

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Tipo di documento</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	1 / 22
	Rapporto tecnico	<i>Sigla di identificaz. Revisione</i>	RT 11/19 rev. 0

Titolo documento:

Indagini con prove soniche e ultrasoniche sulla muratura nella sala di Ariosto del Palazzo Chigi di Ariccia (RM)

SOMMARIO:

Nel seguente rapporto si riportano i risultati delle indagini soniche ed ultrasoniche effettuate allo scopo di evidenziare la composizione della muratura e la presenza di cavità al suo interno nella Sala dell'Ariosto presso Palazzo Chigi ad Ariccia (RM) nell'ambito del progetto ADAMO "Tecnologie di Analisi, Diagnostica e Monitoraggio per la conservazione e il restauro di Beni culturali" condotto nell'ambito del DTC "Distretto tecnologie per la Cultura" della Regione Lazio.

NOTE:

0		Angelo Tatì	Giuseppe Barbieri	Dario Della Sala	26/03/2019
REV.	Motivo della revisione	<i>Redazione</i>	<i>Convalida</i>	<i>Approvazione</i>	Data di emissione
		(nominativo, data e firma)			

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	2 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

LISTA DI DISTRIBUZIONE

ARCHIVIO

Dario Della Sala - SSPT-PROMAS

Giuseppe Barbieri - SSPT-PROMAS-MATPRO

Roberta Fantoni FSN-TECFIS

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	3 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

Sommario

Progetto Adamo	4
1. Prove e Tomografia sonica	5
1.1 Software di elaborazione.....	7
1.2 Misura	8
1.3 Risultati	9
1.4 Misure soniche su altri punti della muratura della stanza di Ariosto.....	14
2 Indagini ultrasoniche.....	18
2.1 Prove ultrasonore verticali ai lati della porta	19
2.2 Prove ultrasonore sul solaio	20
3 Conclusioni	22

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	4 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

Progetto Adamo

Nell'ambito delle attività del progetto ADAMO "Tecnologie di Analisi, Diagnostica e Monitoraggio per la conservazione e il restauro di Beni culturali" condotto all'interno del DTC "Distretto tecnologie per la Cultura" della Regione Lazio si sono svolte le attività diagnostiche presso il palazzo Chigi ad Ariccia RM.

Il progetto è indirizzato al trasferimento tecnologico delle capacità di ricerca ENEA nell'applicazione di tecnologie di analisi, diagnostica e monitoraggio a supporto dei BC. L'applicazione a selezionati casi studio, in laboratorio e/o sul campo, relativi a BC sia mobili che immobili, permetterà di dimostrare l'efficacia delle tecniche per le quali è stata sviluppata strumentazione apposita e/o utilizzata strumentazione commerciale. Nell'ambito del progetto è previsto lo sviluppo di prototipi e test di prodotti innovativi a basso impatto ambientale adatti all'utilizzo sul campo da parte degli utenti finali, che per le loro caratteristiche di costo contenuto, rapidità di risposta e semplicità di operazione possano in tempi medio-brevi essere acquisiti direttamente dalle PMI interessate.

1. Prove e Tomografia sonora

Il rilievo sonico della muratura è stato effettuato sul paramento murario che divide la sala dell'Ariosto dalla biblioteca. L'utilizzo del martello strumentato dotato di supporto di gomma è stato effettuato solo dalla parete foderata di pelle. L'accelerometro è stato posizionato e appoggiato all'affresco tramite un cavalletto. La tecnica utilizzata è definita in trasmissione e la modalità di esecuzione è indiretta perché i percorsi che uniscono i punti di misura non sono perpendicolari ma inclinati.

