



## Archeometria e diagnostica per i beni culturali

Alessandro Lo Giudice

Dipartimento di Fisica, Università di Torino & INFN Sezione di Torino

alessandro.logiudice@unito.it

## Archeometria e Diagnostica per i Beni Culturali



### Alcune collaborazioni attive

Laboratori di ricerca (CNRS Parigi-Louvre, Rutherford Laboratory di Oxford – UK -,.....)

Centro Conservazione e Restauro, La Venaria Reale

Musei di Torino: museo di antropologia, museo egizio, museo di antichità...

Soprintendenze del Piemonte e della Liguria

Tecnat (spin-off dell'Università di Torino)  
*privati, enti pubblici, altri spin-off, etc.*

museo di antropologia ed etnografia



ed Etnografia  
vanni Marro,  
opologia presso

Di- etnografiche  
divise in collezioni:  
nologiche, etnografiche  
ogonno, assai rari e  
monio culturale  
er qualità e quantità.

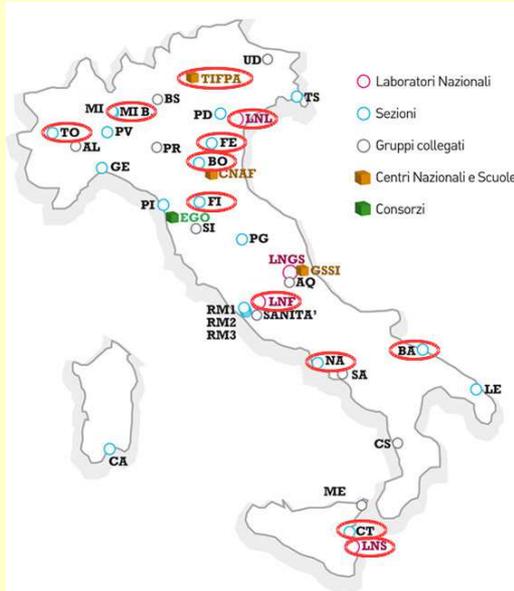


Centro Conservazione e Restauro  
La Venaria Reale

Rutherford Appleton Laboratory

Torino - tel. 011-670.47.07

## Archeometria e Diagnostica per i Beni Culturali



CHNET: la rete INFN sui beni culturali

<http://infnbenculturali.net/>

Inserita nel network Iperion

<http://iperionchit.net/>

## Archeometria e Diagnostica per i Beni Culturali

Conservazione e restauro



Conoscenze aggiuntive sul bene  
(colori, materiali, tecniche utilizzate...)



Autenticazione

Provenienza

Datazione



## Archeometria e Diagnostica per i Beni Culturali

### Datazione di reperti archeologici

Termoluminescenza

### Indagini non distruttive sull'opera

Radiografia e Tomografia  
Fluorescenza a raggi x  
...

Argomenti di ricerca

### Sviluppo di nuove tecniche

Ionoluminescenza  
Radioluminescenza

### Indagini sui materiali

Microscopia elettronica con microanalisi  
Microscopia ionica  
Catodoluminescenza  
Microscopia Raman e XRF  
...

## Archeometria e Diagnostica per i Beni Culturali

### Studi di provenienza di lapislazzuli Louvre (Parigi)

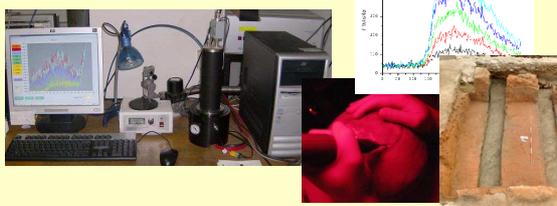


### Alcune delle attività svolte

#### Analisi di monete antiche

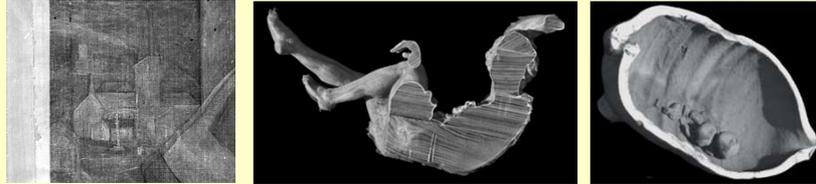


### Datazione e autenticazione mediante termoluminescenza



In questo periodo sono disponibili due proposte di tesi  
sulla tematica:

