

Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

P. Capizzi
Dipartimento CFPA, Università degli Studi di Palermo

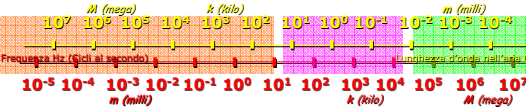


Geofisica e Beni Culturali – Cagliari 16 Marzo 2009 1/41

SGI Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Ultrasoni

Infrasuoni **Suoni** **Ultrasoni**



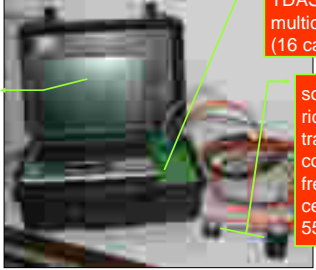
$\lambda = v/f$ 20 kHz – 20 MHz

La lunghezza d'onda (λ) va da 20 cm a 0.2 mm in rocce che hanno una velocità di circa 4000 m/s

Geofisica e Beni Culturali – Cagliari 16 Marzo 2009 2/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Strumentazione utilizzata: TDAS 16 Boviar



Notebook


TDAS multicanale (16 canali)

sonde riceventi e trasmettenti con una frequenza centrale di 55 kHz

Geofisica e Beni Culturali – Cagliari 16 Marzo 2009 3/41


P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Le sonde:
tipi di supporti



Geofisica e Beni Culturali – Cagliari 16 Marzo 2009 4/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali



Per diminuire gli errori sulla stima della lunghezza dei tragitti

Geofisica e Beni Culturali – Cagliari 16 Marzo 2009 5/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Tecniche di misura con gli ultrasuoni

- Misure per riflessione
- Misure per trasparenza
- Tomografia ad ultrasuoni
- La GTT®

Geofisica e Beni Culturali – Cagliari 16 Marzo 2009 6/41

Diapositiva 2

GG1

Le onde ultrasoniche sono generate sfruttando le proprietà piezoelettriche di alcuni materiali; queste proprietà consistono nella capacità di questi materiali di contrarsi ed espandersi quando sono sottoposti all'azione di un campo elettrico alternato.

Gianluca; 18/10/2007

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Misure per riflessione

Servono corrette tarature

Misure per trasparenza

Stima della velocità media correlata con il parametro della resistenza alla compressione

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 7/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Tomografia ad ultrasuoni (2D o 3D)

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 8/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

GTT (Global Tomographic Traveltime)

Misura non invasiva dello strato esterno degradato di un oggetto (statua in marmo, pietra, ecc.)

Premodello: corpo omogeneo (velocità delle onde elastiche) con uno strato esterno degradato, a velocità più bassa. Si ipotizza che velocità e spessore dello strato siano omogenee (o quasi) su tutto l'oggetto.

Parametro indagato: Velocità delle onde elastiche, a frequenzaonica (1.000 – 10.000 Hz) o ultrasonica (20 – 60 kHz).

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 9/41

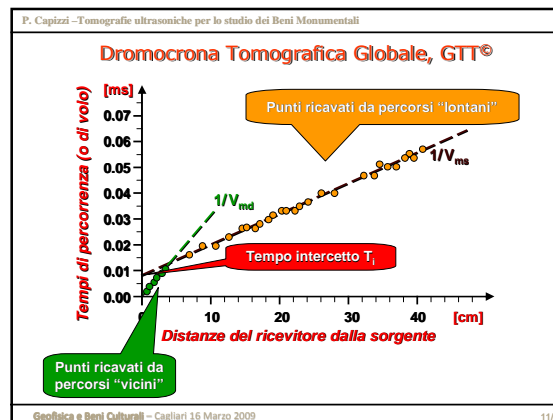
P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Tecnica delle misure