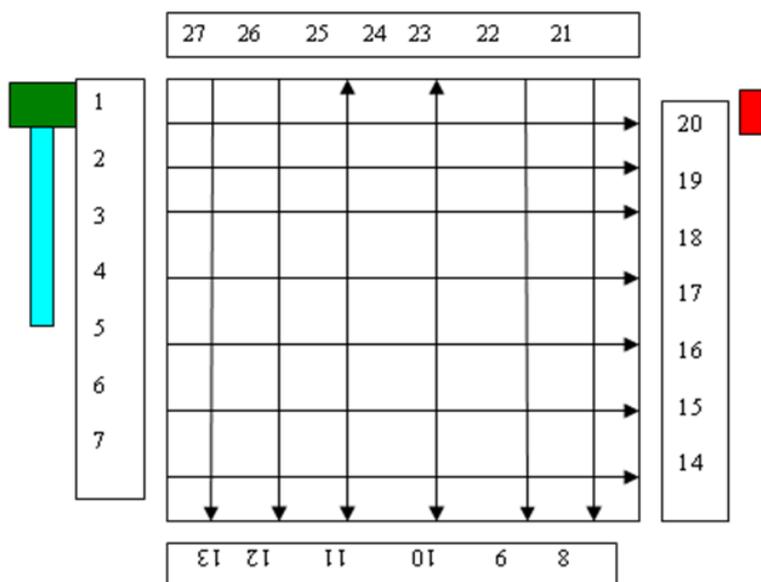


Figura 1 Tomografia sonora diretta

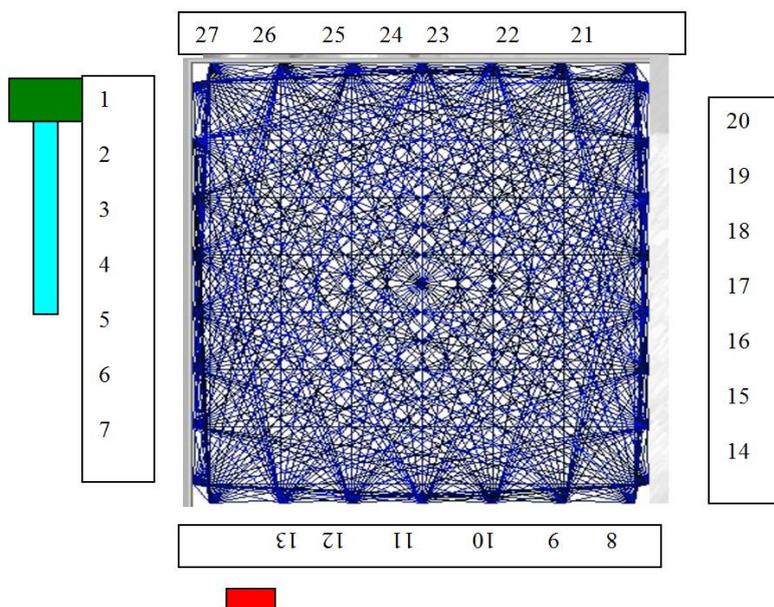


Figura 2 Tomografia sonora indiretta o completa

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	6 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