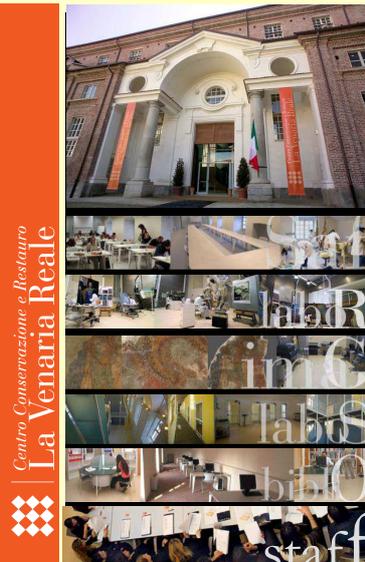
## Tecniche di radiografia digitale e tomografia



**Tesi** da svolgere in parte presso il Centro Conservazione e Restauro  
“La Venaria Reale” e in parte presso il Dipartimento di Fisica

## Il Centro Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”

<http://www.centrorestaurovenaria.it/it/>



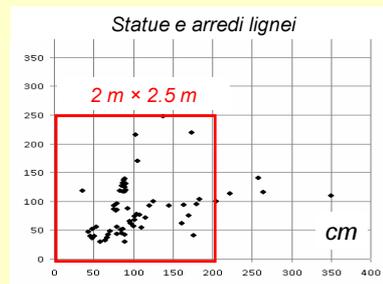
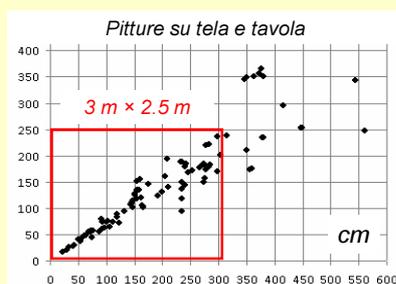
## Il Centro Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”

I laboratori scientifici



## Il Centro Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”

Le opere (anche di autori celebri, come Donatello e Tintoretto, o archeologiche come i sarcofagi del museo egizio di Torino)



Dimensioni delle opere transitate nel centro tra il 2005 e il 2008

Necessità di effettuare diagnostica con raggi x



Progetto neu\_ART (2010-2013), finanziato da:



Centro Conservazione e Restauro  
La Venaria Reale



## Il progetto neu\_ART

### Radiografia



Solo combinando opportunamente radiografie dell'oggetto per angoli di incidenza diversi è possibile ricostruire la struttura 3D dell'oggetto



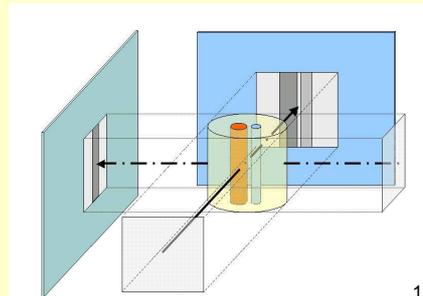
Ricostruzione tomografica

Immagine ottenuta «in trasmissione»  
Assorbimento differenziato dei raggi  
che attraversano l'oggetto



Proiezione in 2D della struttura interna  
dell'oggetto

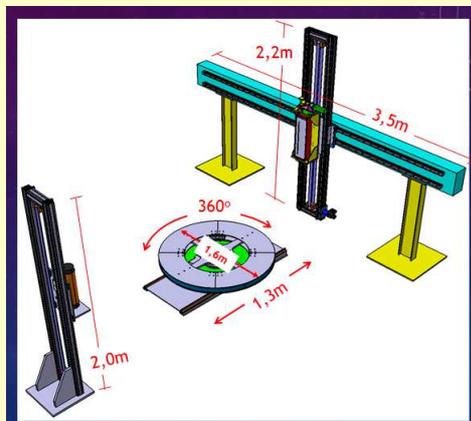
### Tomografia



11

## Il progetto neu\_ART

1. Sviluppo e realizzazione di uno scanner a raggi-X per la radiografia di tele e tavole fino a dimensioni di 3 x 2.5 m<sup>2</sup>
2. Sviluppo e realizzazione di un apparato per la tomografia a raggi-X di oggetti di grandi dimensioni, fino a 2m di larghezza e 2.5 m di altezza



