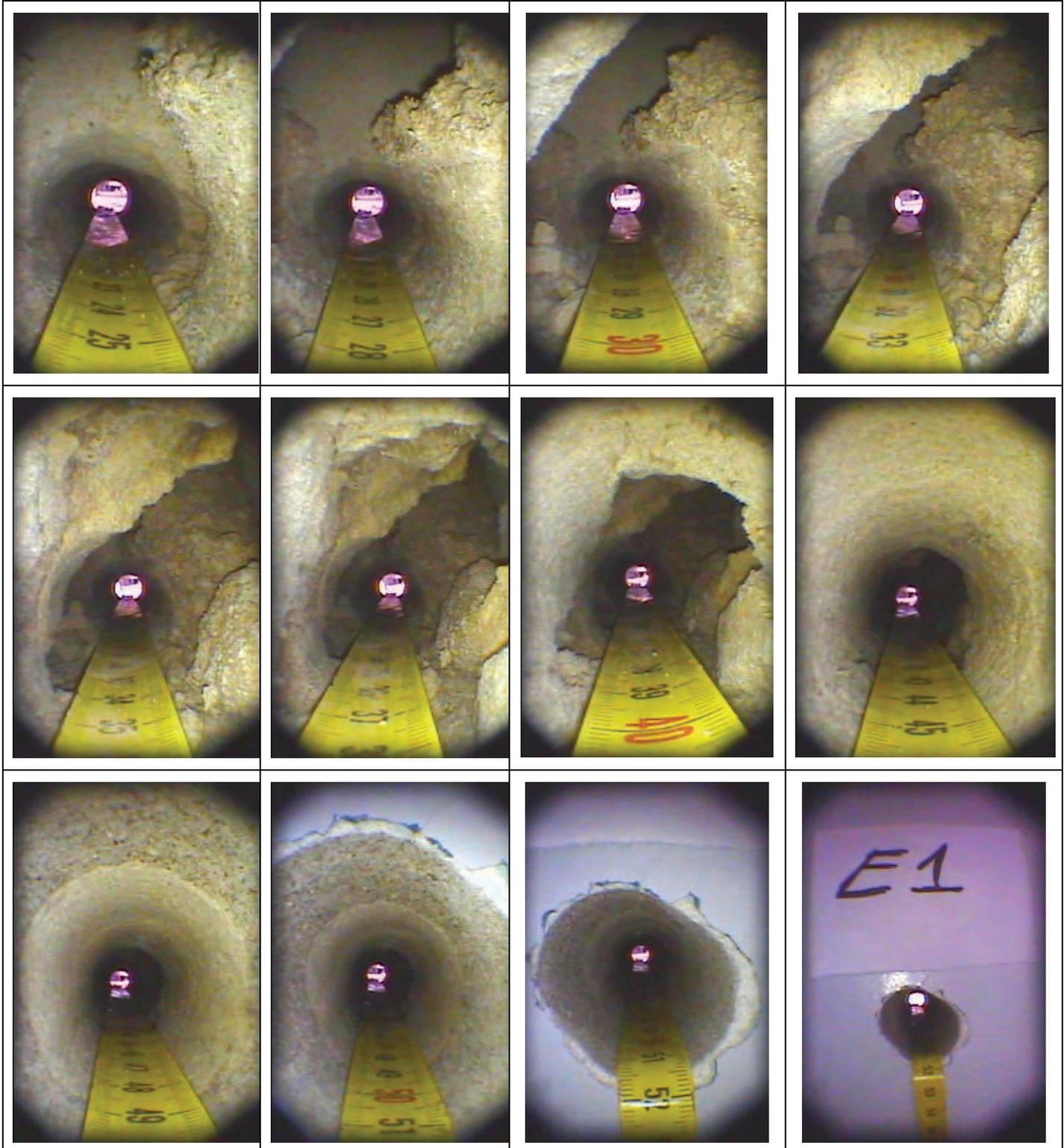
Oltre alle riprese fotografiche sono state effettuate delle riprese filmate entro il foro (endoscopia dinamica).

5.2 Endoscopie su pareti in muratura

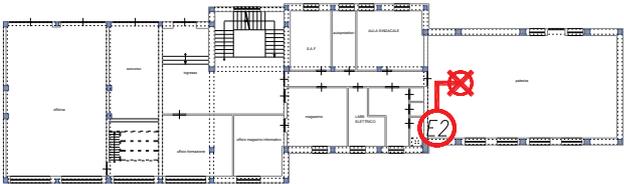
5.2.1 ENDOSCOPIA E1

<i>Indagine Endoscopica E1</i>			
<i>Livello 2</i>	<i>Piano Terra</i>		
<i>Ubicazione dell'indagine</i>	<i>Breve descrizione</i>		
	<p>Lo spessore della muratura indagata è di circa cm 52.</p> <p>L'indagine endoscopica evidenzia i due paramenti esterni, il primo cm 0÷21, che rappresenta il paramento esterno, mentre il secondo cm 39÷50, che rappresenta il paramento interno. Sono presenti cavità tra i due paramenti, cm 21÷39, dovuti alla presenza di materiale di riempimento.</p> <p>Maggiori dettagli si possono desumere dall'endoscopia dinamica allegata nel CD.</p>		
			
			