Misura dei percorsi "lontani"
che attraversano due volte lo strato degradato

Misura dei percorsi "vicini"
che viaggiano nello strato degradato

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 10/41



P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

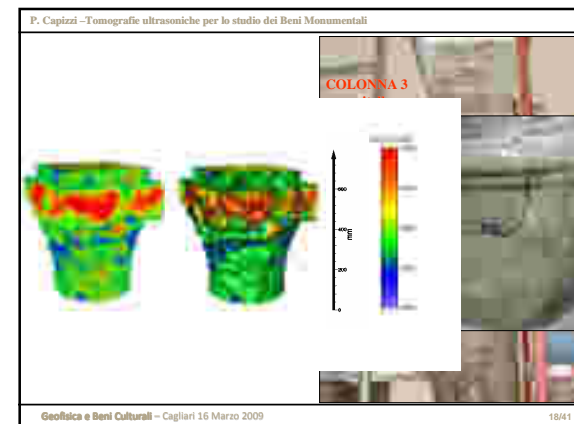
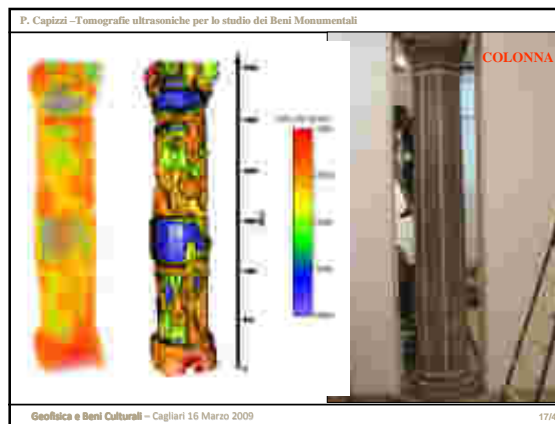
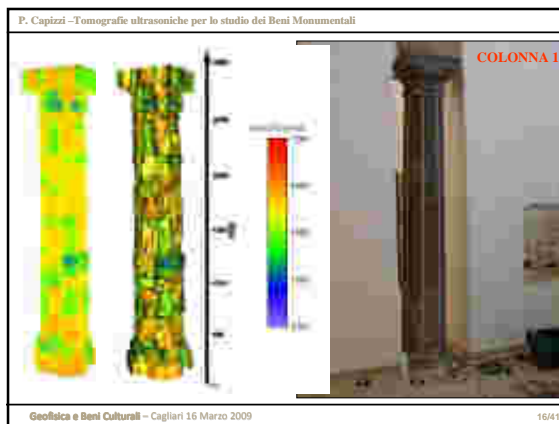
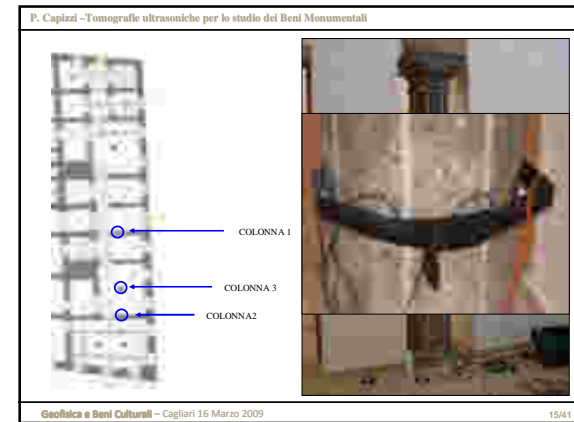
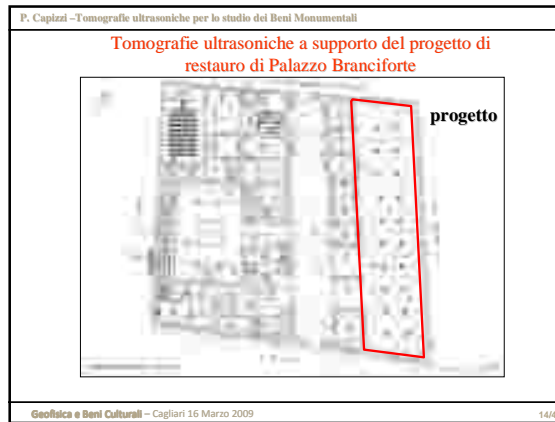
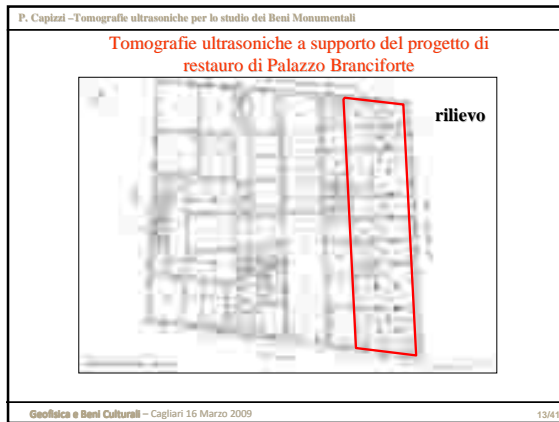
Esempi applicativi di tomografia ultrasonica

- Colonne in marmo di Billiemi
- Balaustrino in marmo
- Statua del Togato di Petrarà (I sec. d.C.)

Esempio applicativo della GTT

- Kuros di Agrigento (480 a.C.)
- San Michele Archangelo (XVI sec.)
- Giovane di Mothia (V sec. a.C.)

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 12/41



P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

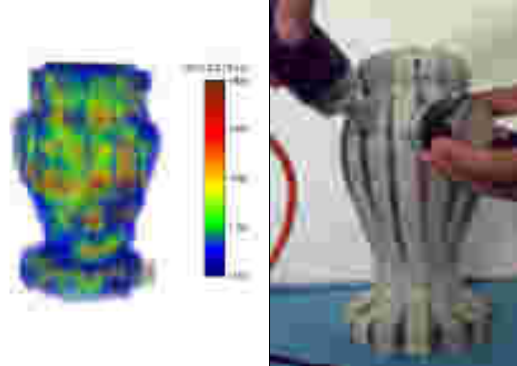
Balaustrino in marmo

7 sezioni per un totale di 114 punti di misura:
Tomografia e GTT®



Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 19/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

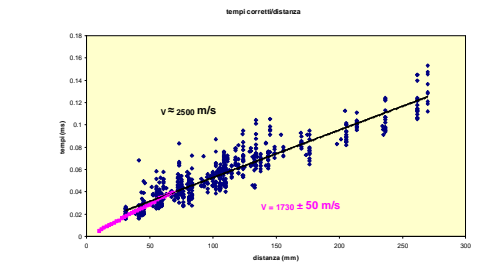


Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 20/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Tomografia ultrasonica e GTT®

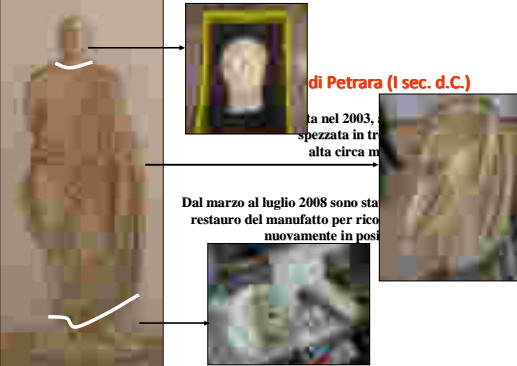
tempi corretti/distanza



Strato superficiale degradato: 0.8 cm circa

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 21/41

Tomografia ultrasonica per i Beni Monumentali



di Petrarà (I sec. d.C.)

ta nel 2003,
spezzata in tre
alta circa m


Dal marzo al luglio 2008 sono sta
restauro del manufatto per rico
nuovamente in posi

di
a

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 22/41

P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali


Lesione sul fianco sinistro e sul retro



perno a sezione quadrata

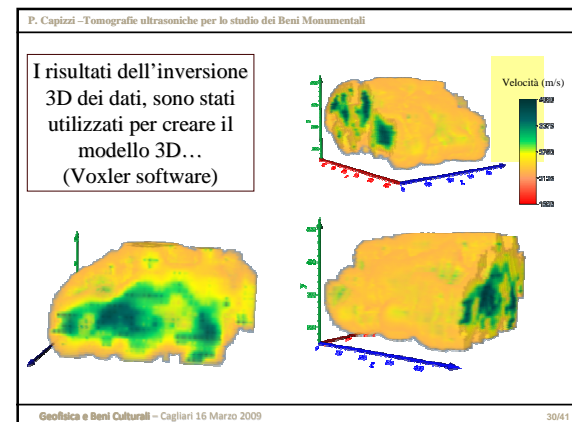
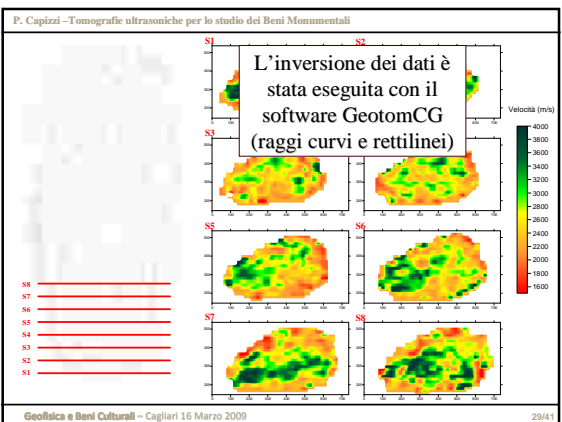
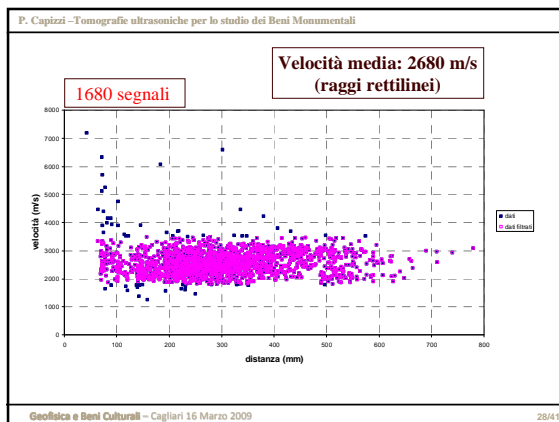
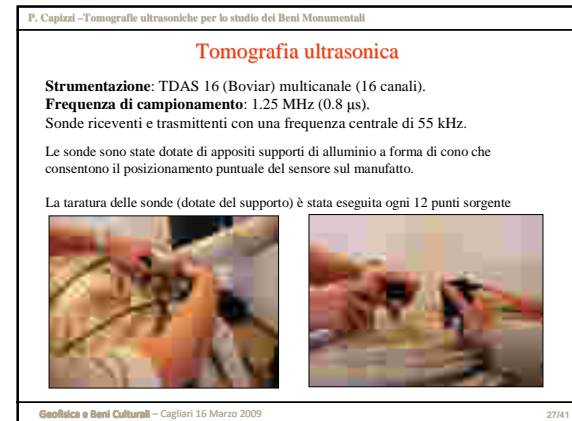
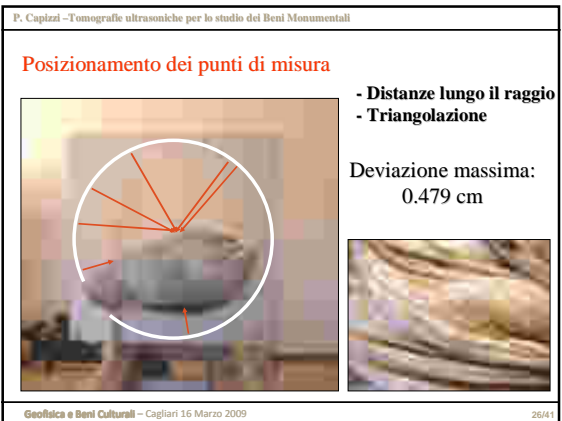
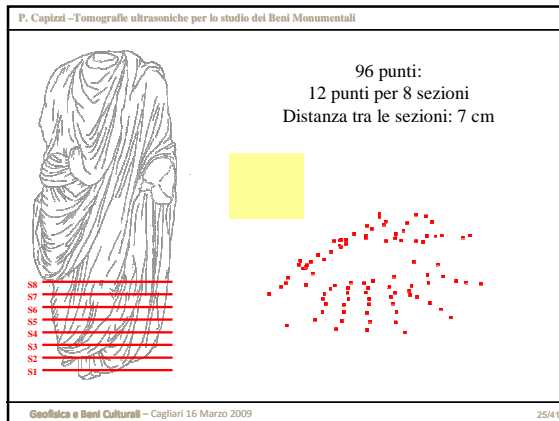
Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 23/41

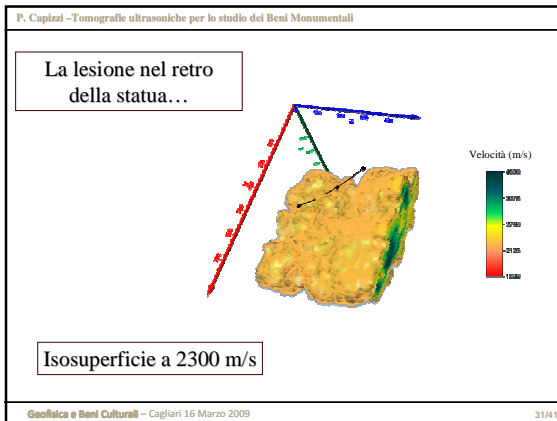
P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali



49 cm

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 24/41





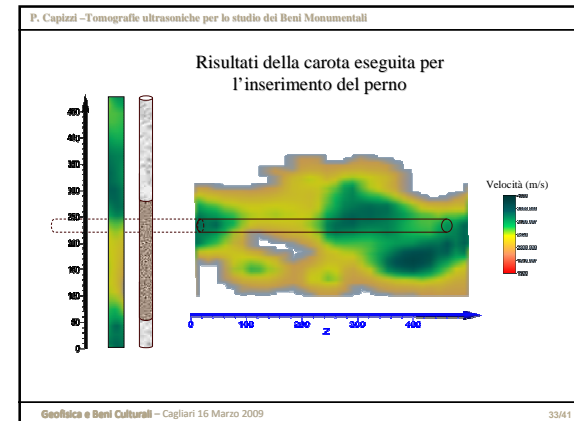
P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Intervento di restauro

Sono stati eseguiti due fori:

- il foro più grande (per il perno) è stato realizzato con una profondità di 720 mm per superare la lesione e raggiungere una zona solida del marmo;
- il foro del tenone antirotazione è stato limitato a 350 mm.

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 32/41

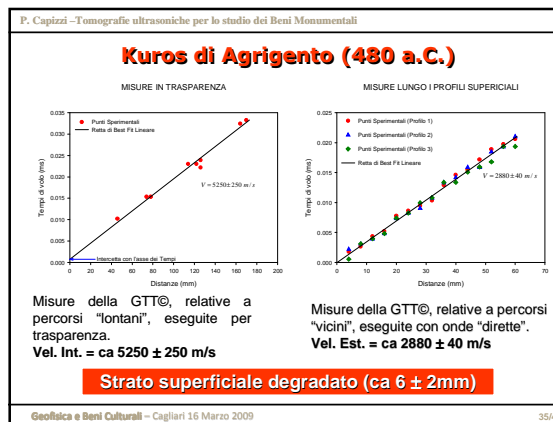


P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

Kuros di Agrigento (480 a.C.)

GTT® (GLOBAL TOMOGRAPHIC TRAVELTIME)

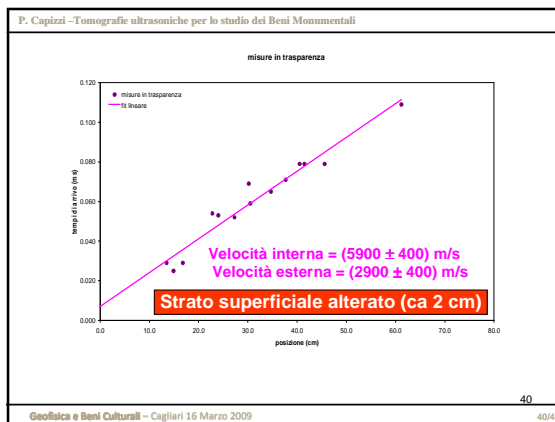
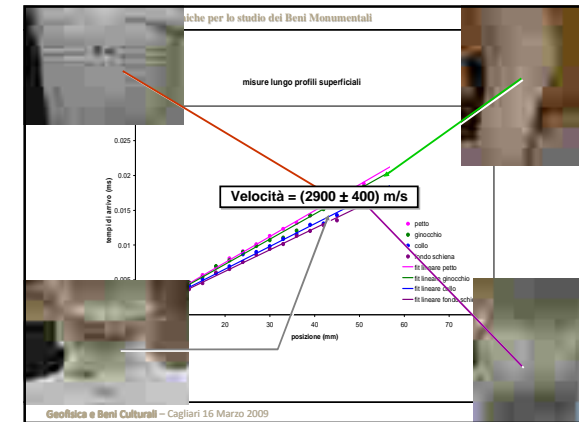
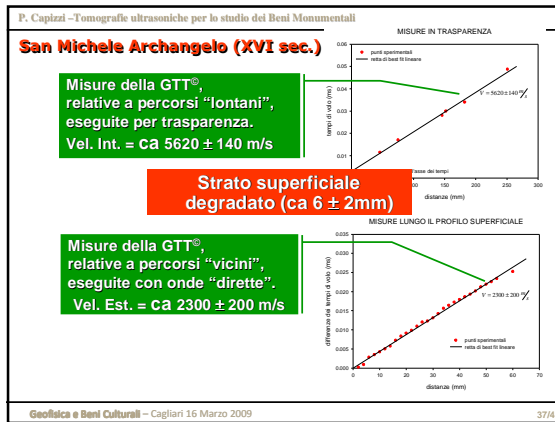
Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 34/41



P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

San Michele Archangelo (XVI sec.)

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 36/41



P. Capizzi - Tomografie ultrasoniche per lo studio dei Beni Monumentali

CONCLUSIONI

La tomografia ultrasonica risulta sicuramente il metodo più completo di indagine ultrasonica, mostrando una forte correlazione con i dati ricavati dalle carote o da altri tipi di indagine (prove alla compressione). Richiede tuttavia tempo per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati.

La metodologia GTT si è rivelata uno strumento utile ed adeguato per rilevare lo strato superficiale degradato con sufficiente precisione ed in modo assolutamente non invasivo, costituendo inoltre un'alternativa veloce e precisa alla più lunga e onerosa tomografia ultrasonica completa.

Geofisica e Beni Culturali - Cagliari 16 Marzo 2009 41/41