24 strutturati UniTO e INFN (ricercatori,  
tecnici, amministrativi)  
20 personale CCR "La Venaria Reale"  
9 borsisti  
13 tesi di laurea

## L'apparato radio-tomografico



### X-ray source General Electric Eresco 42MF4

Tube voltage: **5 - 200 kV**  
 Tube current: **0.5 - 10 mA**  
 Max power: **900 W**  
 Focal spot size: **3 mm**  
 Cone beam: **60° (h) x 40° (v)**  
 Anode: tungsten  
 Window: Be (0.8 mm)

### X-ray Line Sensor Camera Hamamatsu C9750-20TCN

Pixel size: **200 x 200 μm<sup>2</sup>**  
 Pixel number: **2560**  
 Sensitive area: **512 x 0.2 mm<sup>2</sup>**  
 Scintillator: **GOS (base Gd)**  
 Max scan speed: **20 m/min**  
 Output: **12 bit (4096 grey levels)**



## L'apparato radio-tomografico

Correzioni applicate:

- caratteristiche di uniformità e rumore del rivelatore;
- disuniformità nel cono di emissione del fascio



*Immagine  
corretta*  
 (colori invertiti)

*Radiografia grezza*



*Dark*



*Bianco*



*Dark*

Buio: X-ray off  
 Bianco: X-ray on, no campione  
 Immagine grezza: X-ray on, campione

## L'apparato radio-tomografico

Ricostruzione TAC

Cluster



Immagine grezza

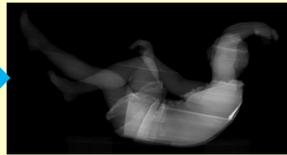


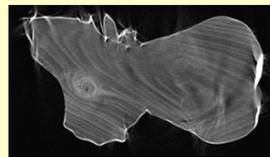
Immagine corretta



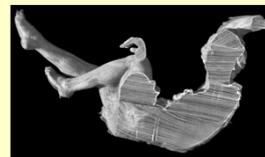
Sequenza



Sinogramma



Sezione orizzontale  
ricostruita



CT 3D rendering

## Radiografie, esempio

Castello di Racconigi

### Filiberto I detto il Cacciatore



Prima (a sinistra) e dopo (al centro) il restauro; con la radiografia (a destra) effettuata prima del restauro si sono viste le scritte e disegni coperti non visibili a occhio e che sono stati ripristinati in fase di restauro.

## Radiografie, esempio



Prima (a sinistra) e dopo (al centro) il restauro; con la radiografia (a destra) effettuata prima del restauro si sono viste le scritte e disegni coperti non visibili a occhio e che sono stati ripristinati in fase di restauro.

## Tomografie

*In collaborazione con Emma Rabino Massa e Rosa Boano, Museo di Antropologia ed Etnografia dell'Università degli Studi di Torino*



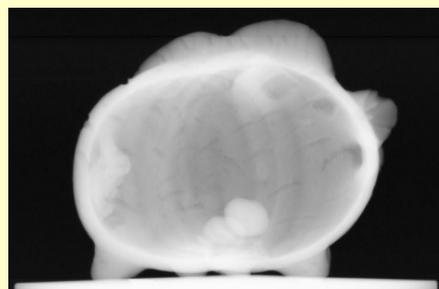
### Tintinnabulum

Due possibili periodi

Età del Ferro (dal 600 a.C. al 480/75 a.C.)