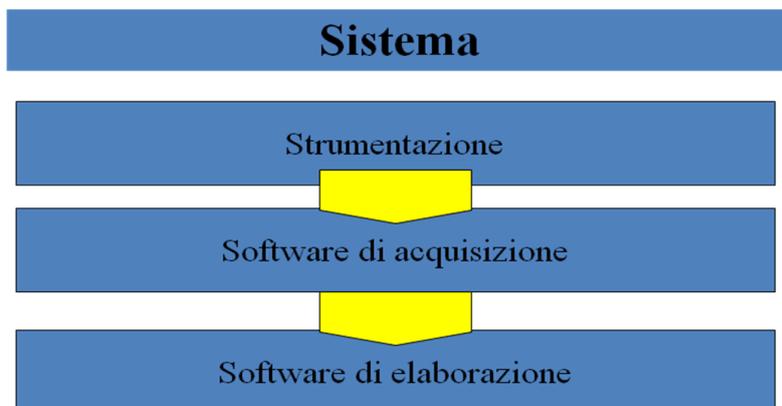


Figura 3 Sistema di tomografia sonora e ultrasonica

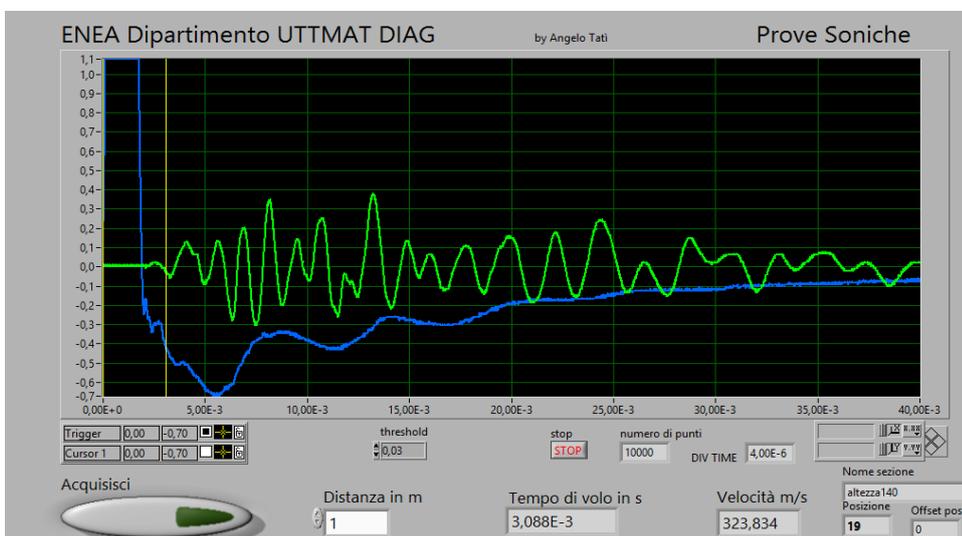


Figura 4 software di acquisizione

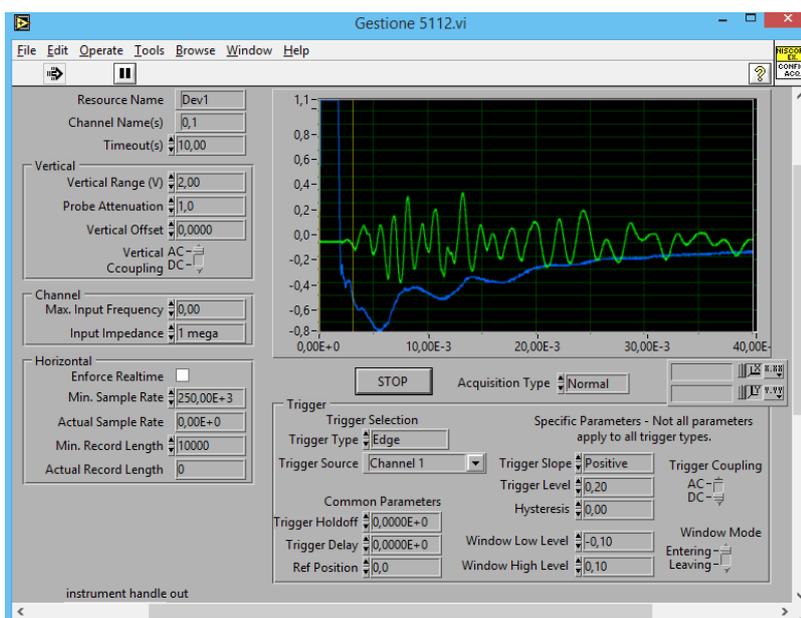


Figura 5 Setup scheda oscilloscopio

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	7 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

1.1 Software di elaborazione

Il software, opera una divisione della sezione investigata in celle di lato conosciuto partendo dai percorsi che uniscono i punti di emissione con quelli di ricezione. Ad ogni cella viene associato un determinato valore di velocità calcolato in base alla distanza percorsa punto di emissione - punto di ricezione diviso per il tempo di propagazione dell'onda.

Il ciclo andrà reiterato per tutte le celle in cui la colonna è stata divisa ed a ogni cella verrà associato il suo valore di velocità medio in base al percorso che l'ha attraversata. La ricostruzione finale sarà data dalle medie delle velocità di ogni cella. La mappa tomografica avrà un pixel corrispondente alla grandezza della cella che dipende dal numero di percorsi e dalla grandezza dell'oggetto.

Il software sviluppato da "Enea Centro Ricerche Casaccia" esegue la lettura dei dati ultrasonori acquisiti ed è possibile ricostruire l'interno della sezione.

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	8 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

1.2 Misura

L'altezza in metri dove è stata eseguita la tomografia è circa 1,40 m. La stessa è priva di arredi e quadri su entrambe le pareti.



Figura 6 Le pareti dove è stata effettuata la Tomografia

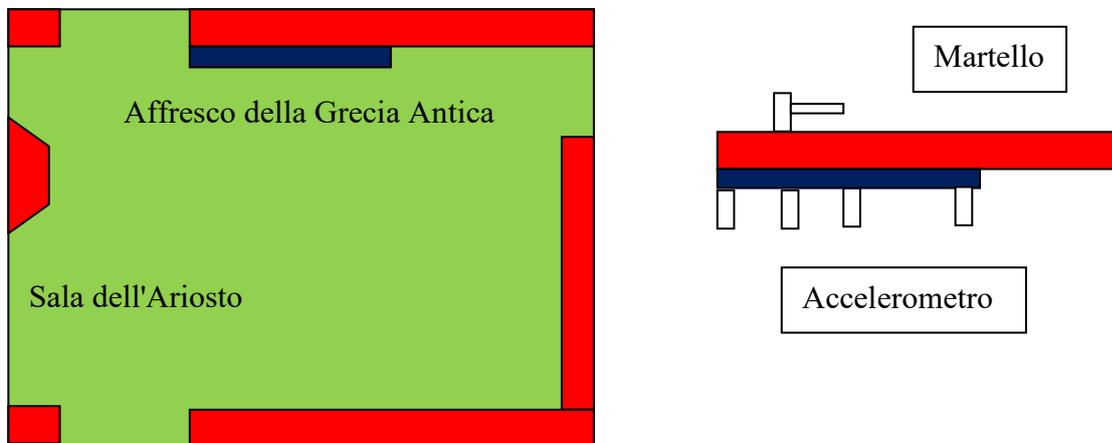


Figura 7 Schema delle misure

I punti di misura sono stati n°81 dato dalle combinazioni martello/accelerometro (9 per il martello, 9 per l'accelerometro)

Lo spessore della muratura è di circa 1 m e il passo di scansione è stato 0,3 m. La larghezza dell'affresco che è di circa 2,40 m.