Indagine Endoscopica E1



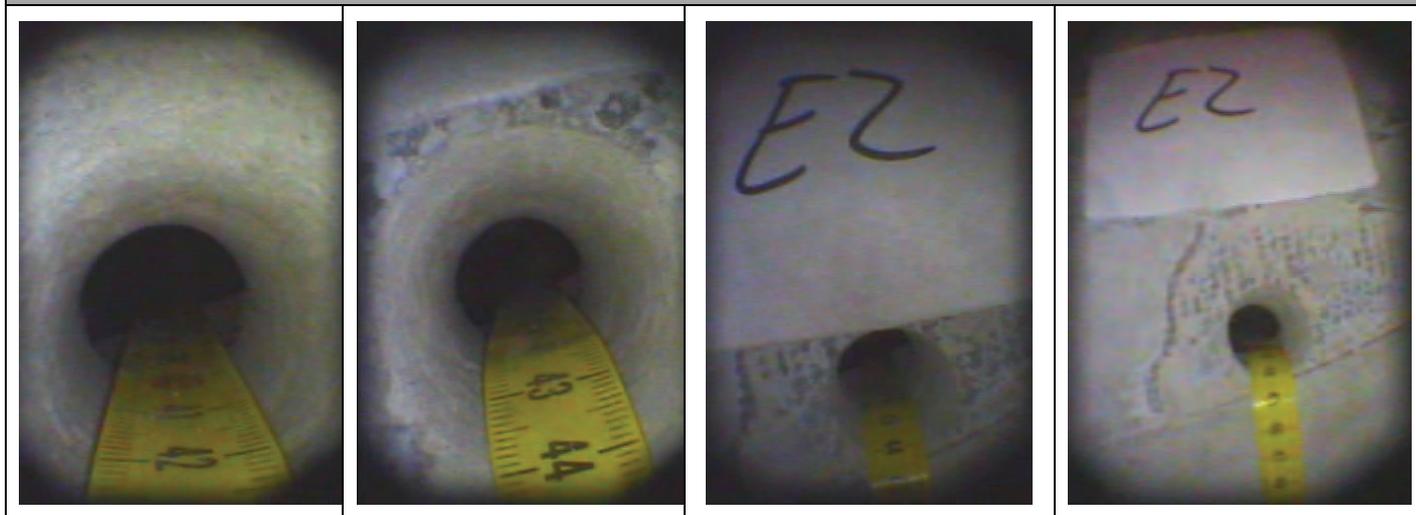
5.2.2 ENDOSCOPIA E2

<i>Indagine Endoscopica E2</i>			
<i>Livello 2</i>	<i>Piano Terra</i>		
<i>Ubicazione dell'indagine</i>	<i>Breve descrizione</i>		
	<p>Lo spessore indagato è di circa cm 43,5.</p> <p>L'indagine endoscopica evidenzia la sezione del solaio di calpestio della palestra.</p> <p>Si evidenzia la presenza di una tavella inferiore di circa cm 3,0 (cm 0÷3), di un tratto vuoto di spessore di circa cm 31 (cm 3÷34), di un tratto di circa cm 4 (cm 34÷38) una possibile tavella superiore e una solettina di circa cm 5 (cm 38÷43). Su essa è incollato un pavimento in pvc di circa cm 0,5.</p> <p>Maggiori dettagli si possono desumere dall'endoscopia dinamica allegata nel CD.</p>		
			