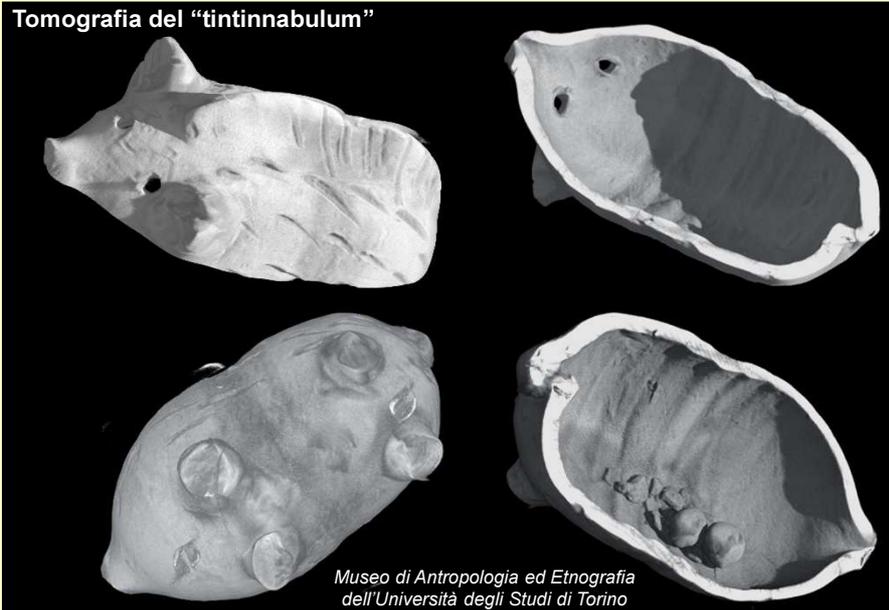
Epoca romana (dal 50 a.C. al 150 d.C.)

Dimensioni: 19 cm x 8 cm



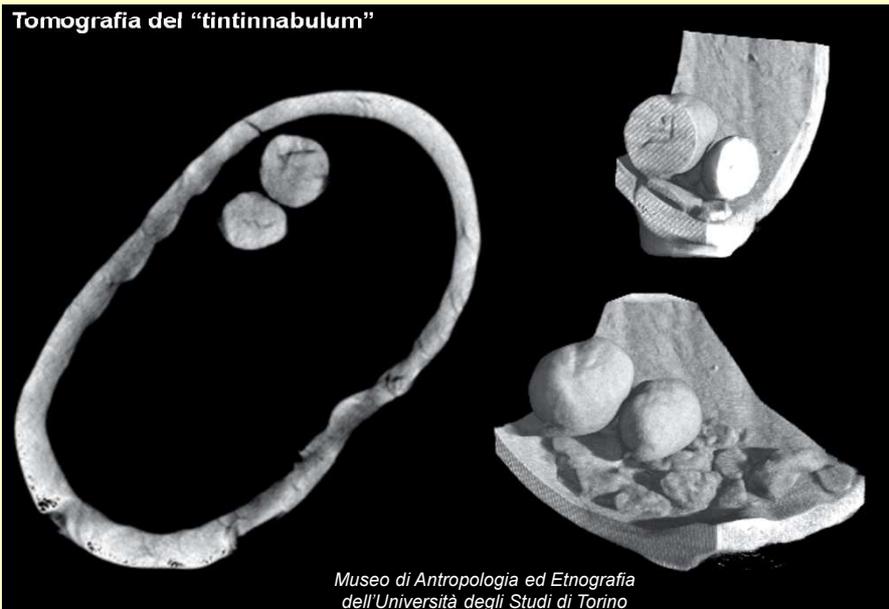
## Tomografie

Tomografia del "tintinnabulum"



## Tomografie

Tomografia del "tintinnabulum"

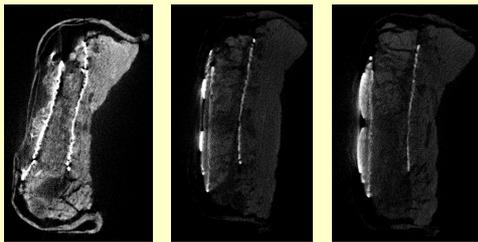


### Tomografie, esempio

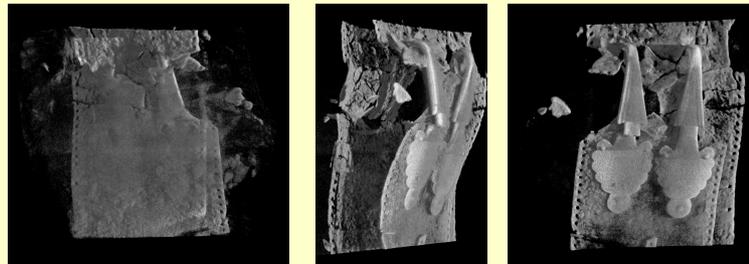
Scavo archeologico vicino l'Aquila (soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Abruzzo, restaurato presso il CCR La Venaria Reale nel 2012). Tomografia eseguita prima delle operazioni di restauro e conservazione.