1.3 Risultati

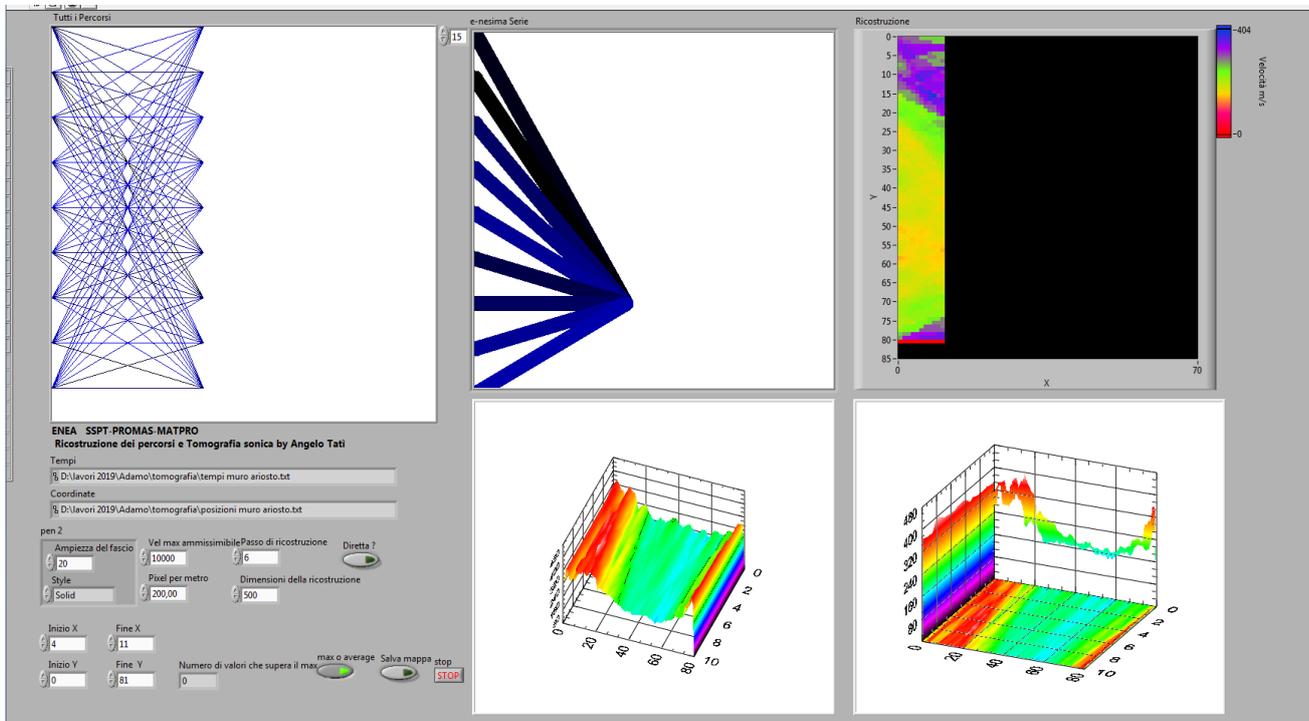


Figura 8 software di elaborazione

I risultati ottenuti mostrano una zona vuota sotto l'affresco nella zona centrale. Le velocità del suono sono molto basse e confermano una muratura a sacco con doppio paramento. La parte strutturale è visibile in rosso nel grafico 3D corrispondente ai lati dell'affresco. Una zona vuota di colore verde al centro corrispondente al bocchettone visibile in basso.

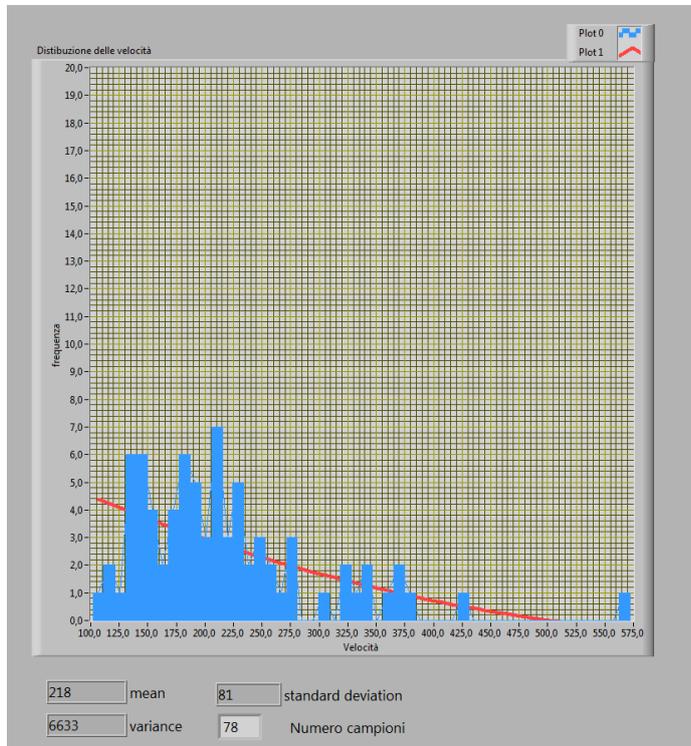


Figura 9 Distribuzione delle velocità ultrasonore.