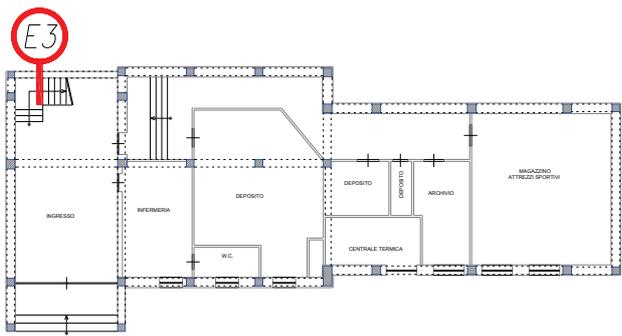
Indagine Endoscopica E2



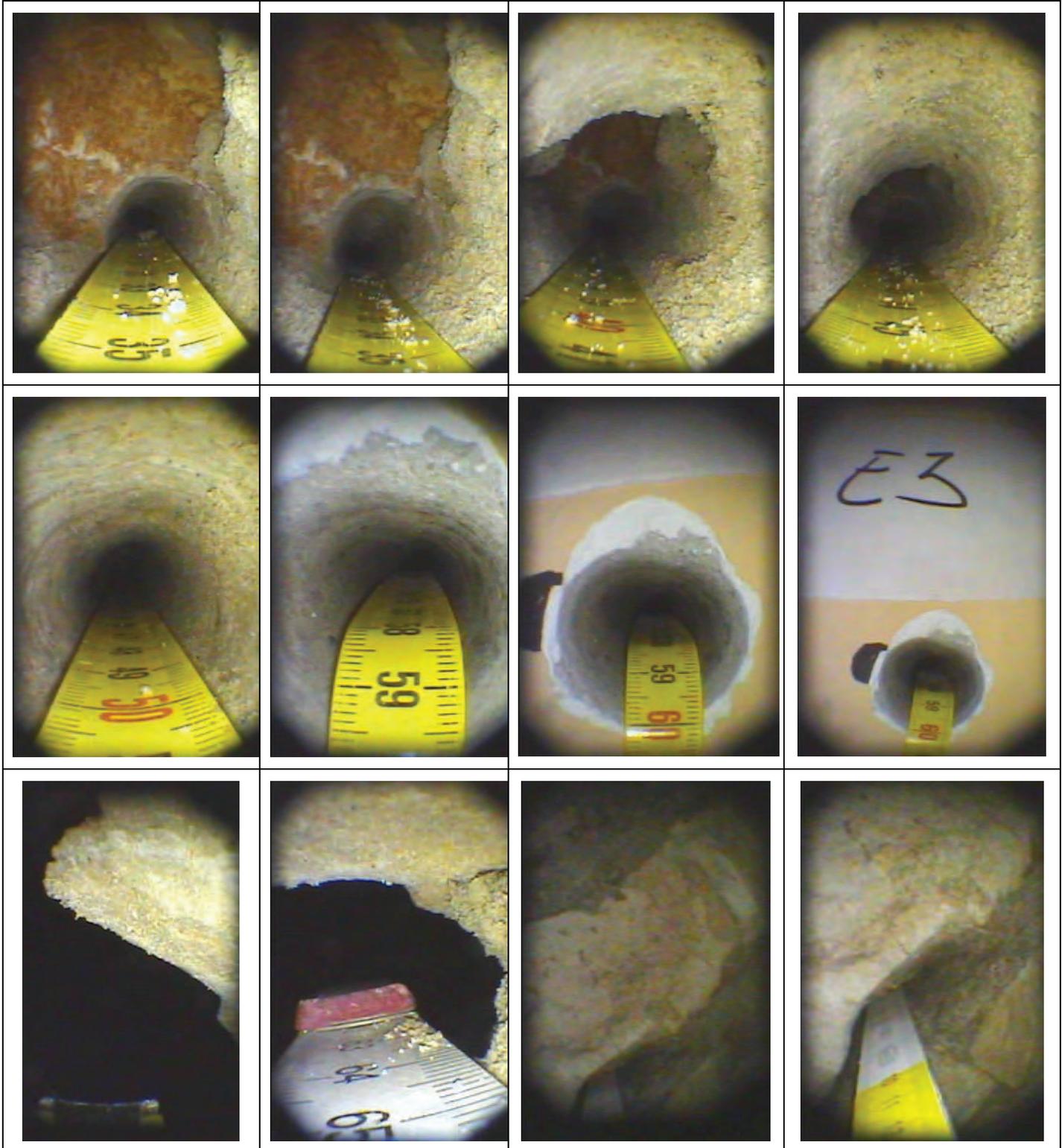
Indagine Endoscopica E2



5.2.3 ENDOSCOPIA E3

<i>Indagine Endoscopica E3</i>			
<i>Livello 1</i>	<i>Piano Seminterrato</i>		
<i>Ubicazione dell'indagine</i>	<i>Breve descrizione</i>		
	<p>Lo spessore della muratura indagata è di circa cm 60.</p> <p>La muratura è a tessitura irregolare ed è costituita da conci irregolari in pietra di tufo disposti disordinatamente e spessi giunti di malta.</p> <p>Si evidenzia il primo strato di cm 3÷29, successivamente è presente uno strato di vuoti e infine uno strato esterno di cm 39÷58.</p> <p>Maggiori dettagli si possono desumere dall'endoscopia dinamica allegata nel CD.</p>		
			
			