### Tomografie, esempio

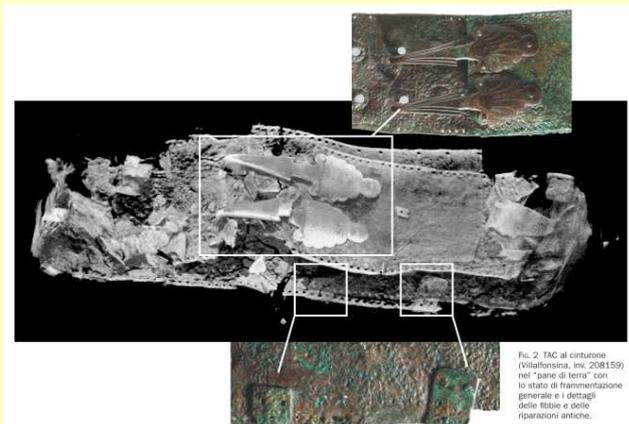


Tomografia



## Tomografie, esempio

Ricostruzione tomografica (che al contrario della radiografia fornisce informazioni tridimensionali) con cui è stato possibile estrarre "virtualmente" l'oggetto dal pane di terra



Frammenti estratti



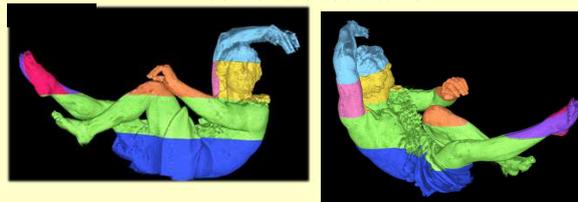
Dopo il restauro



Tratto da "Il Progetto neu\_ART. Studi e applicazioni. Neutron and X-ray tomography and imaging for cultural heritage", Ediris, Torino (2013)

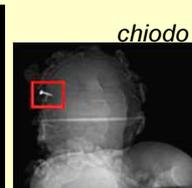
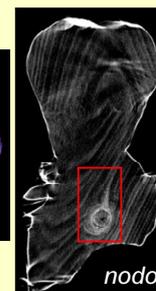
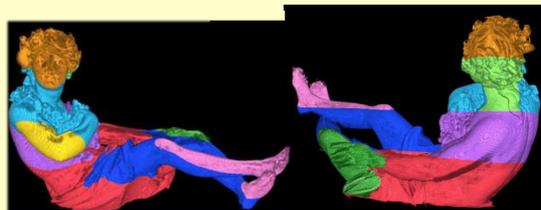
## Tomografie, esempi

Tecniche costruttive



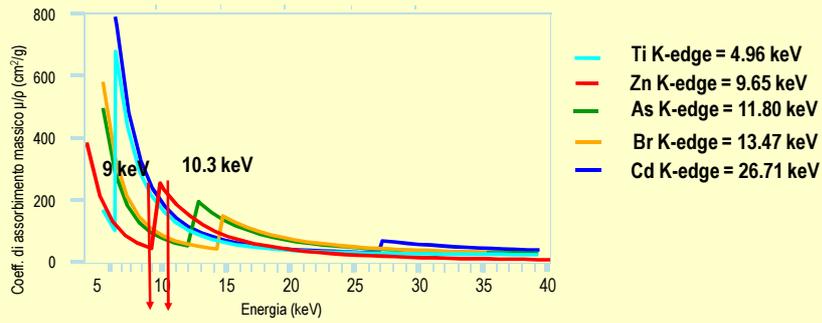
Ricostruzione TAC

Composto da diverse parti incollate

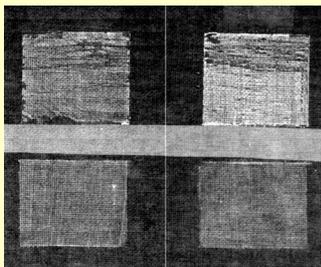


## ALTRA TECNICA INNOVATIVA: Radiografia differenziale (K-edge)

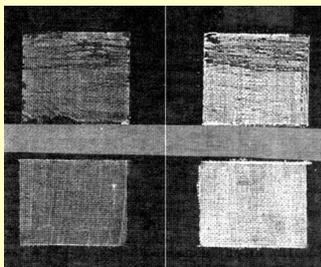
- Metodo **INNOVATIVO** non invasivo per ottenere la mappa di alcuni elementi chimici pesanti presenti nei pigmenti pittorici
- Viene sfruttata la grande variazione del coefficiente di assorbimento nell'intorno del K\_edge di un dato elemento