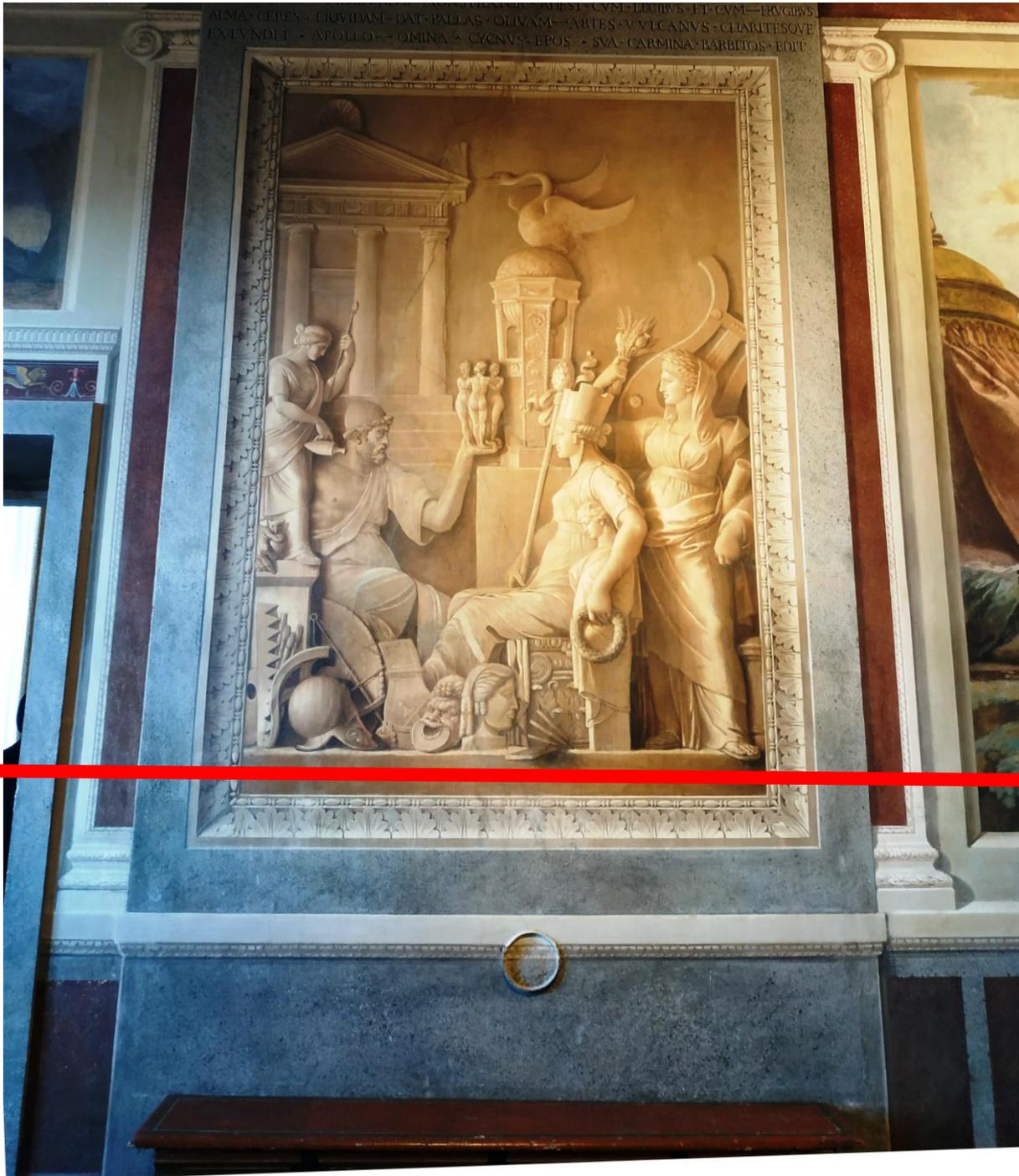


Figura 10 La linea rossa indica la zona di misura

Profilo delle velocità del suono m/s



Figura 11 Profili delle velocità ultrasonore all'interno della muratura

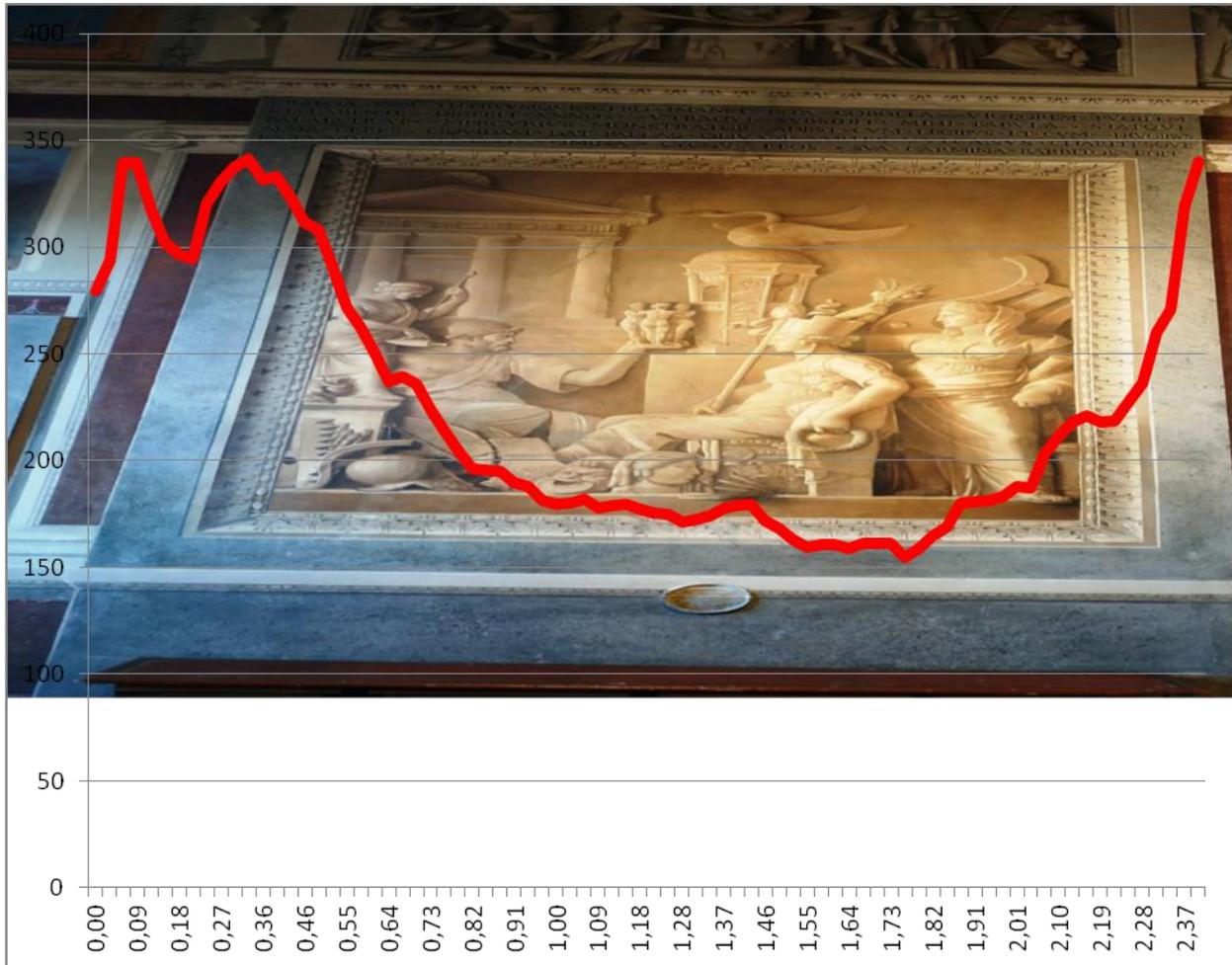


Figura 12 Profilo medio di velocità ultrasonora

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	14 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

1.4 Misure soniche su altri punti della muratura della stanza di Ariosto

Per completare le misure sono state effettuate prove su altri punti della stanza in prossimità delle porte e delle finestre.

Porta che conduce alla sala della biblioteca