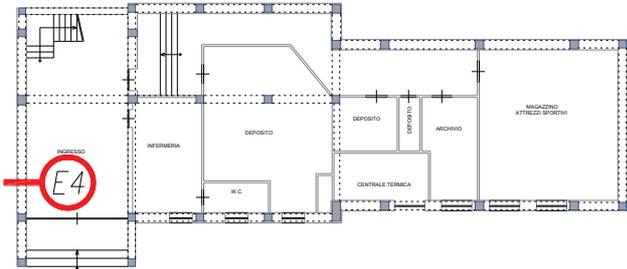
Indagine Endoscopica E3



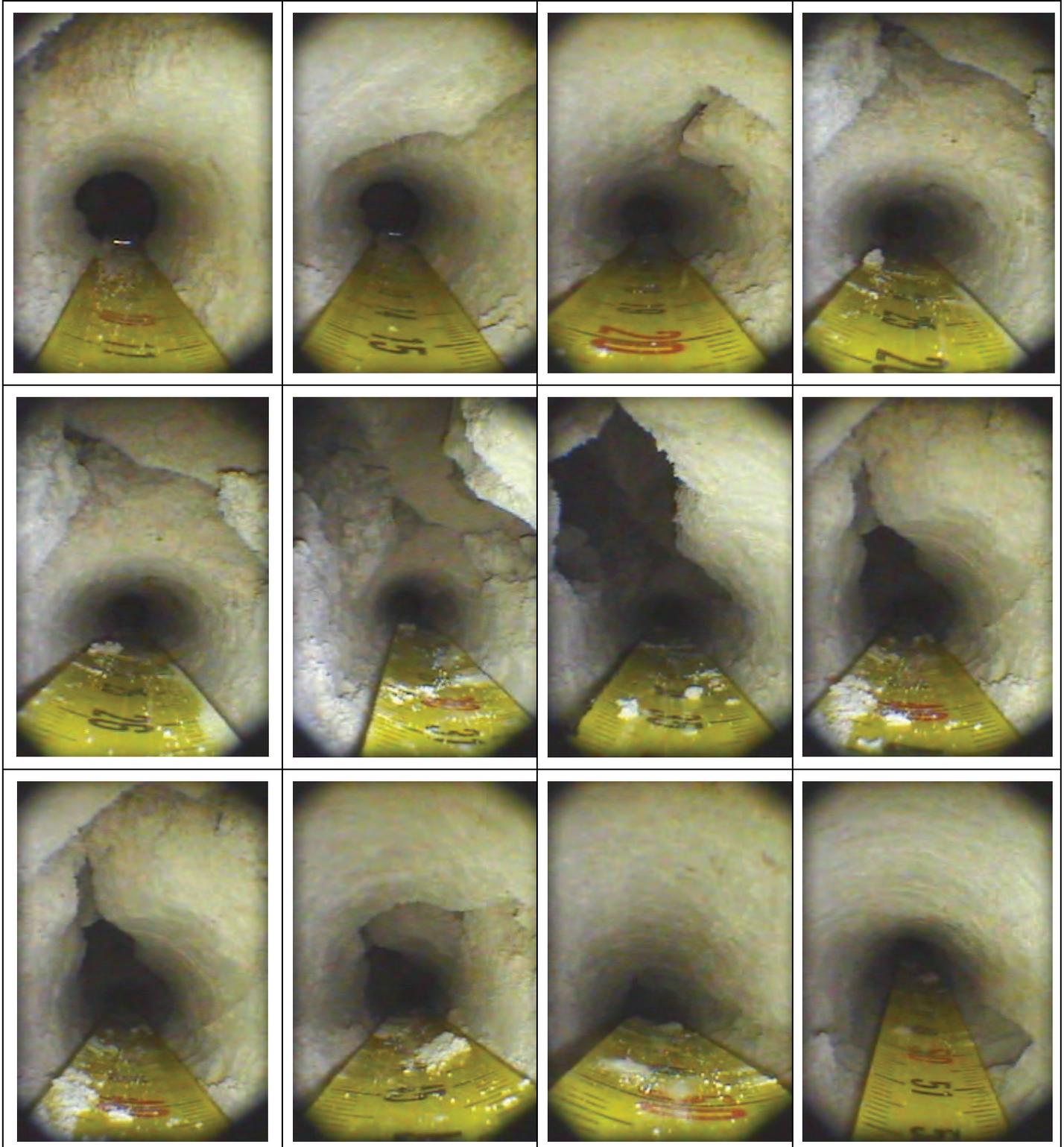
Indagine Endoscopica E3



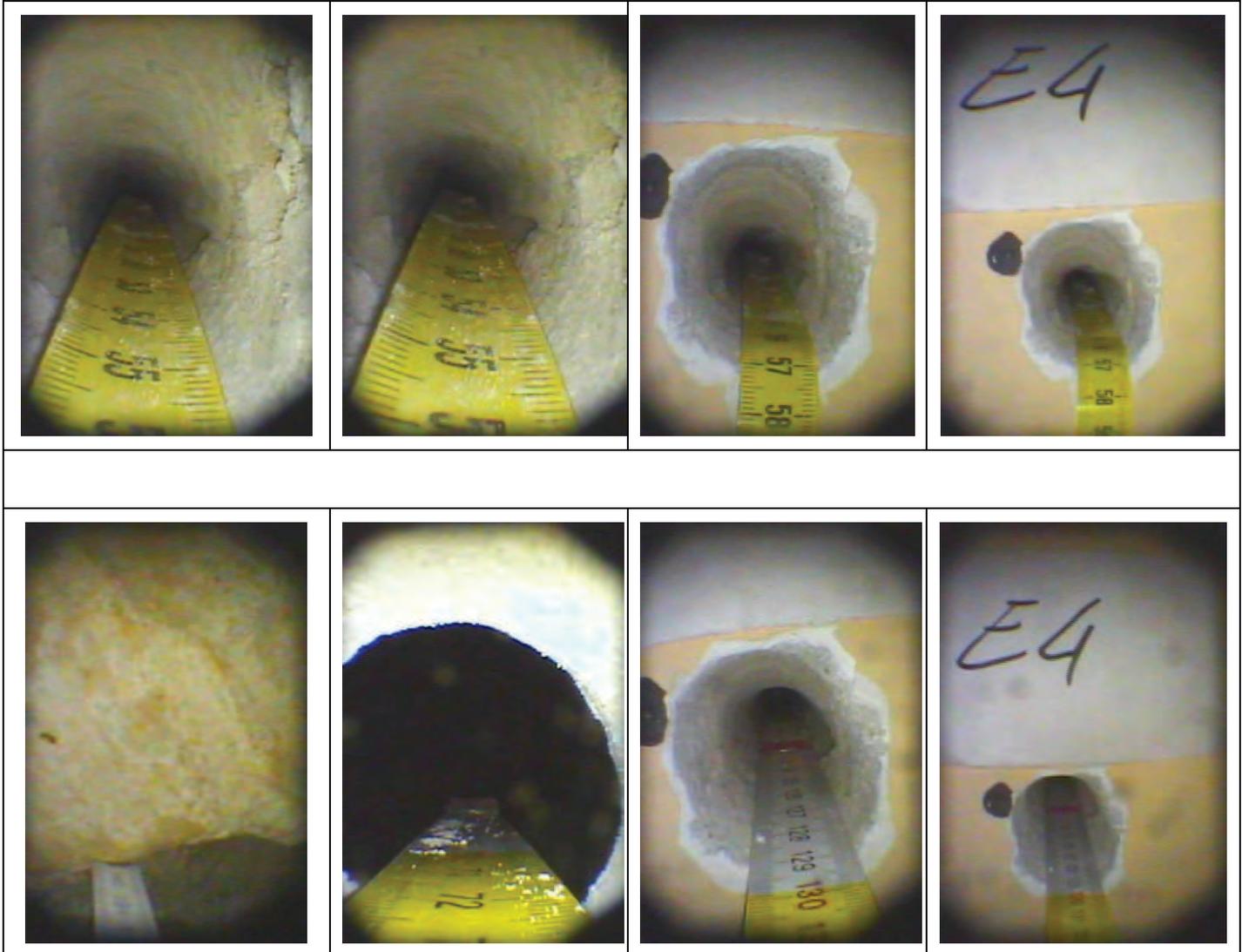
5.2.4 ENDOSCOPIA E4

<i>Indagine Endoscopica E4</i>			
<i>Livello 1</i>	<i>Piano Seminterrato</i>		
<i>Ubicazione dell'indagine</i>	<i>Breve descrizione</i>		
	<p>Lo spessore della muratura indagata è di circa cm 57.</p> <p>La muratura è a tessitura irregolare ed è costituita da conci irregolari in pietra di tufo disposti disordinatamente e spessi giunti di malta.</p> <p>L'indagine endoscopica evidenzia la presenza di molte cavità nel paramento indagato.</p> <p>L'indagine endoscopica è stata ripetuta inserendo un metro rigido fino a toccare il paramento posteriore. Si mette in evidenza la presenza di un'intercapedine di circa cm 72.</p> <p>Maggiori dettagli si possono desumere dall'endoscopia dinamica allegata nel CD.</p>		
			