## Radiografia differenziale (K-edge)



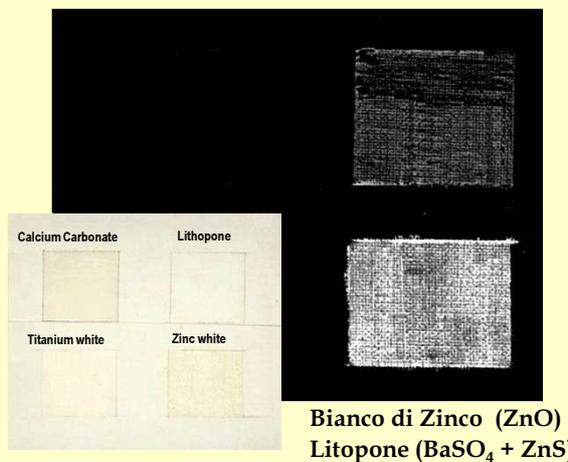
Rx ad energia sotto il K<sub>edge</sub>



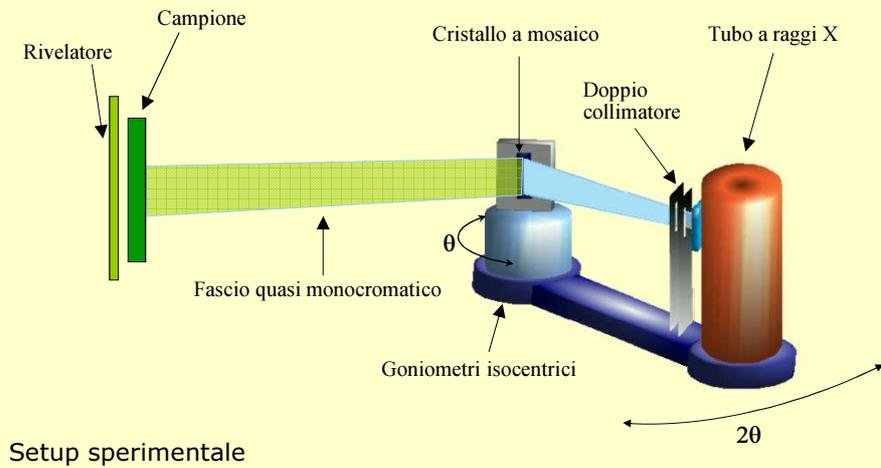
Rx ad energia sopra il K<sub>edge</sub>

Processando le immagini ottenute con appositi algoritmi si ottiene una mappatura, pixel per pixel, della densità superficiale dell'elemento cercato, componente di un pigmento

Mappatura dello Zn presente



## Radiografia differenziale (K-edge)



## Radiografia differenziale (K-edge)



Due sorgenti  
Fasci dal solo fondo  
di Bremsstrahlung

Sorgente Mo  
range: 6 – 15 keV  
< 6 keV assorbimento  
(NO composti  
organici)

Sorgente W  
range: 15 – 40 keV  
> 40 keV  $\theta$  troppo  
piccoli  
(L-edge)

## Radiografia differenziale (K-edge)

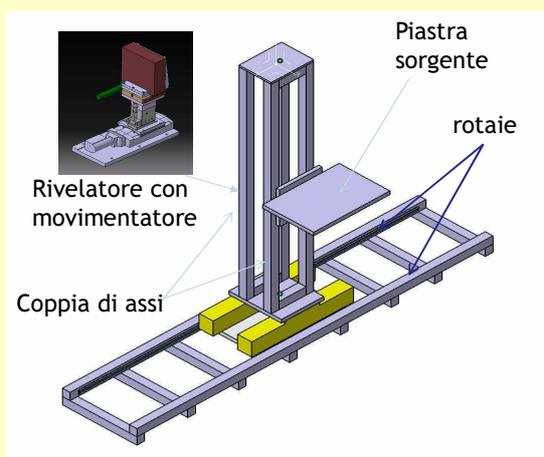
Elenco di alcuni elementi identificabili e dei pigmenti che li contengono