Verticale	Porta sala biblioteca		spessore 1,00
Altezza lato esterno m	1,40	lato interno m	1,40
Tempo s	1,26E-03		2,82E-03
N° onda	99		102
Distanza m	1		1
Vel m/s	796		354

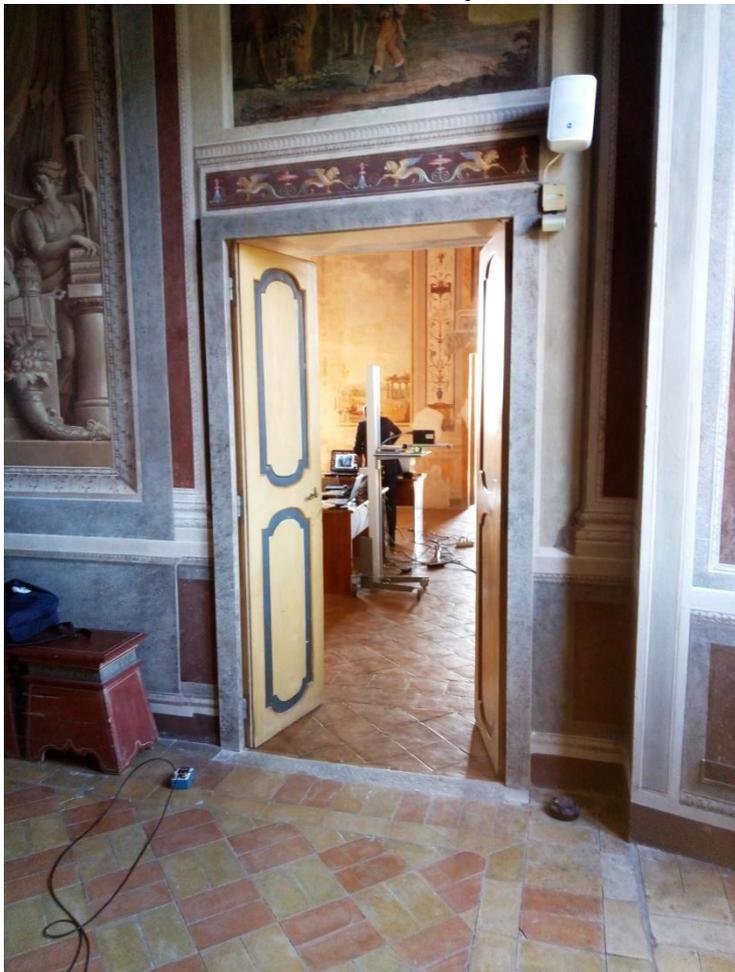
 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	15 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

Muratura perimetrale tra le due finestre lato Nord



paramento murario tra le 2 finestre nord	Lato est	Lato int
Altezza m	1,4	1,4
Tempo s	2,46E-03	6,15E-03
Distanza m	2,2	2,6
Vel m/s	896	423
N° di file segnale	103	104

Porta che conduce alla sala dipinti



	dx	SX
Altezza m	1,4	1,4
Tempo s	1,71E-03	1,38E-03
Distanza m	0,7	0,7
Vel m/s	410	506
N° di file segnale	105	106