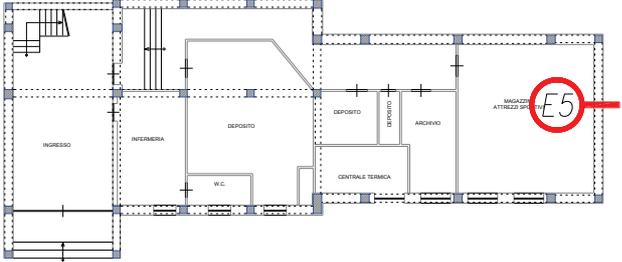
Indagine Endoscopica E4



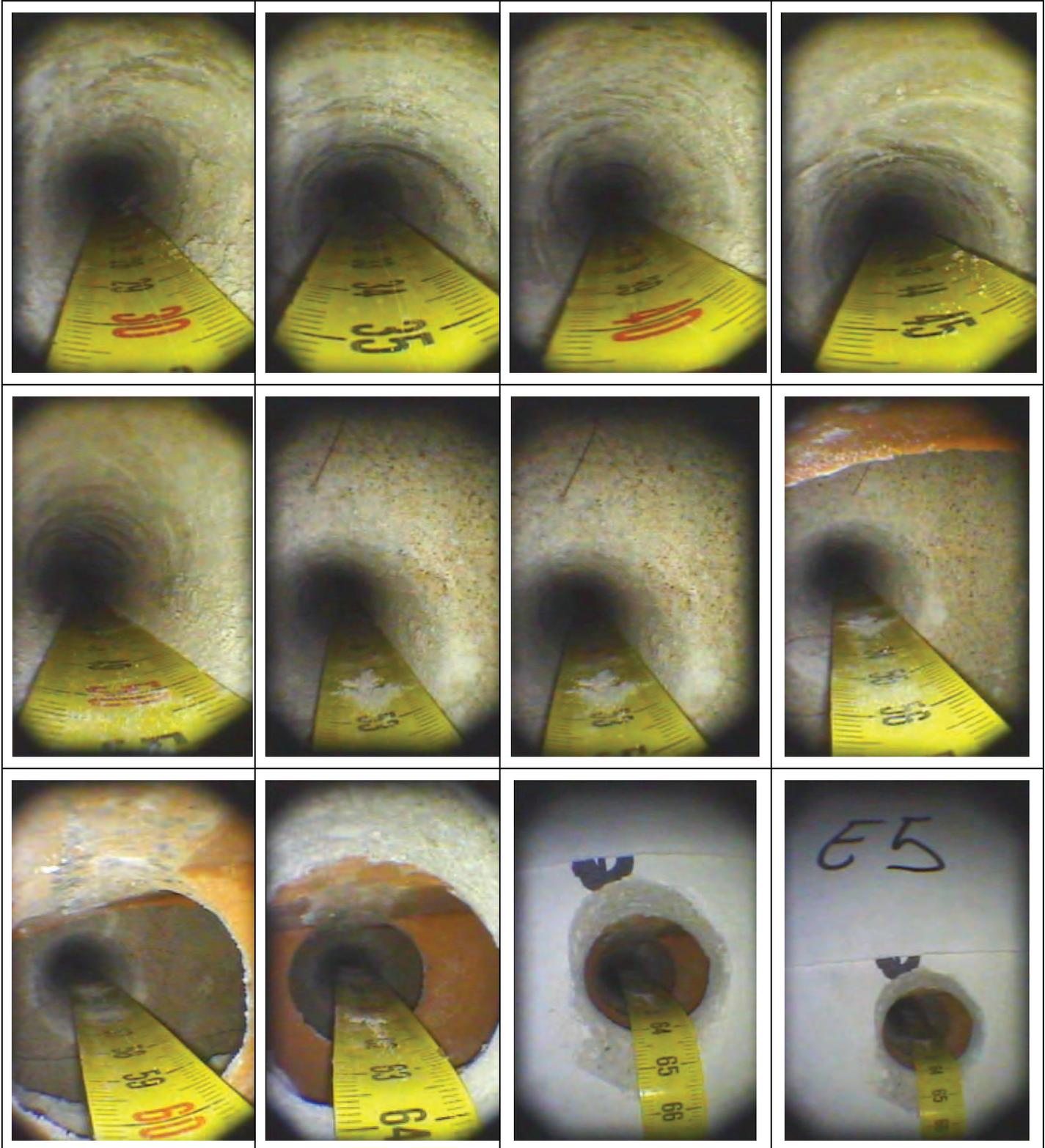
Indagine Endoscopica E4



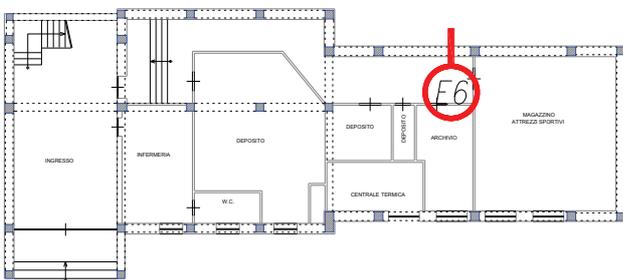
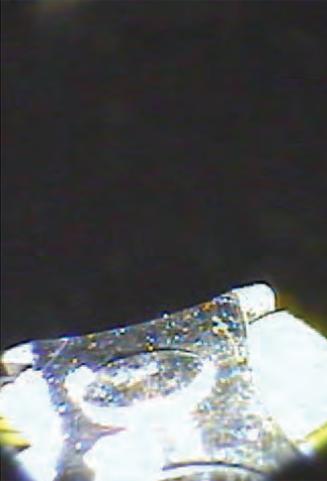
5.2.5 ENDOSCOPIA E5

<i>Indagine Endoscopica E5</i>			
<i>Livello 1</i>	<i>Piano Seminterrato</i>		
<i>Ubicazione dell'indagine</i>	<i>Breve descrizione</i>		
	<p>Lo spessore di parete indagata è di circa cm 65.</p> <p>Si evidenzia la presenza di un piccolo rivestimento esterno in pietra di qualche centimetro. Lo strato successivo è in calcestruzzo e dello spessore di circa cm 54 (cm 0÷54).</p> <p>È presente una camera d'aria di cm 6 (cm 54÷60) e un successivo rivestimento con una parete in laterizio forato di circa cm 5 con un intonaco di finitura esterno (cm 60÷65).</p> <p>Maggiori dettagli si possono desumere dall'endoscopia dinamica allegata nel CD.</p>		
			
			