Elemento	K-edge (keV)	Pigmenti
Fe (26)	7,11	Terra di Siena, Terra d'Ombra, Bruno Van Dyck
Co (27)	7,71	Blu cobalto, Blu ceruleo, Smaltino, Verde di cobalto
Cu (29)	8,98	Verde di Malachite, verdigris, Blu egiziano, Verde di Scheele, Blu di rame
Zn (30)	9,66	Bianco di zinco, Litopone, Verde cobalto
As (33)	11,87	Verde di Scheele, Orpimento, Realgar
Hg (80)	12,28 (*)	Rosso di Cina
Pb (82)	13,04 (*)	Bianco di piombo, Minio, Arancione di molibdeno, Giallo di piombo e stagno
Sr (38)	16,20	Giallo di stronzio
Mo (42)	19,99	Arancione di molibdeno
Ag (47)	25,21	Vermiglione
Cd (48)	26,71	Giallo Arancione e Rosso di cadmio
Sn (50)	29,20	Bianco di stagno, Giallo di piombo e stagno, Blu ceruleo
Sb (51)	30,49	Bianco di antimonio, Giallo di Napoli,
Ba (56)	37,44	Bianco fisso, Litopone

(\*) L-edge

## Radiografia differenziale (K-edge)

Sarà ospitato nel locale radioprotetto del CCR di Venaria



Sistema di assi e rotaie per portare sorgente e rivelatore nella zona prescelta del quadro  
~ 2,5 m (H) x 1,5 m (V)

Movimento di scansione fine per acquisire mappe di distribuzione  
5 x 10 cm<sup>2</sup>

Attualmente in fase di realizzazione

## I due possibili lavori di tesi proposti con inizio in questo periodo (primo semestre 2015)

NOTA: in futuri periodi potranno essere disponibili tesi anche in altri ambiti di ricerca legata ai beni culturali e all'archeologia

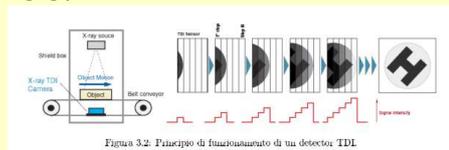
### Radiografia digitale e tomografia

TESI 1

#### Miglioramento del set-up sperimentale e per l'analisi dati



- Caratterizzazione completa dell'apparato RX-TAC (sia quello al CCR che quello al Dipartimento di Fisica usato per micro-TAC)
  - Sviluppo di software con labview per controllo ed elaborazione dati
- Upgrade dell'apparato RX-TAC
    1. Introduzione e interfacciamento di detector per correggere le emissioni non costanti della sorgente x.
    2. Utilizzo di un nuovo detector per imaging ad elevata risoluzione basato su tecnologia TDI (risoluzione 48  $\mu\text{m}$ , 16 bit di tonalità di grigi)



La tesi sarà svolta sia al CCR di Venaria che al Dipartimento di Fisica  
(contatto al CCR: Marco Nervo)

**Sviluppo apparato per radiografia differenziale (k-edge)**

- Caratterizzazione completa dell'apparato (attualmente al Dipartimento)
- Sviluppo di software con labview per controllo dell'apparato
- Smontaggio e riassetto di tutto l'apparato al CCR di Venaria
- Test dell'apparato e utilizzo su casi studio (dipinti su tela)



La tesi sarà svolta sia al CCR di Venaria che al Dipartimento di Fisica,  
L'attività di ricerca in questo ambito viene coordinata dal Prof. Luciano Ramello  
dell'Università del Piemonte Orientale

Per informazioni

**Ufficio:**

**1° piano Istituto Vecchio**

**Telefono:**

**0116707378**

**E-mail:**

**[alessandro.logiudice@unito.it](mailto:alessandro.logiudice@unito.it)**

**Web:**

**<http://www.dfs.unito.it/solid>**