Porta salone con biliardo e camino



	dx	SX
Altezza m	1,4	1,4
Tempo s	2,72E-03	1,54E-03
Distanza m	0,83	0,83
Vel m/s	305	539
N° di file segnale	107	108

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	18 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

2 Indagini ultrasoniche

Le prove a ultrasuoni si eseguono nell'ambito dei controlli non distruttivi per la determinazione delle caratteristiche elastiche e meccaniche. Il funzionamento dell'apparecchiatura si basa sugli effetti della propagazione degli impulsi vibrazionali applicati ad un mezzo solido seguendo i seguenti principi:

- la velocità con cui gli impulsi applicati si propagano è funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo utilizzato e della sua densità;
- le disomogeneità (dovute a fessure, cavità, zone degradate, ecc.) alterano la velocità di propagazione e attenuano il modulo dell'onda di vibrazione.

L'impulso è generato mediante un trasmettitore sonico elettrodinamico (utilizzando una pastiglia di ceramica piezoelettrica) e la rilevazione del segnale è garantita da un ricevitore costituito da una sonda di tipo piezoelettrico uguale a quella trasmittitrice. Mediante un sistema di preamplificazione, amplificazione e filtraggio, il segnale ricevuto viene trasmesso al sistema di elaborazione in condizioni ottimali; il sistema provvede, così, alla visualizzazione sul monitor dello strumento. Tutto il processo è eseguito tramite computer dell'apparecchiatura supportato da apposito software. Si è utilizzato uno strumento ad ultrasuoni a bassa frequenza "Krautkramer USM 23 LF" che sfrutta sonde a 50 kHz di 1".



Figura 13 - Strumento Krautkramer USM 23 LF a bassa frequenza

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	19 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

2.1 Prove ultrasonore verticali ai lati della porta

Le prove ultrasonore sono state eseguite in modalità trasmissione con sonde contrapposte e ai lati del paramento murario. I valori sono simili ai valori sonici. L'attenuazione del segnale è molto elevata a conferma che la muratura è a sacco e il suono procede su percorsi più lunghi della distanza tra le sonde. Il profilo di velocità lungo la verticale ha un andamento costante a prova che la muratura conserva la sua forma procedendo in alto dal piano di calpestio fino a circa 2 metri.

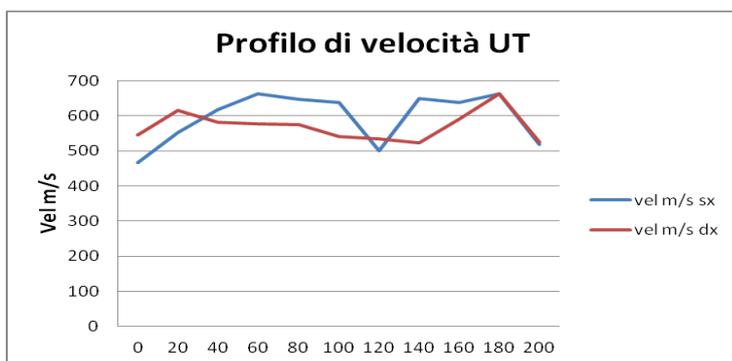


Figura 14 Velocità ultrasonora ai lati della porta che conduce alla sala del biliardo. Asse dell'ascisse in cm

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i> RT-11/19 rev. 0	<i>Pagina / di Pagine</i> 20 / 22
		<i>Data Revisione</i>

2.2 Prove ultrasonore sul solaio

Le prove ultrasonore sul solaio sono state eseguite in trasmissione. I valori di velocità sono più bassi di quelli della muratura in quanto le sonde sono posizionate sullo stesso lato (pavimento come in Fig.16 e anche qui la velocità è costante.

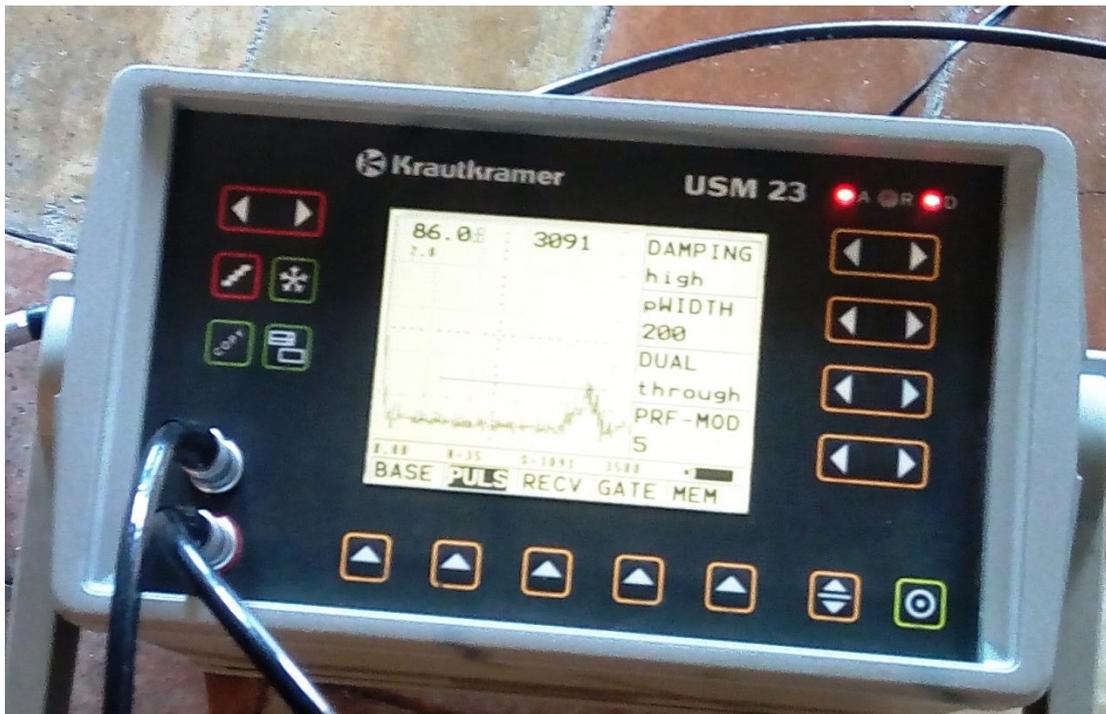
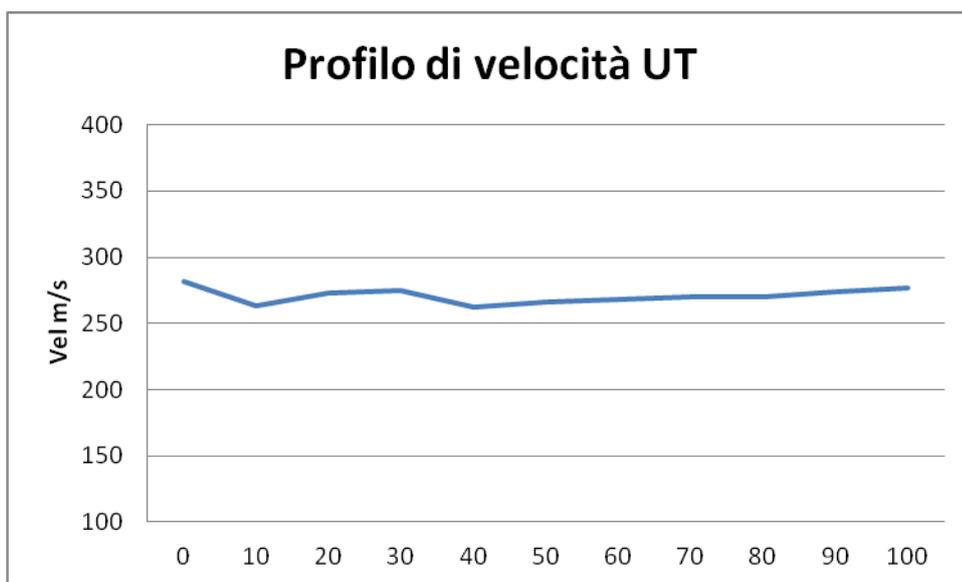


Figura 15 Segnale UT trasmesso tra le 2 sonde

 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	21 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	



Figura 16 Posizione delle sonde UT



 DIVISIONE TECNOLOGIE E PROCESSI DEI MATERIALI PER LA SOSTENIBILITÀ (SSPT-PROMAS)	<i>Sigla di identificazione / Revisione</i>	<i>Pagina / di Pagine</i>	22 / 22
	RT-11/19 rev. 0	<i>Data Revisione</i>	

3 Conclusioni

Le misure ultrasonore le velocità sono simili alle prove soniche. La muratura si conferma a sacco. Nella muratura sottostante l'affresco si ipotizza un intercapedine di grosse dimensioni che potrebbe essere o una canna fumaria o un condotto per l'aria (bianco).

Le velocità più alte sono state registrate sulla muratura perimetrale tra le finestre della stanza dell'Ariosto e la porta della biblioteca corrispondente ad un paramento murario costituito da muratura piena che compone una muratura a sacco. Il sacco potrebbe essere riempito di altro materiale (pietre non regolari senza malta) stipato all'interno e non vuoto (arancione).

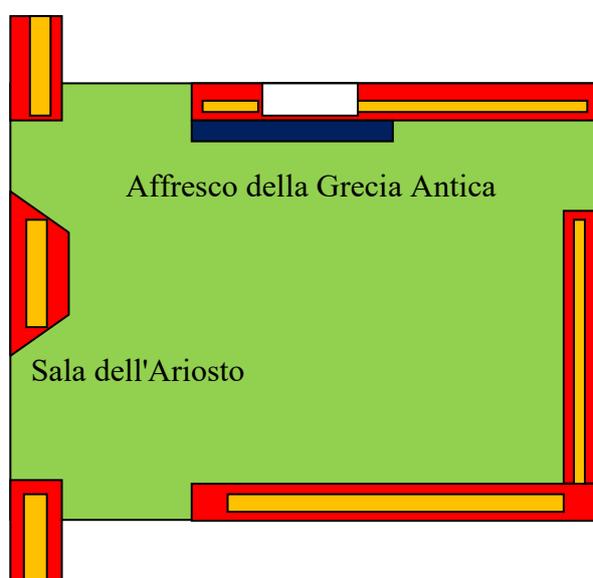


Figura 17 Risultati