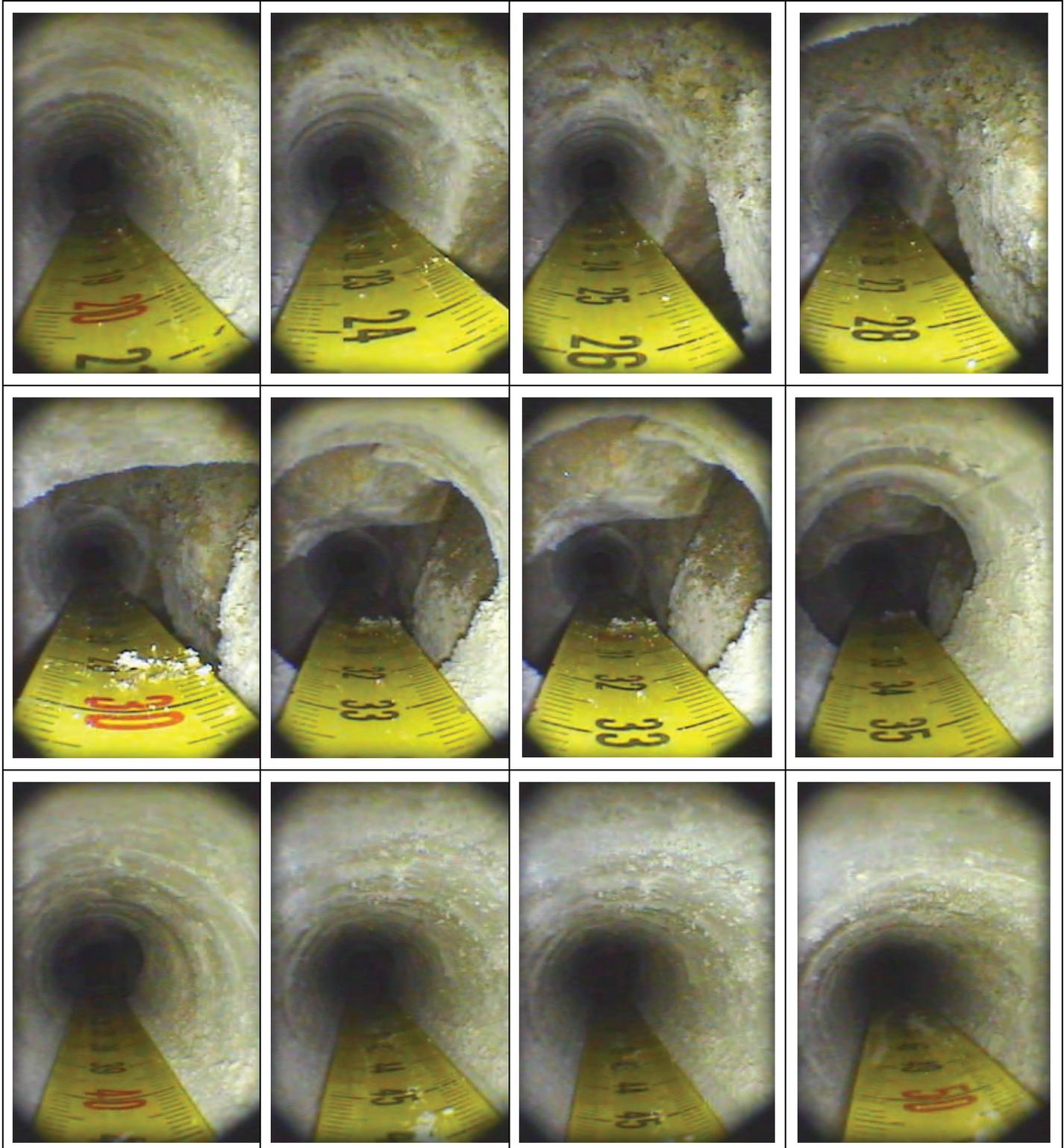
Indagine Endoscopica E5



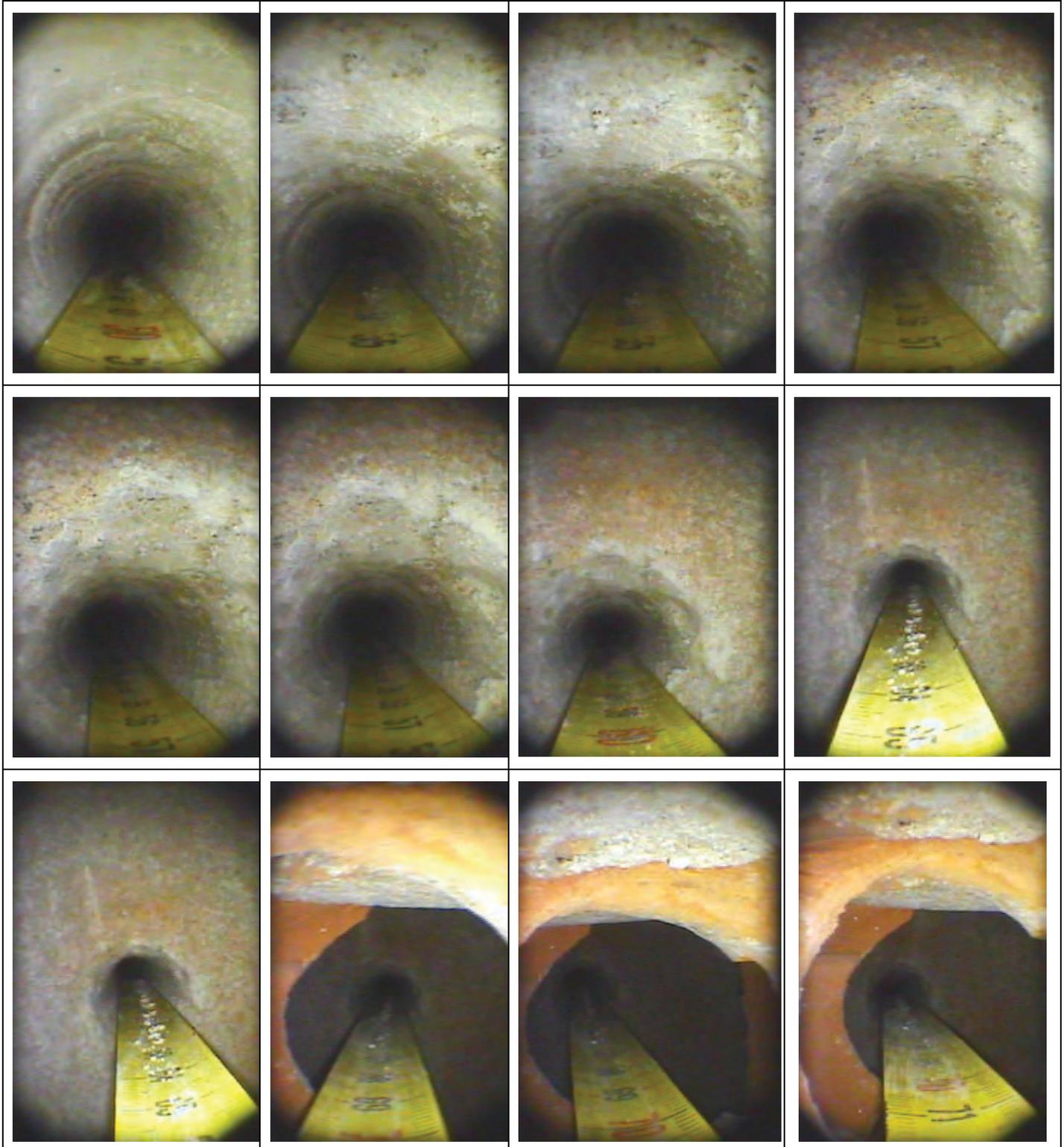
5.2.6 ENDOSCOPIA E6

Indagine Endoscopica E6			
Livello 1	Piano Seminterrato		
Ubicazione dell'indagine	Breve descrizione		
	<p>Lo spessore di parete indagata è di circa cm 77.</p> <p>Si evidenzia la presenza di un primo paramento di circa cm 23 (cm 0÷23). Successivamente è presente un riempimento con pietrame dello spessore di cm 9 (cm 23÷32) e un successivo paramento in calcestruzzo dello spessore di cm 28 (cm 32÷60).</p> <p>È presente una camera d'aria di cm 9 (cm 60÷69) e un successivo rivestimento con una parete in laterizio forato di circa cm 5 con un intonaco di finitura esterno di cm 2 (cm 69÷77).</p> <p>L'indagine endoscopica è stata ripetuta inserendo un metro rigido fino a toccare il paramento posteriore. Si mette in evidenza la presenza di un'intercapedine di circa cm 64.</p> <p>Maggiori dettagli si possono desumere dall'endoscopia dinamica allegata nel CD.</p>		
			

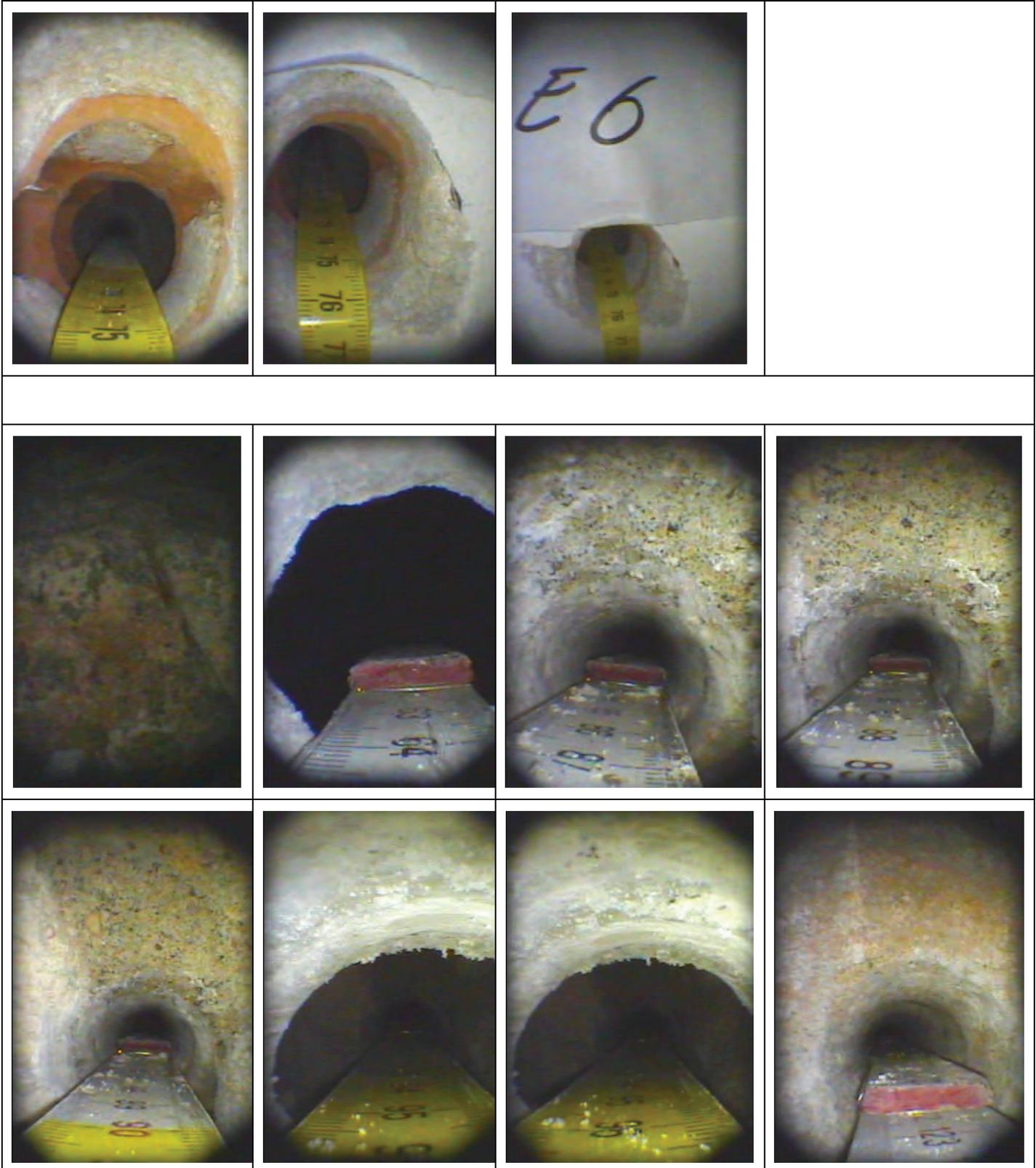
Indagine Endoscopica E6



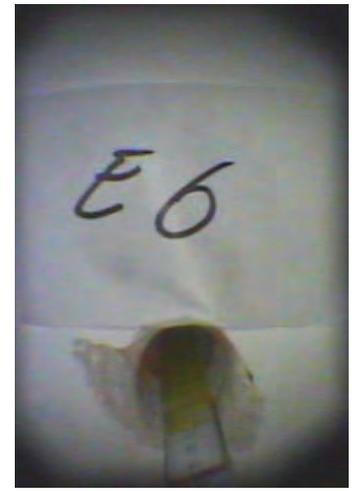
Indagine Endoscopica E6



Indagine Endoscopica E6



Indagine Endoscopica E6

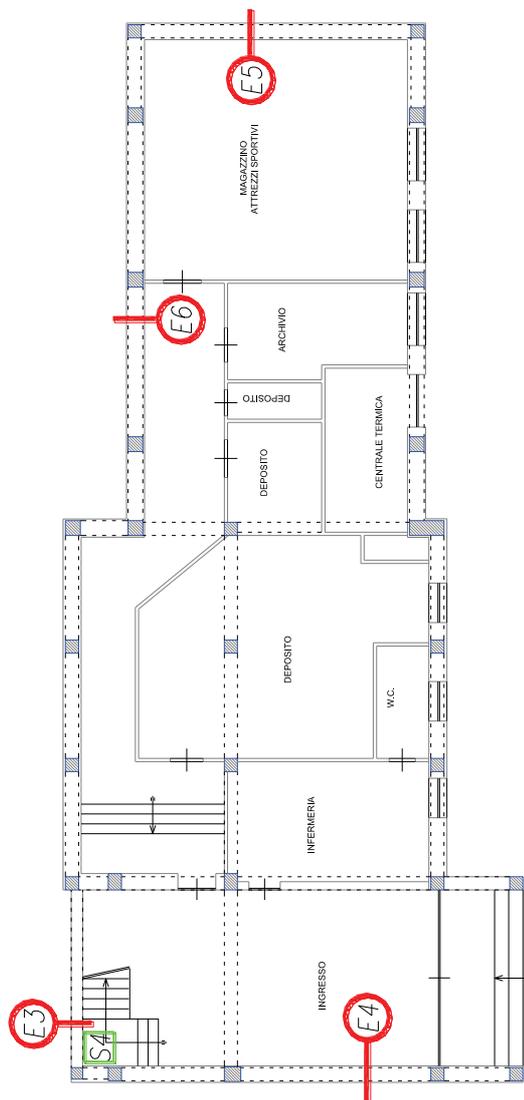




OMNIATEST S.R.L. - SERVIZI PER L'INGEGNERIA

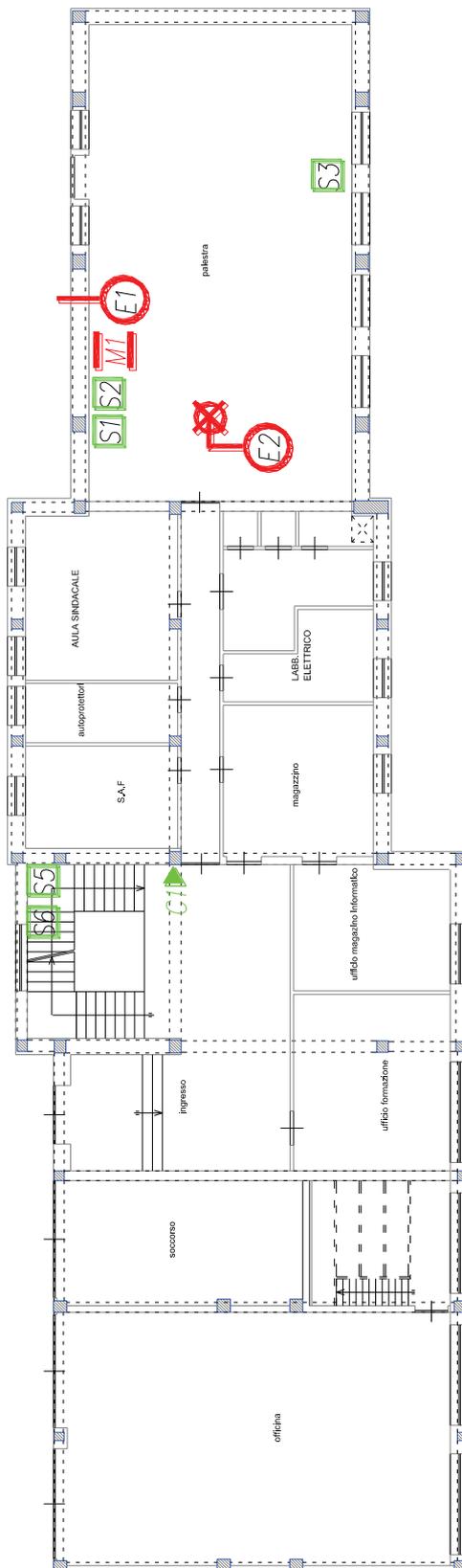
TEL/FAX +39 090 346309, VIA NINA DA MESSINA N°18, 98121 MESSINA, P.I. 02820490833

ALLEGATO A - SCHEMA PLANIMETRICO ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI



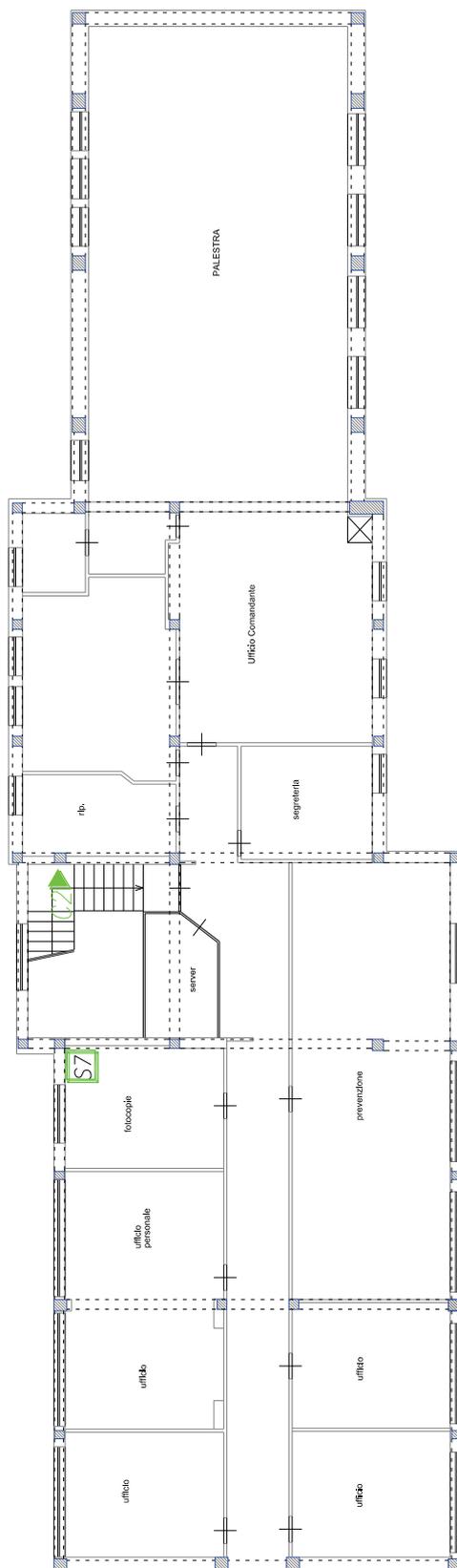
PIANTA PIANO SEMINTERRATO

LEGENDA	
SIMBOLOGIA	TIPO DI INDAGINE
M..	PROVA A COMPRESSIONE CON MARTINETTI PIATTI
E..	ENDOSCOPIA
S..	SAGGI DIRETTI
C..	PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO



PIANTA PIANO TERRA

LEGENDA	
SIMBOLOGIA	TIPO DI INDAGINE
	PROVA A COMPRESIONE CON MARTINETTI PIATTI
	ENDOSCOPIA
	SAGGI DIRETTI
	PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO



PIANTA PIANO PRIMO

LEGENDA	
SIMBOLOGIA	TIPO DI INDAGINE
	PROVA A COMPRESSIONE CON MARTINETTI PIATTI
	ENDOSCOPIA
	SAGGI DIRETTI
	PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO