



U - S E R I E S



XCVII CONGRESSO NAZIONALE
L'AQUILA 26 - 30 SETTEMBRE 2011

IMPIEGO DEI NEUTRONI PER ANALISI NON DISTRUTTIVE APPLICATE AI BENI CULTURALI

Roberto ROSA – U-Series S.r.l., Bologna, Italy



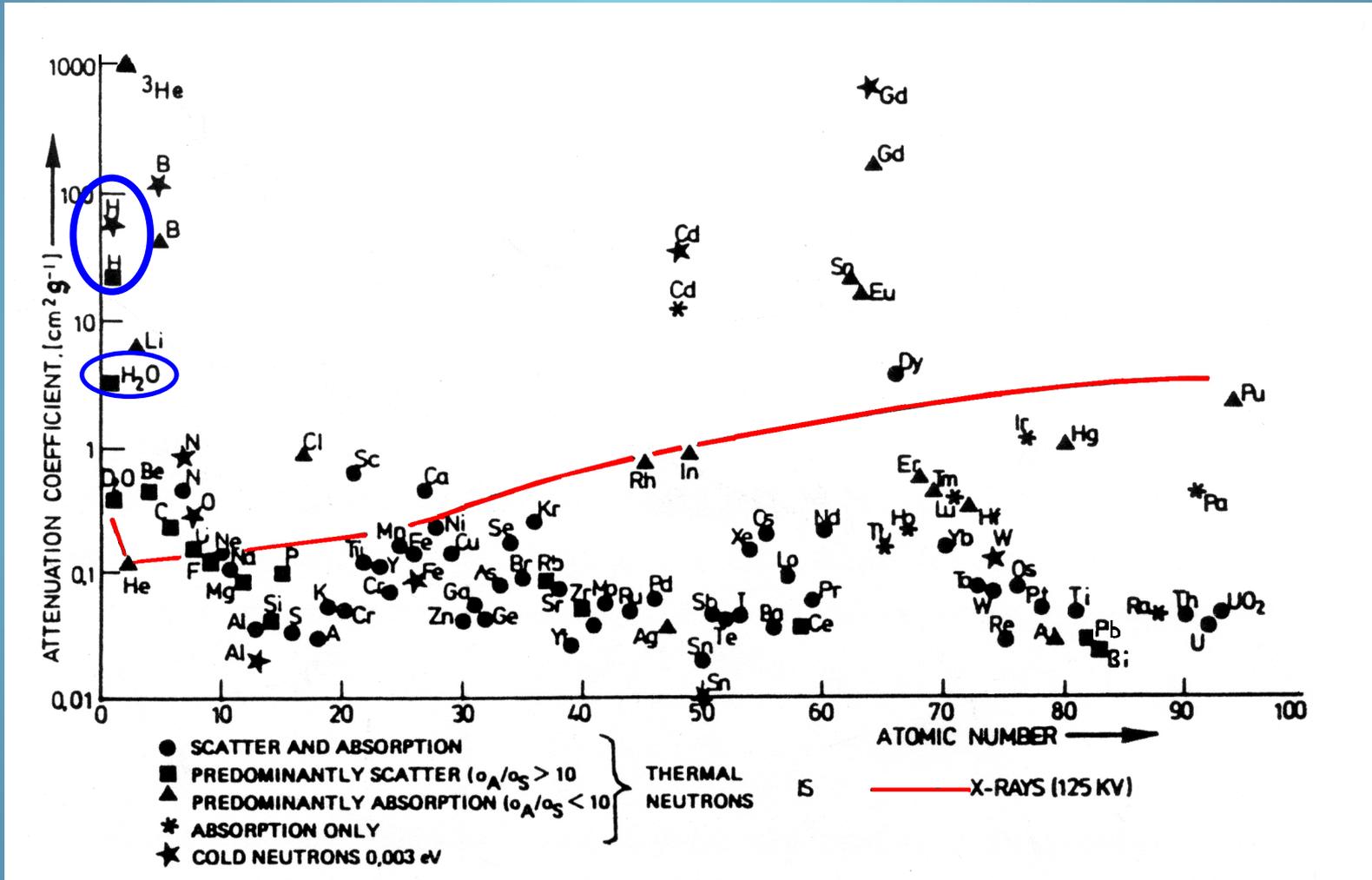
Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- Sorgenti di neutroni
- Imaging con neutroni termici
- Imaging con neutroni freddi
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- Neutron Back-Scattering – NBS
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*



Interazione dei neutroni coi materiali

Confronto Neutroni – Raggi X





Interazione dei neutroni coi materiali

Confronto Neutroni – Raggi X

Attenuation coefficients with X-ray [cm⁻¹]

1a	2a	3b	4b	5b	6b	7b	8					1b	2b	3a	4a	5a	6a	7a	0
H																		He	
0.02																		0.02	
Li	Be												B	C	N	O	F	Ne	
0.06	0.22												0.28	0.27	0.11	0.16	0.14	0.17	
Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl	Ar	
0.13	0.24												0.38	0.33	0.25	0.30	0.23	0.20	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
0.14	0.26	0.48	0.73	1.04	1.29	1.32	1.57	1.78	1.96	1.97	1.64	1.42	1.33	1.50	1.23	0.90	0.73		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
0.47	0.86	1.61	2.47	3.43	4.29	5.06	5.71	6.08	6.13	5.67	4.84	4.31	3.98	4.28	4.06	3.45	2.53		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
1.42	2.73	5.04	19.70	25.47	30.49	34.47	37.92	39.01	38.61	35.94	25.88	23.23	22.81	20.28	20.22		9.77		
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha															
	11.80	24.47																	

X

	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
*Lanthanides	5.79	6.23	6.46	7.33	7.68	5.66	8.69	9.46	10.17	10.91	11.70	12.49	9.32	14.07
**Actinides	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Vf	Es	Fm	Md	No	Lr
	28.95	39.65	49.08											x-ray

Attenuation coefficients with thermal neutrons [cm⁻¹]

1a	2a	3b	4b	5b	6b	7b	8					1b	2b	3a	4a	5a	6a	7a	0
H																		He	
3.44																		0.02	
Li	Be													B	C	N	O	Ne	
3.30	0.79													101.60	0.56	0.43	0.17	0.20	
Na	Mg													Al	Si	P	S	Ar	
0.09	0.15													0.10	0.11	0.12	0.06	0.03	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
0.06	0.08	2.00	0.60	0.72	0.54	1.21	1.19	3.92	2.05	1.07	0.35	0.49	0.47	0.67	0.73	0.24	0.61		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
0.08	0.14	0.27	0.29	0.40	0.52	1.76	0.58	10.88	0.78	4.04	115.11	7.58	0.21	0.30	0.25	0.23	0.43		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
0.29	0.07	0.52	4.99	1.49	1.47	6.85	2.24	30.46	1.46	6.23	16.21	0.47	0.38	0.27					
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha															
	0.34																		

	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
*Lanthanides	0.14	0.41	1.87	5.72	171.47	94.58	1479.04	0.93	32.42	2.25	5.48	3.53	1.40	2.75
**Actinides	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	0.59	8.46	0.82	9.80	50.20	2.86								neut.

n



Interazione dei neutroni coi materiali

Contrasto in livelli di grigio

Coefficiente di attenuazione dei neutroni espresso in livelli di grigio
per due spessori di materiale

Spessore : 0.1 cm

Materiale	H ₂ O	D ₂ O	C	Si	Al	Cr	Fe	Ni	Cu	Co	Pb
Freddi	Dark Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Dark Gray	Light Gray
Termici	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray

Spessore: 1.0 cm

Materiale	H ₂ O	D ₂ O	C	Si	Al	Cr	Fe	Ni	Cu	Co	Pb
Freddi	Black	Dark Gray	Dark Gray	Light Gray	Light Gray	Dark Gray	Dark Gray	Black	Dark Gray	Black	Light Gray
Termici	Black	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Dark Gray	Dark Gray	Light Gray	Dark Gray	Light Gray



Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- **Analisi in trasmissione**
- Sorgenti di neutroni
- Imaging con neutroni termici
- Imaging con neutroni freddi
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- Neutron Back-Scattering – NBS
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

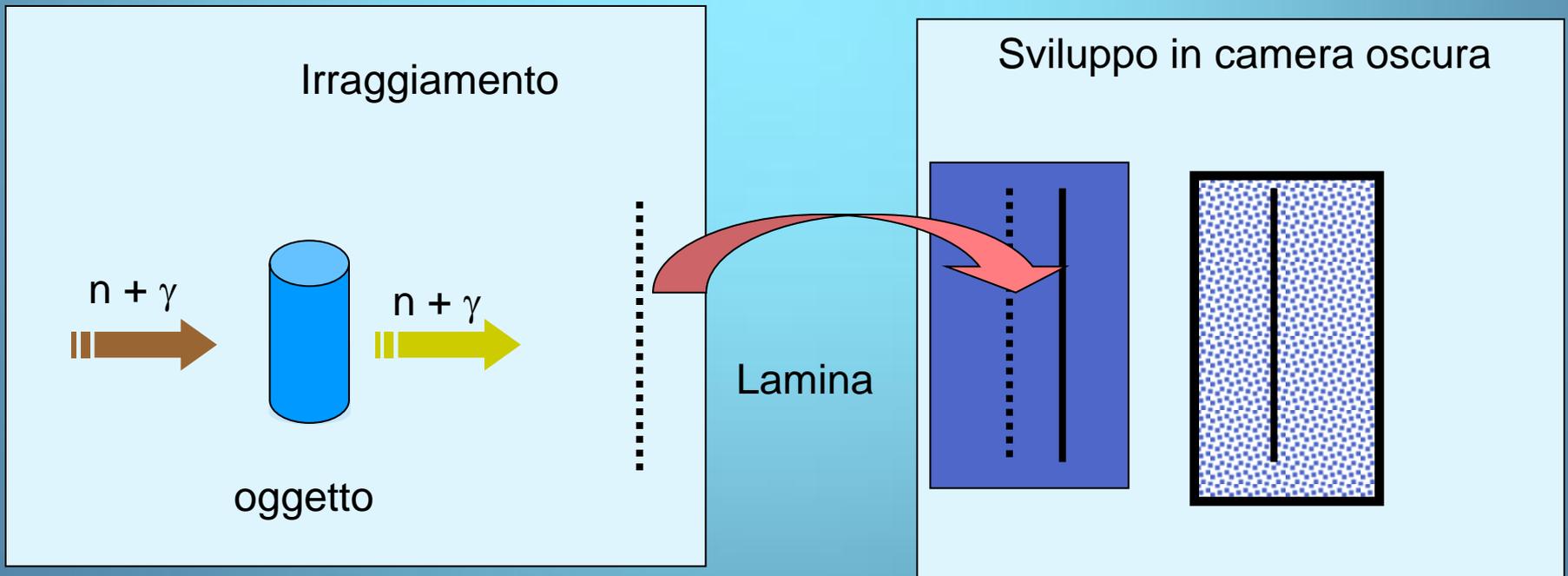


- Un fascio di neutroni collimati attraversa l'oggetto
- I neutroni non rimossi dal fascio interagiscono col rivelatore
- Differenti tipi di rivelatori convertono i neutroni in immagine
 - Metodo indiretto
 - Metodo diretto
 - Convertitori a scintillazione



Analisi in trasmissione - Metodo indiretto

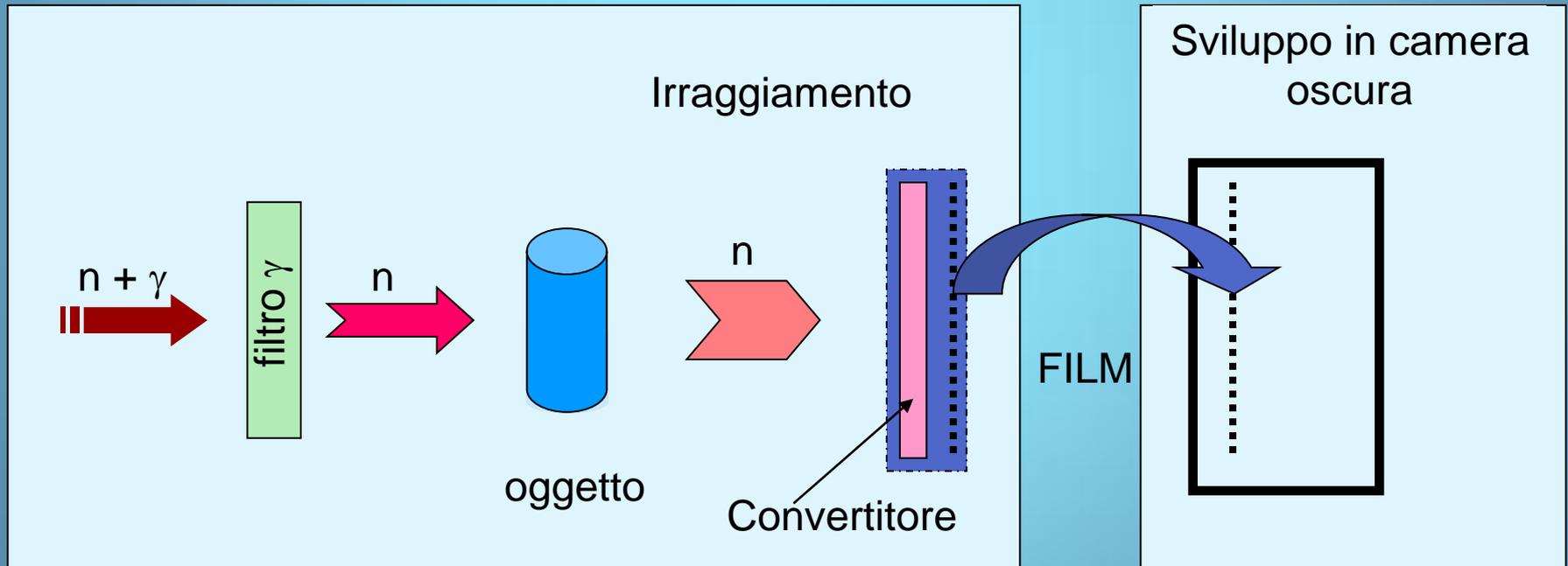
- Un foglio metallico (Dy, In, Gd) è usato come “registratore” dell’immagine
- Un’immagine di attivazione è formata sul foglio
- Il foglio viene trasferito, in laboratorio, a contatto del film fotografico
- L’impressione del foglio avviene dalla radiazione di decadimento
- Si usano materiali che si attivano velocemente (ma altrettanto velocemente decadono)





Analisi in trasmissione - Metodo diretto con film

- Conversione dei neutroni in γ : reazione Gd (n, γ)
- Sottile lastra ($\sim 25 \mu\text{m}$ montata su Al) a contatto del film fotografico
- Buona risoluzione: con film “lenti”, $25 \mu\text{m}$
- Necessità di eliminare i γ perché la pellicola fotografica è sensibile





U - SERIES

Analisi in trasmissione – Metodo diretto con CCD

Scintillatore

LiF + ZnS(Ag) [96% ^6Li]

0.4 mm su 1 mm Al

$n + ^6\text{Li} \rightarrow ^3\text{H} + ^4\text{He} + 4.79 \text{ MeV}$

Efficienza 15%

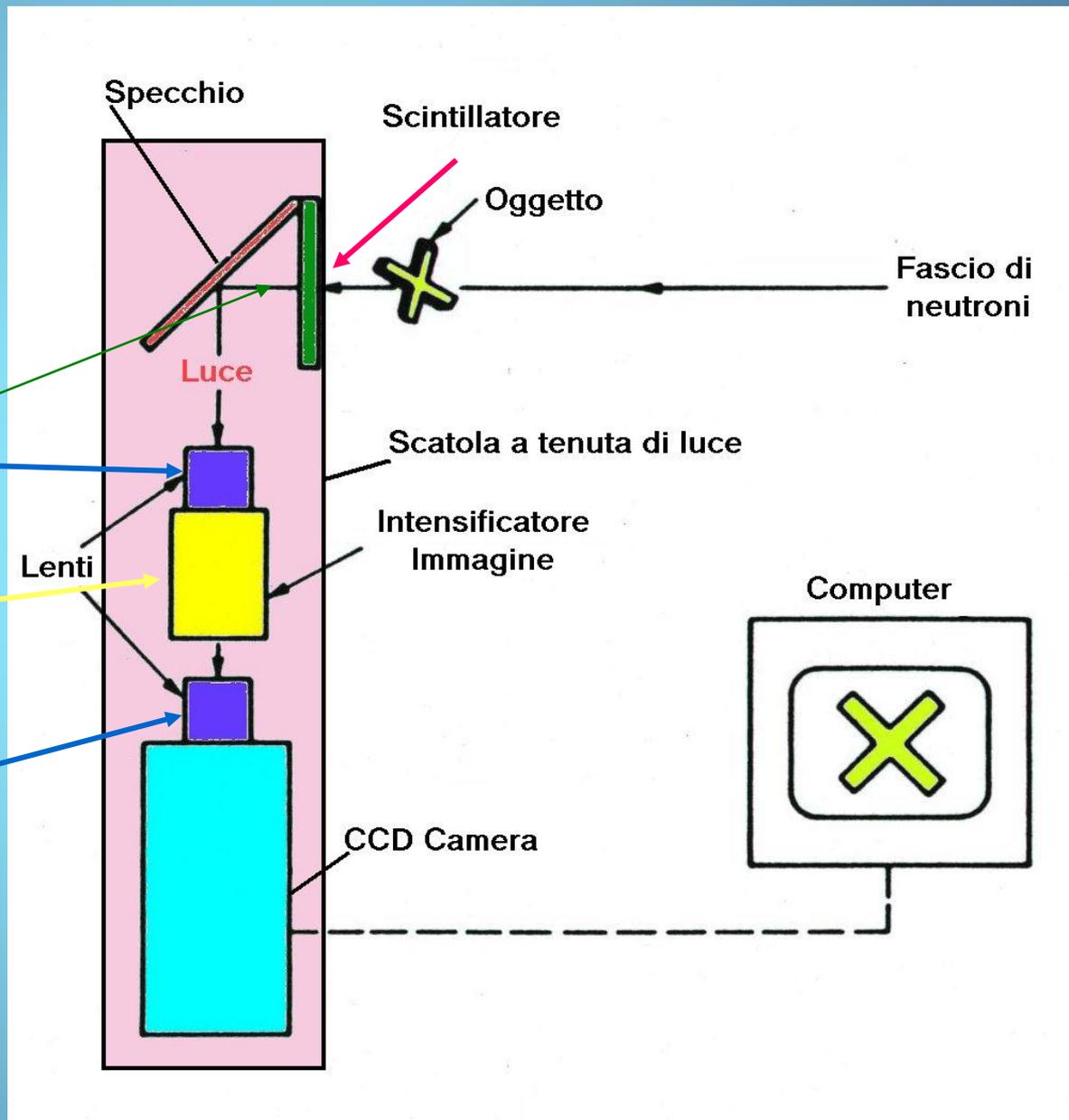
Resa: $1.74 \cdot 10^5 \text{ ph/scint}$

f: 1.2 – 55 mm

45%

MCP Hamamatsu
in e out: fibre ottiche
EQ 10% @ 450 nm
 $P^{20} \text{ ph } 550 \text{ nm}$

f: 1.2 – 55 mm

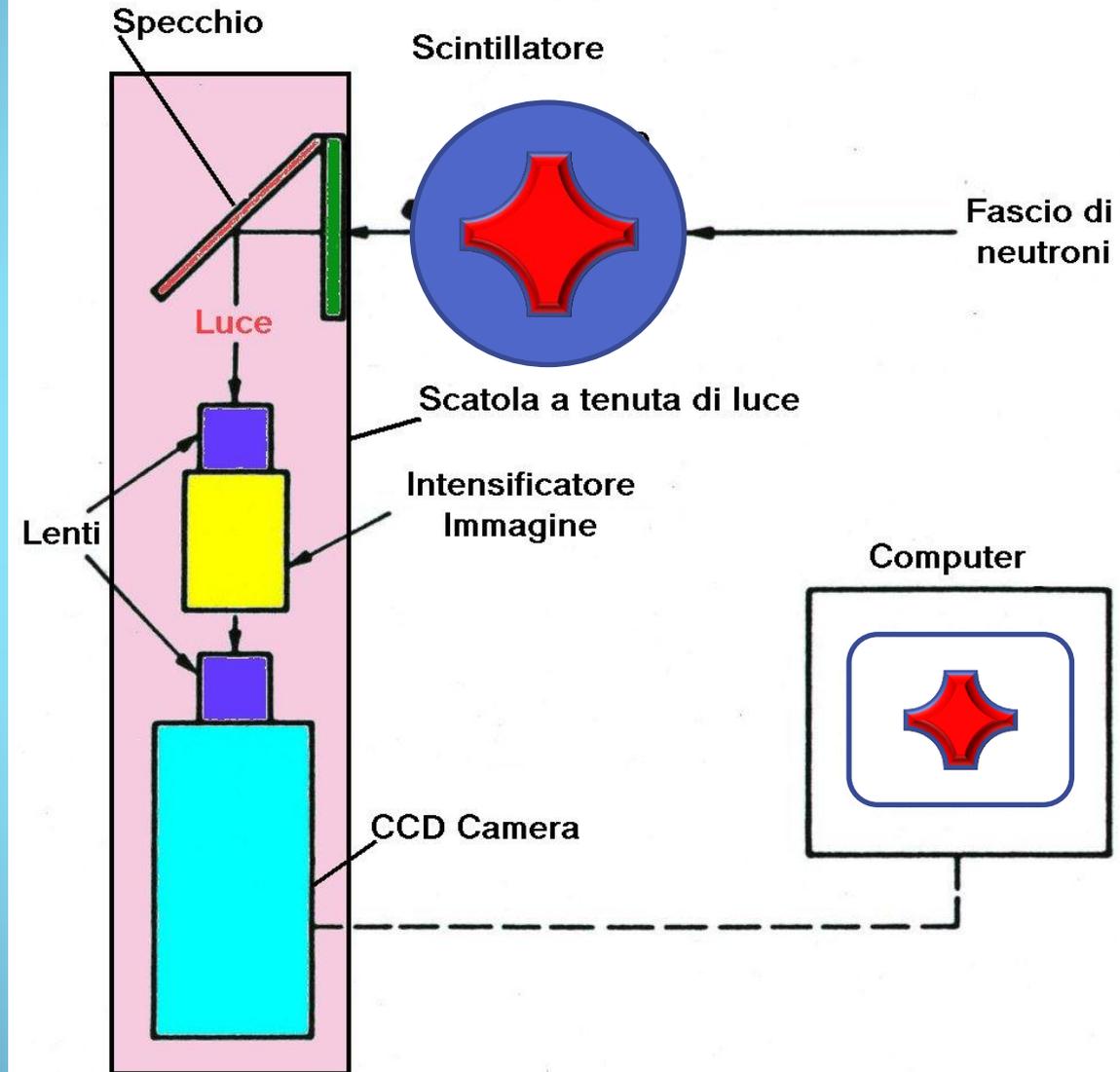




U - S E R I E S

Analisi in trasmissione – Tomografia

- Disponibilità di proiezioni in formato digitale
- FBP
- Filtrazione numerica
- Rendering 3D con possibilità di segmentazione





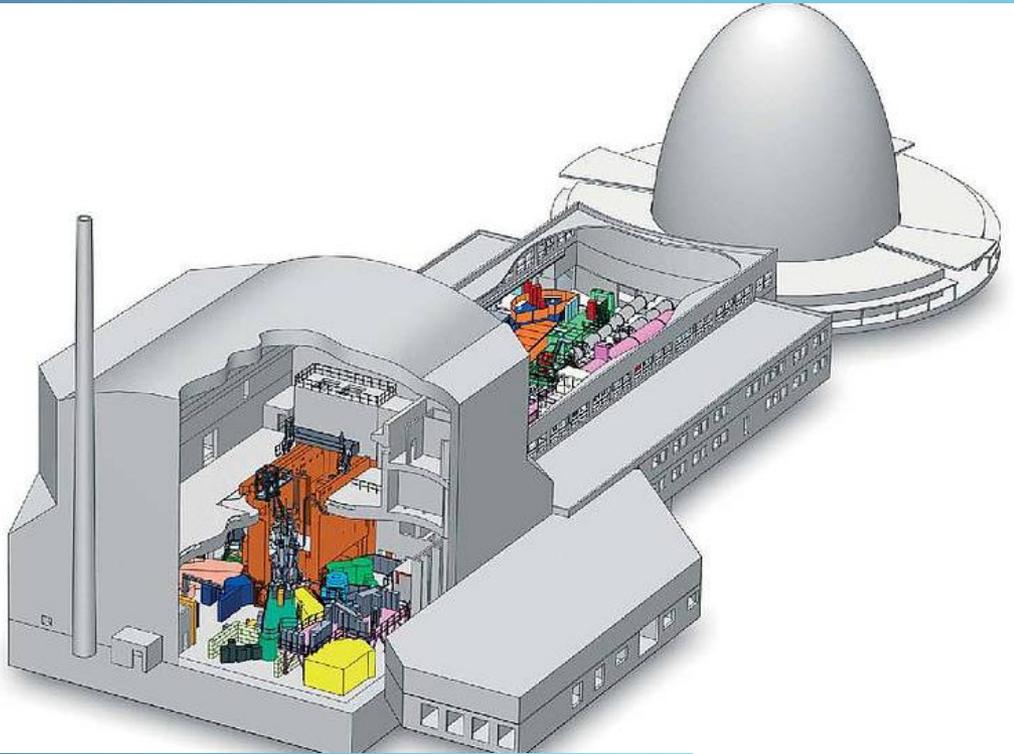
Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- **Sorgenti di neutroni**
- Imaging con neutroni termici
- Imaging con neutroni freddi
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- Neutron Back-Scattering – NBS
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

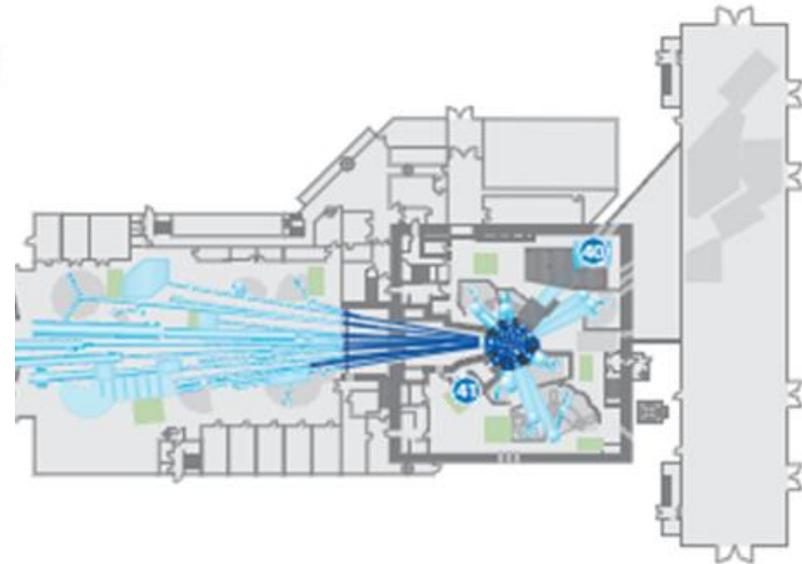


U - SERIES

Sorgenti di neutroni



FMR II – Garching - D



ANTARES cold n

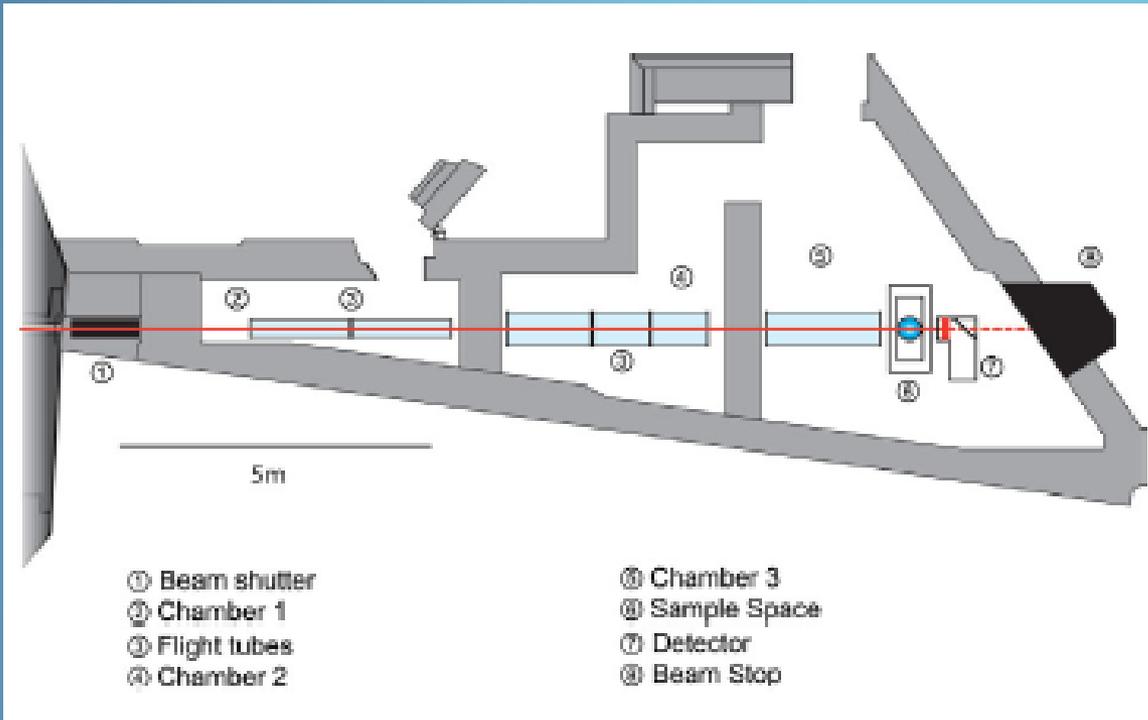


NECTAR fission n



U - SERIES

Sorgenti di neutroni - ANTARES



Collimation and flux at the sample position

- $L/D = 200, 4 \cdot 10^8 \text{ n/cm}^2\text{s}$
- $L/D = 400, 1 \cdot 10^8 \text{ n/cm}^2\text{s}$
- $L/D = 800, 2.6 \cdot 10^7 \text{ n/cm}^2\text{s}$
- $L/D = 8000, 2.6 \cdot 10^5 \text{ n/cm}^2\text{s}$
- Beam size up to $35 \times 35 \text{ cm}^2$





U - S E R I E S

Sorgenti di neutroni - NECTAR

Neutron source

Converter facility at FRM II
2 plates of uranium-silicide
(93 % ^{235}U , total 540 g), $P = 80 \text{ kW}$

Neutron spectrum

Fission spectrum

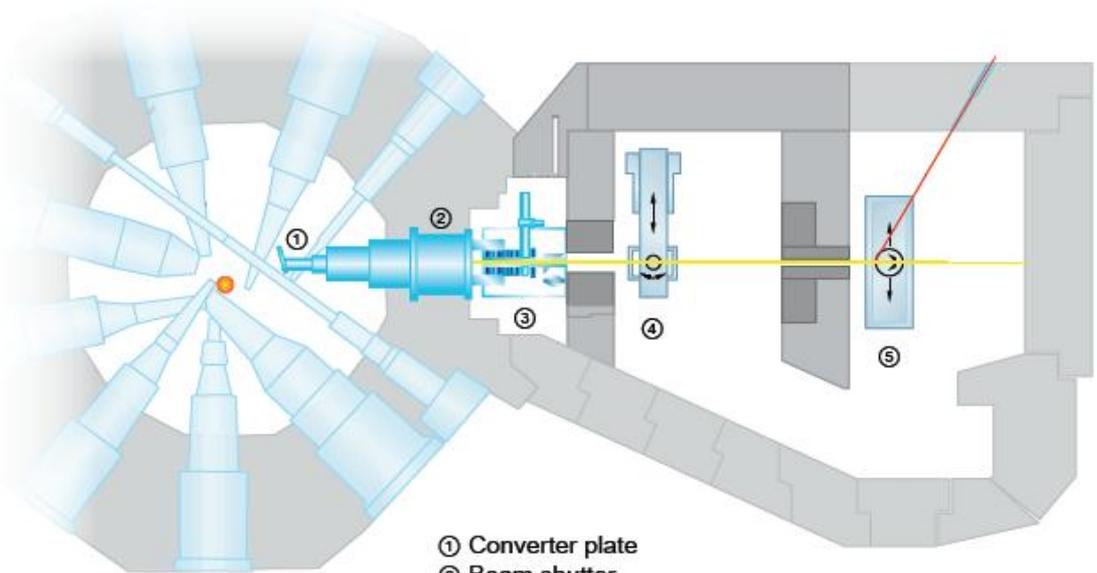
- Mean energy: 1.8 MeV
- Flux: $8.7 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} - 4.7 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
(depends on filter used)
- Best L/D: 233 ± 16 (with collimator, measured)

Sample space

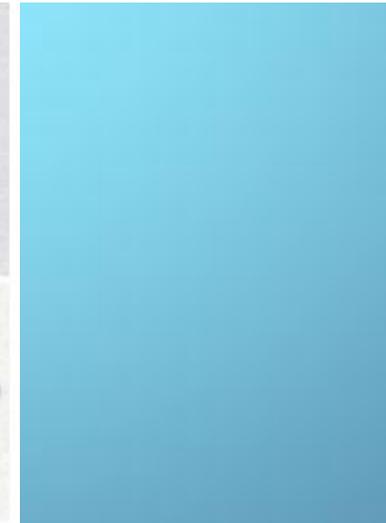
Max. 80 cm x 80 cm x 80 cm
Max. 400 kg
Sample environments easily attachable
(e. g. pressure cells)

Detection systems

CCD-based (ANDOR DV434-BV, pco. 1600)
detection systems with different converters, e. g.
pp-converter with 30% ZnS and 30 cm x 30 cm x
0.24 cm) available



- ① Converter plate
- ② Beam shutter
- ③ Filters
- ④ Medical treatment station
- ⑤ Sample table NECTAR





U - SERIES

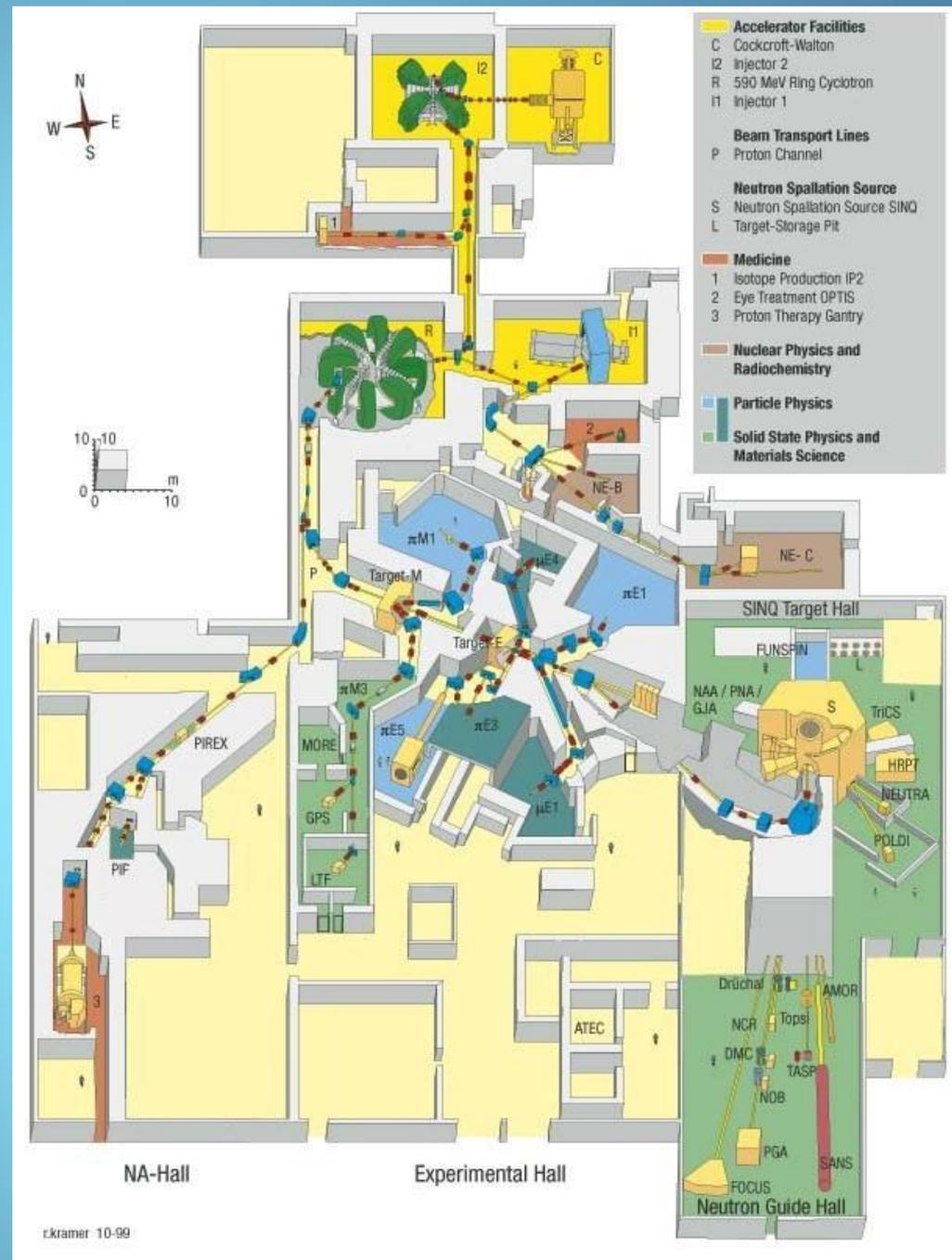
Sorgenti di neutroni

Sorgente di spallazione

SINQ

PSI

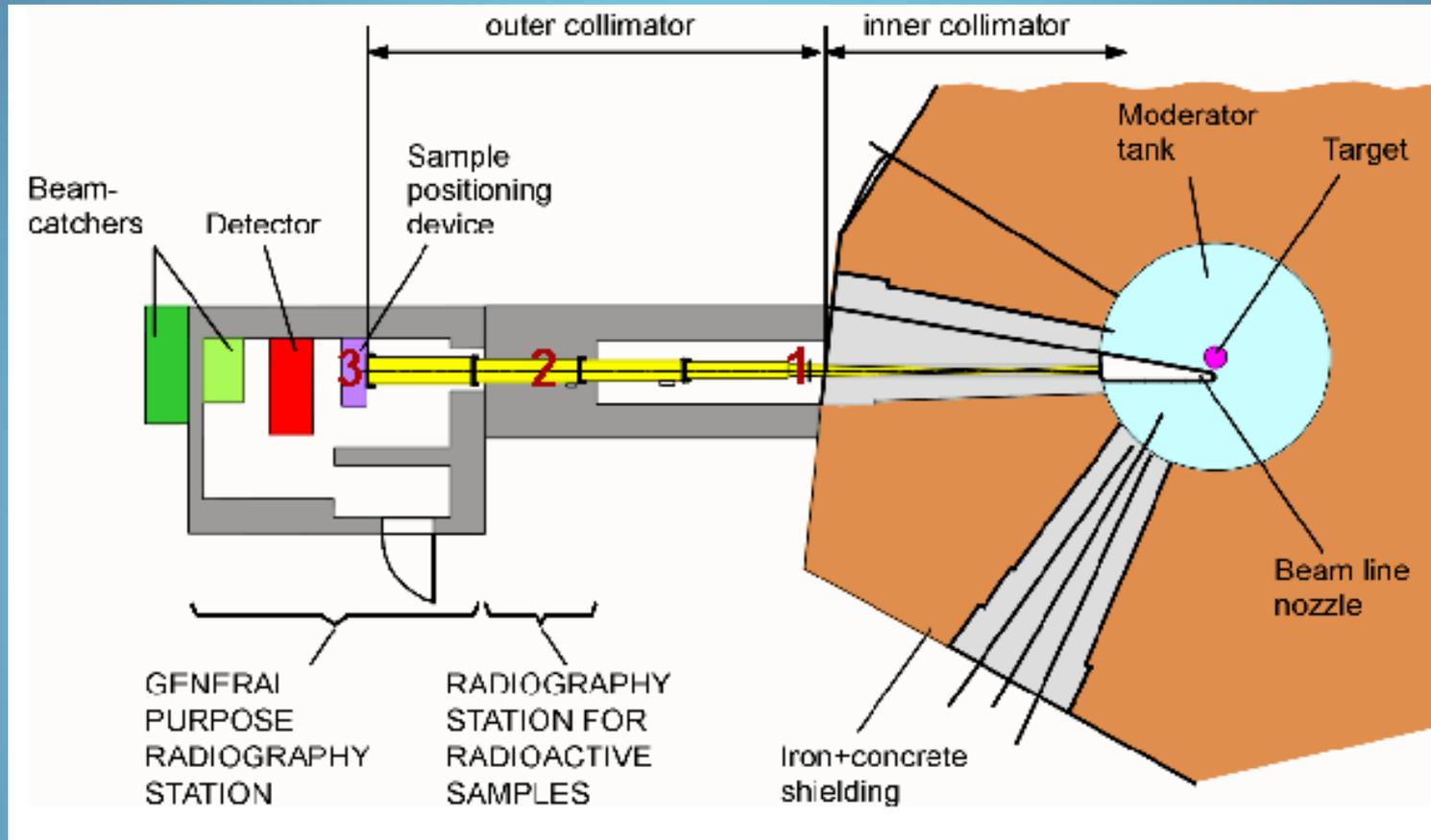
Villigen - CH





U - SERIES

Sorgenti di neutroni - NEUTRA



Position for experiments	1	2	3
Distance from the target centre [mm]	6404	9876	13131
Distance from the aperture blind [mm]	3820	7292	10547
Beam diameter [mm]	150	290	400
Neutron flux [$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{mA}^{-1}$]	$2.82\text{E}+07$	$7.54\text{E}+06$	$3.96\text{E}+06$
L/D	200	350	550
Cd-ratio	100	100	100

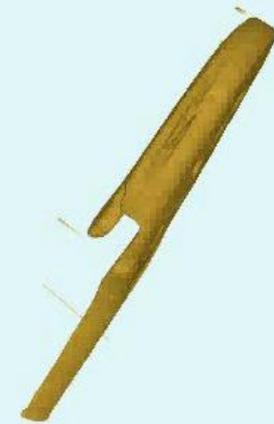
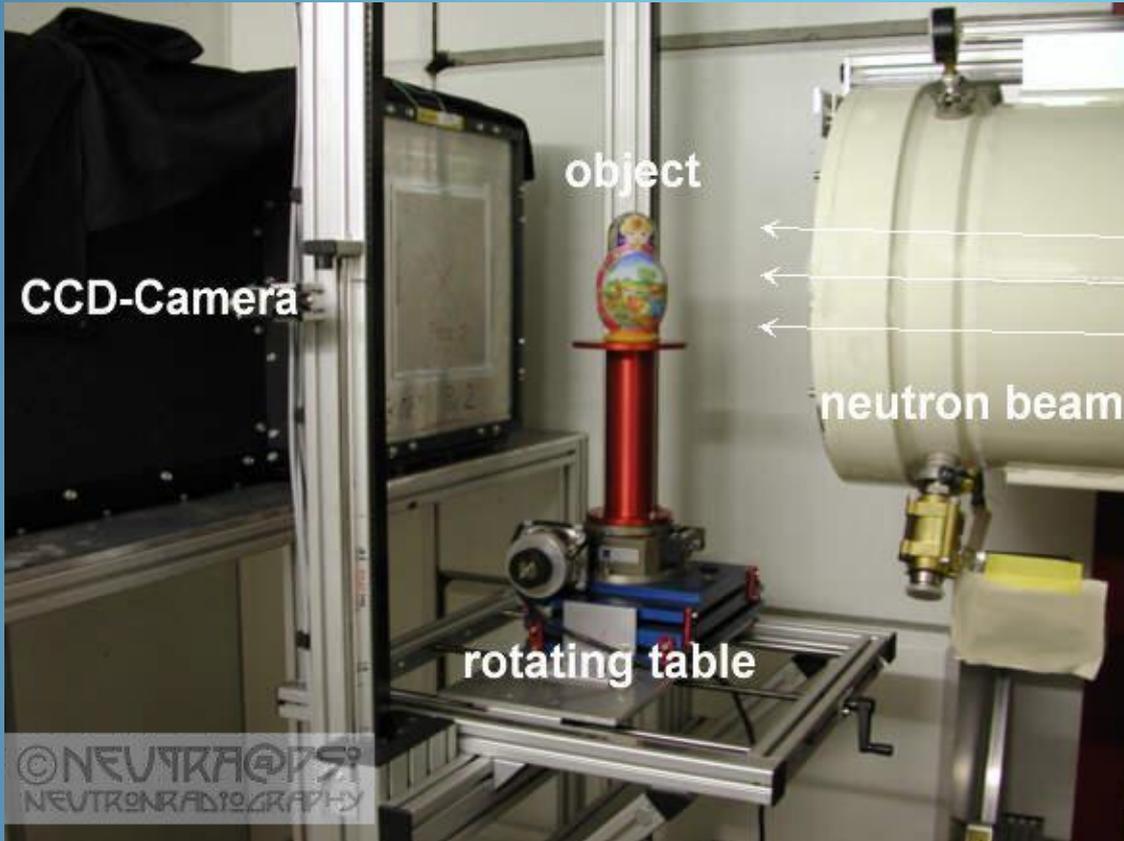


Eberhard Lehmann
Stefan Hartmann



U - SERIES

Sorgenti di neutroni - NEUTRA



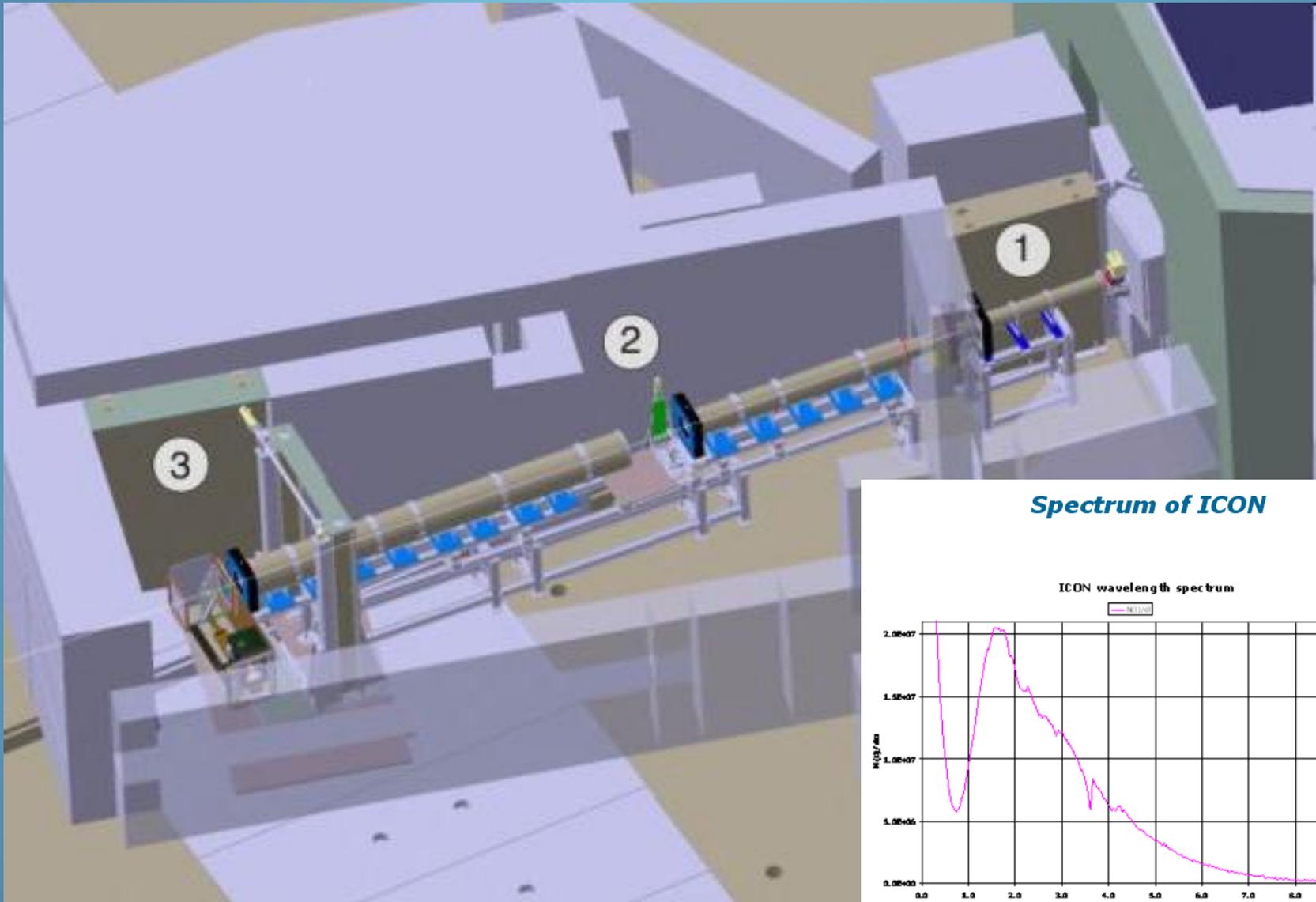
PAUL SCHERRER INSTITUT
PSI

Eberhard Lehmann
Stefan Hartmann

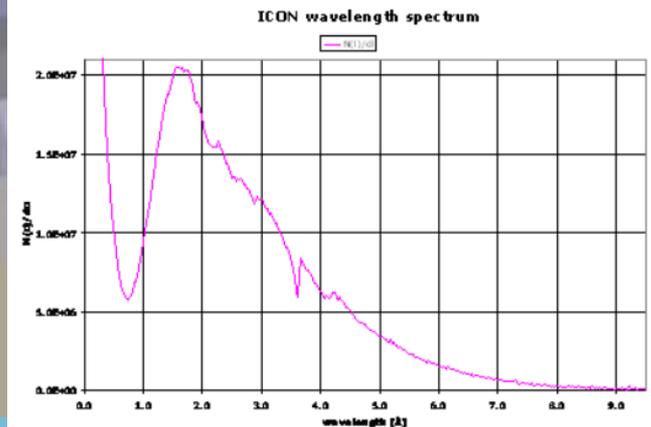


U - SERIES

Sorgenti di neutroni - ICON



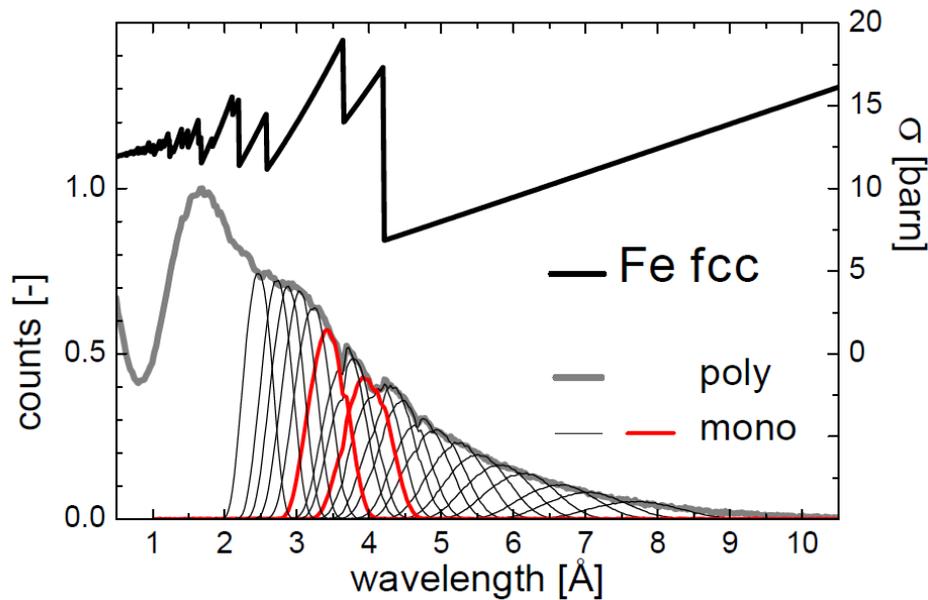
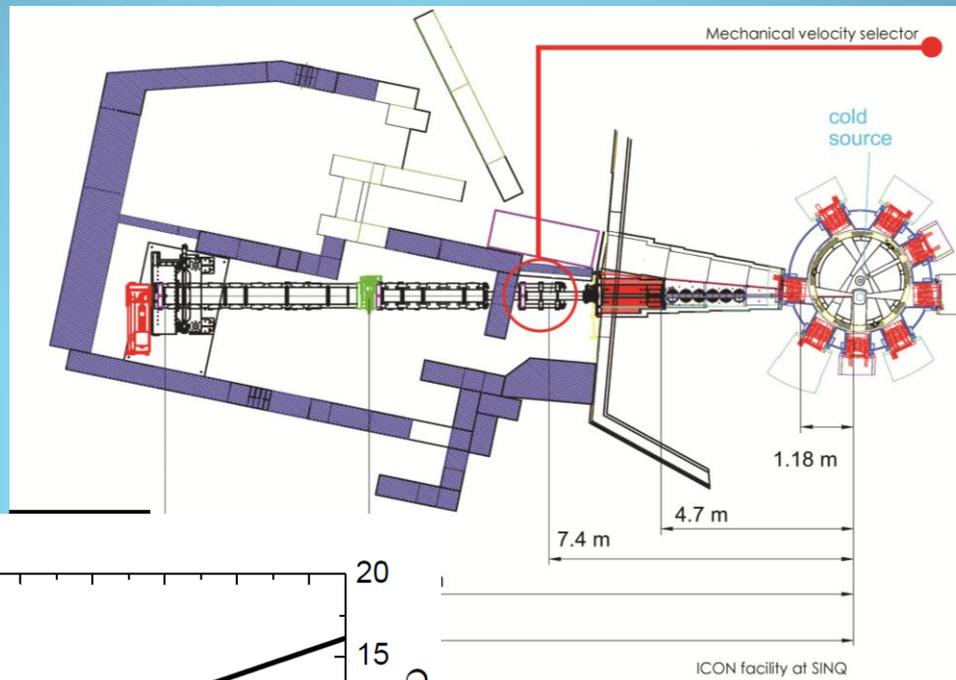
Spectrum of ICON





U - SERIES

Sorgenti di neutroni - ICON





Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- Sorgenti di neutroni
- **Imaging con neutroni termici**
- Imaging con neutroni freddi
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- Neutron Back-Scattering – NBS
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*



U - SERIES

Imaging con neutroni termici



*Tetsu bari (placche di metallo) shiki
kawari-bachi*

Ryōei

Ohara Katsunari - Provincia di
Hiroshima

Fine del XVII Secolo – Forma a
conchiglia

Saldature non visibili: pezzo unico?



Francesco Civita
Riccardo Franci



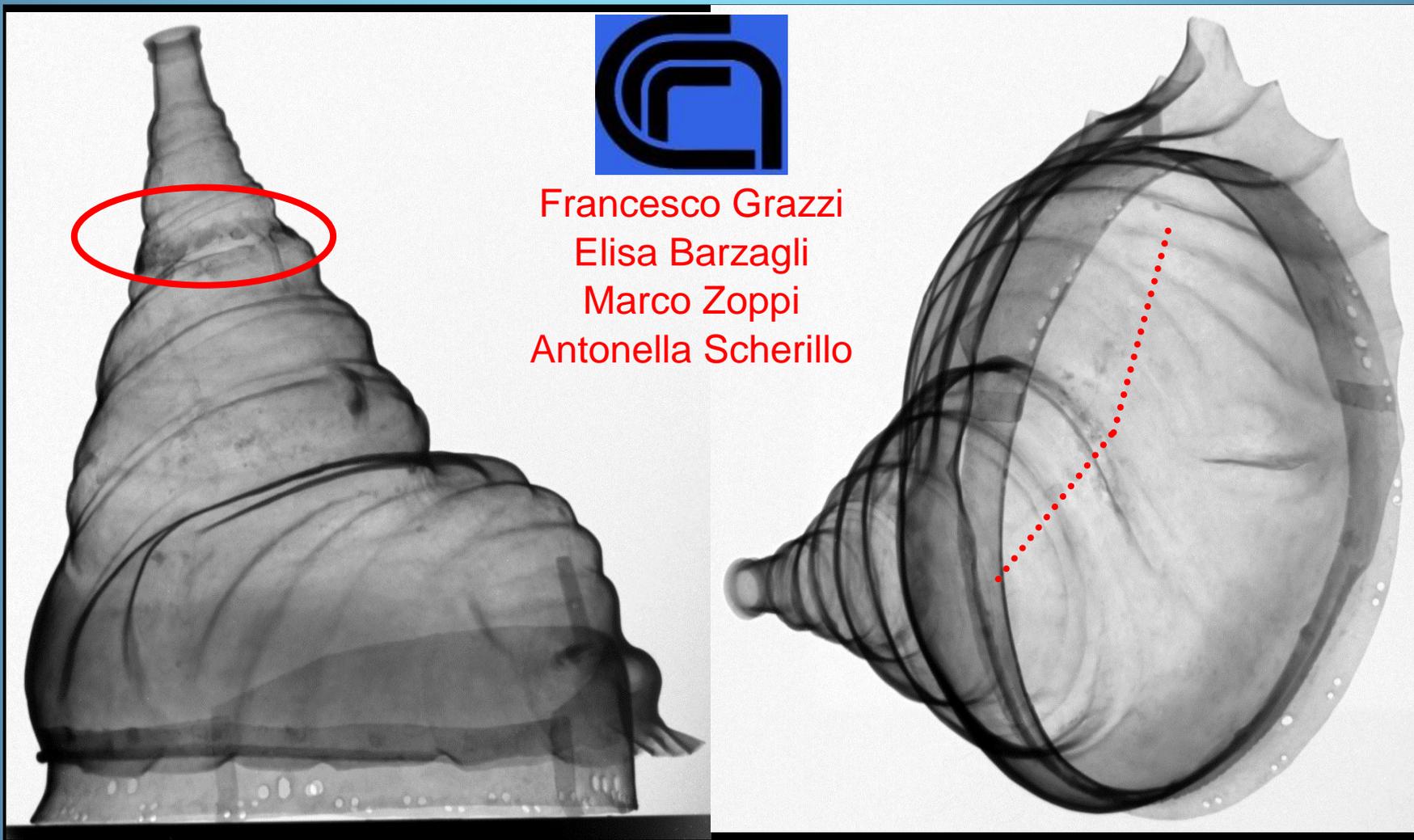
U - SERIES

Imaging con neutroni termici

Due saldature in Cu (spettro γ) - Elmo realizzato con un foglio di acciaio avvolto con l'aggiunta di un cappello saldato



Francesco Grazi
Elisa Barzagli
Marco Zoppi
Antonella Scherillo





Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- Sorgenti di neutroni
- Imaging con neutroni termici
- **Imaging con neutroni freddi**
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- Neutron Back-Scattering – NBS
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*



U - S E R I E S

Imaging con neutroni freddi

Caratterizzazione quantitativa di un frammento di spada giapponese (katana) mediante imaging neutronico con risoluzione di energia



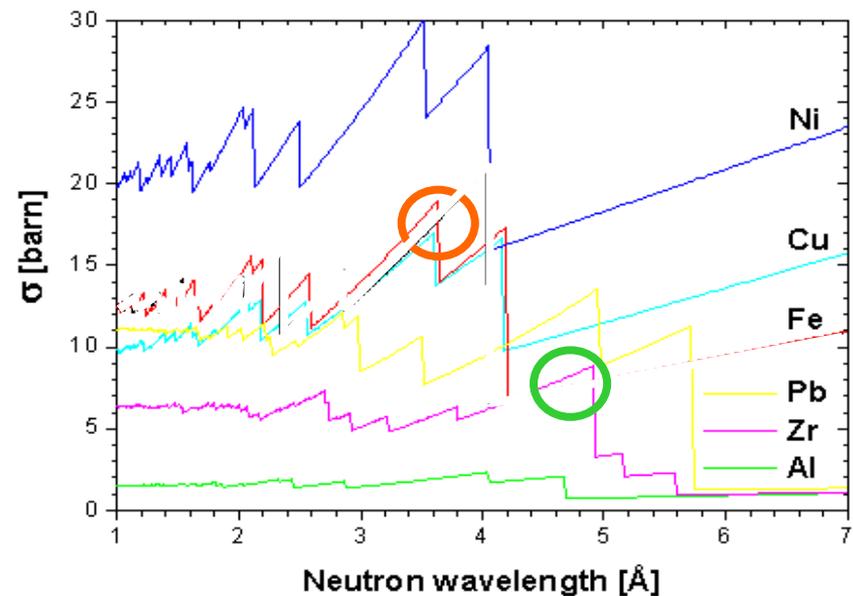
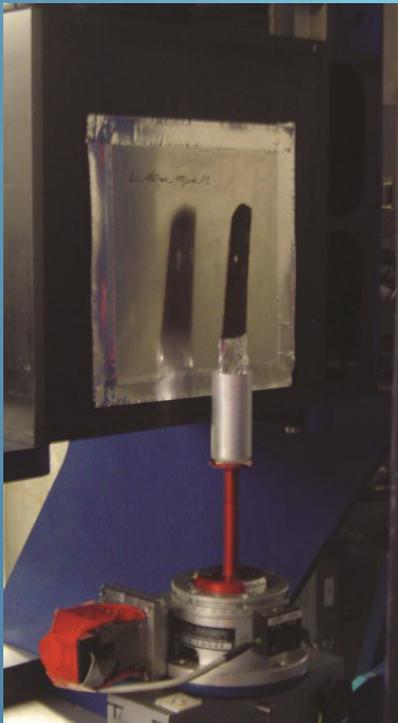
Francesco Civita
Riccardo Franci



U - SERIES

Imaging con neutroni freddi

- Tomografia di una lama con risoluzione di energia
- Campione avvolto in un foglio di alluminio
- 2 velocità del selettore di frequenze per massimizzare il contrasto nella ferrite per il Bragg edge (neutroni 3.8 e 4.8 Å)
- 750 proiezioni per le due differenti lunghezze d'onda
- Due ricostruzioni tomografiche indipendenti
- Sottrazione della tomografia a 4.8 Å da quella a 3.8 Å
- Nel volume interno: aree chiare: ferrite; aree scure: cementite

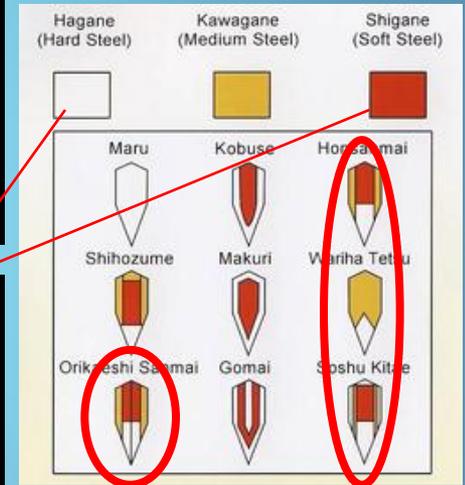
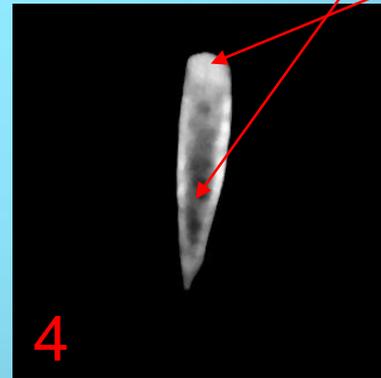
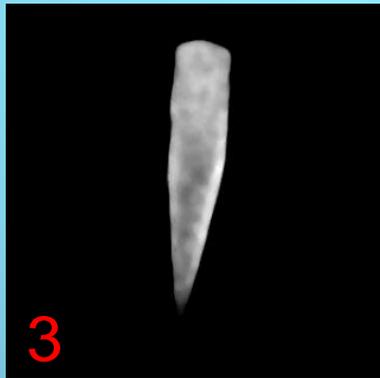
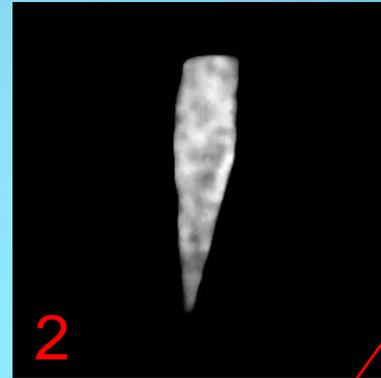
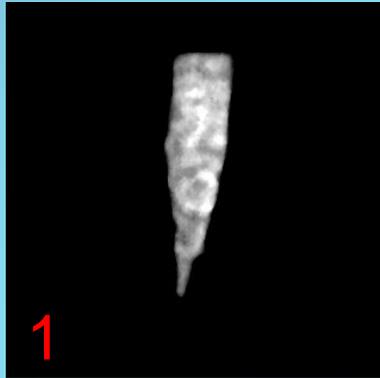
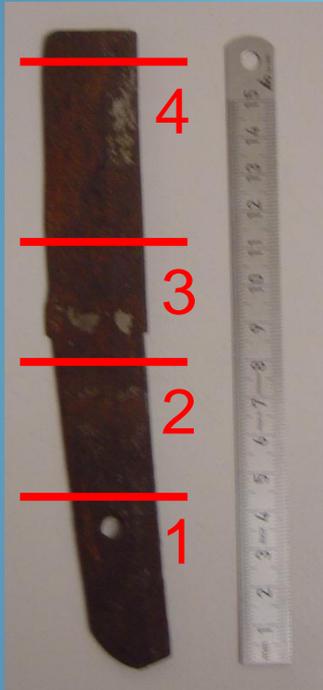




U - SERIES

Imaging con neutroni freddi

Aree chiare: ferrite - Aree scure: cementite





U - S E R I E S

Imaging con neutroni freddi

Contributo di Francesco Grazzi – CNR, Istituto dei Sistemi Complessi,
Firenze - Italy

Team members



Elisa Barzagli
Marco Zoppi
Antonella Scherillo



Francesco Civita
Riccardo Franci



Eberhard Lehmann
Stefan Hartmann





Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- Sorgenti di neutroni
- Imaging con neutroni termici
- Imaging con neutroni freddi
- **Autoradiografia Neutronica - NAR**
- Neutron Back-Scattering – NBS
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*



Autoradiografia Neutronica - NAR

- Analisi non distruttiva
- Elevata penetrazione
- Interazione con elementi leggeri e pesanti
- La successiva spettrometria γ consente di identificare gli elementi
- Differenti immagini per le diverse vite medie

Risposte

- Attribuzione: originale o copia
- Genesi del dipinto, in combinazione con la radiografia X
- Informazione sulle tecniche pittoriche usate
- Determinazione dei pigmenti e materiali usati



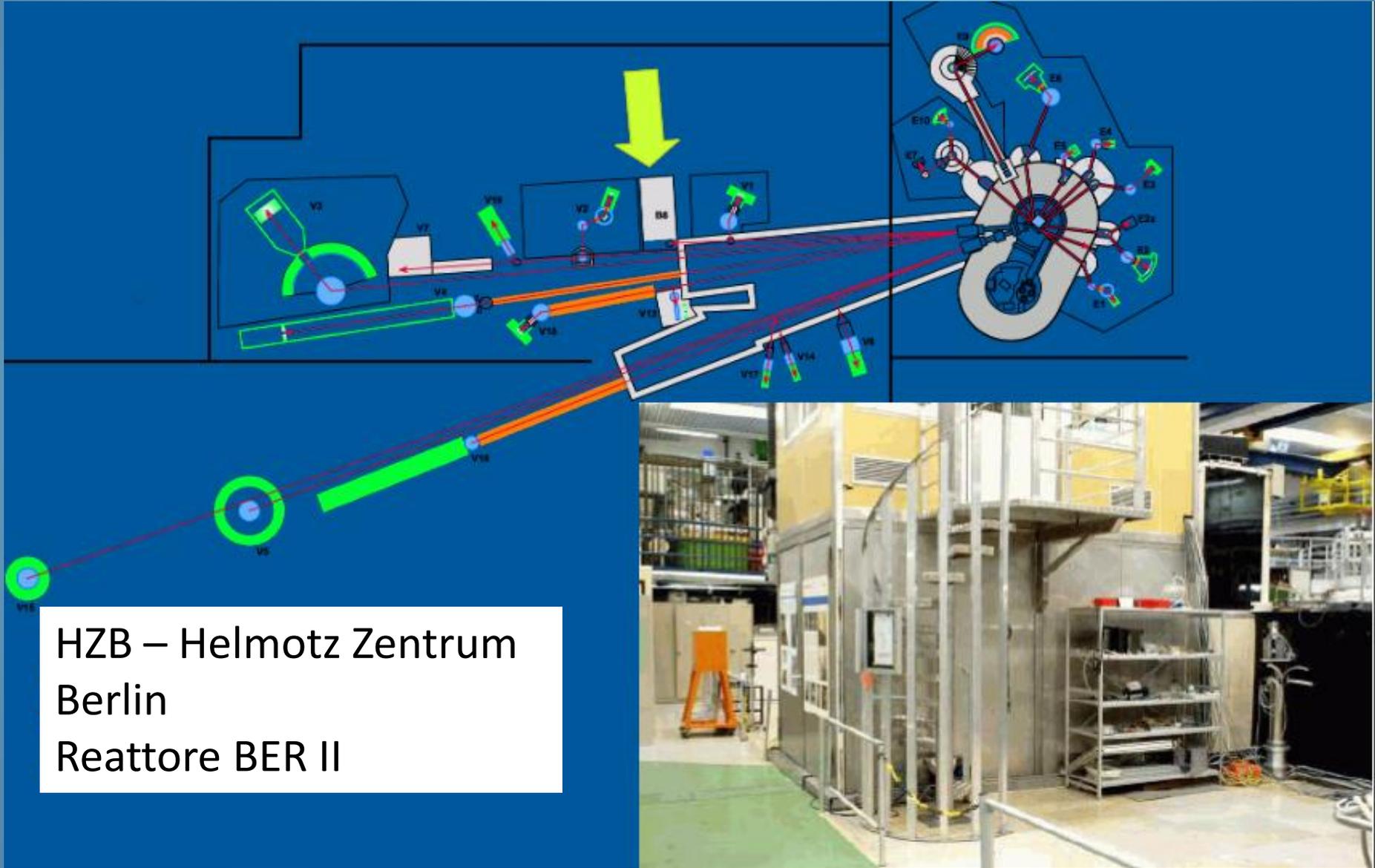
Autoradiografia Neutronica - NAR

- Metodo molto efficace per esaminare ed analizzare materiali e tecniche usate nella pittura
- Permette la visualizzazione di strutture e strati pittorici sotto la superficie visibile
- Consente di esaminare in dettaglio la composizione dei pigmenti
- Integra l'analisi visibile o la radiografia X
- Supporto per le attribuzioni o rivelazione di falsi
- Strumento dedicato presso il reattore BER II del HZB – Helmutz Berlin Zentrum (ref. A. Denker)



U - SERIES

Autoradiografia Neutronica - NAR



HZB – Helmutz Zentrum
Berlin
Reattore BER II



Autoradiografia Neutronica - NAR

- Irraggiamento a BER II in guida a neutroni freddi (area 3.5x12.5 cm)
- Angolo di $\sim 5^\circ$ per maggiore percorso dei neutroni
- Movimento del supporto per attivazione uniforme del dipinto
- Breve tempo di irraggiamento: solo $\sim 4/10^{12}$ atomi sono attivati \rightarrow indagine non distruttiva
- Una decina di diversi isotopi, leggeri e pesanti, vengono creati, con differenti vite medie
- Il decadimento β - indotto impressiona film o Imaging Plates
- Diversi pigmenti in diversi film
- La spettroscopia γ fornisce informazioni sulla composizione dei pigmenti



Autoradiografia Neutronica - NAR

Isotopo	Vita Media	Pigmento
^{56}Mn	2.6 h	Colori marrone, Ambra, Ocra
^{64}Cu	13 d	Azurite, Malachite
^{76}As	1.1 d	Smalto, Realgar, Orpimento
^{122}Sb ^{124}Sb	2.7 d 60 d	Giallo di Napoli
^{32}P	14 d	Nero di ossa
^{203}Hg	47 d	Vermiglione
^{60}Co	5.3 y	Smalto

Principali isotopi e relativi colori



U - SERIES

Autoradiografia Neutronica - NAR



Nicolas Poussin – Armida rapisce Rinaldo dormiente (dettaglio)
Presunto originale alla Dulwich Picture Gallery - GB



Presunta replica alla Berlin Picture Gallery - D



U - S E R I E S

Autoradiografia Neutronica - NAR

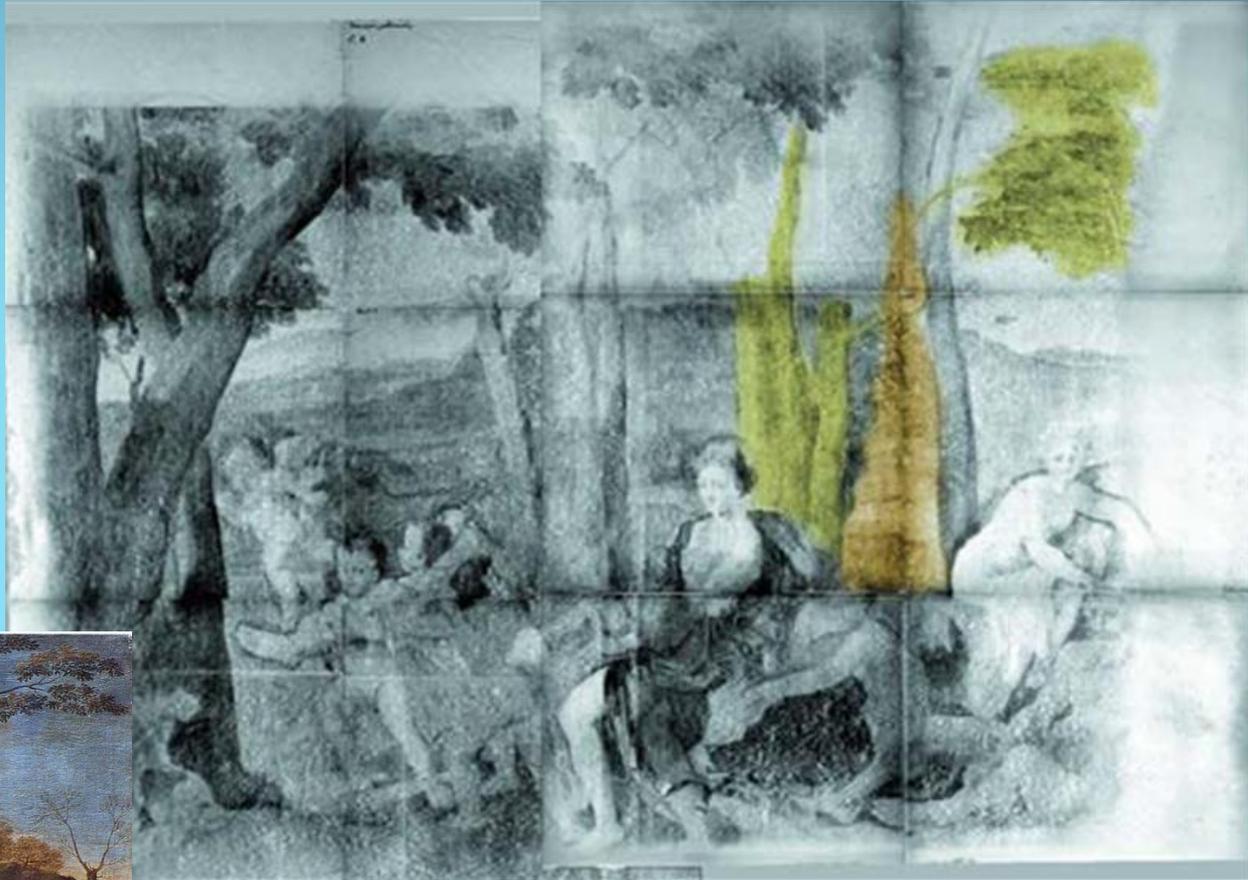


Radiografia in trasmissione X



U - SERIES

Autoradiografia Neutronica - NAR



I^ Autoradiografia

Probabile originale di Poussin



Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- Sorgenti di neutroni
- Imaging con neutroni termici
- Imaging con neutroni freddi
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- **Neutron Back-Scattering – NBS**
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*



Neutron Back-Scattering

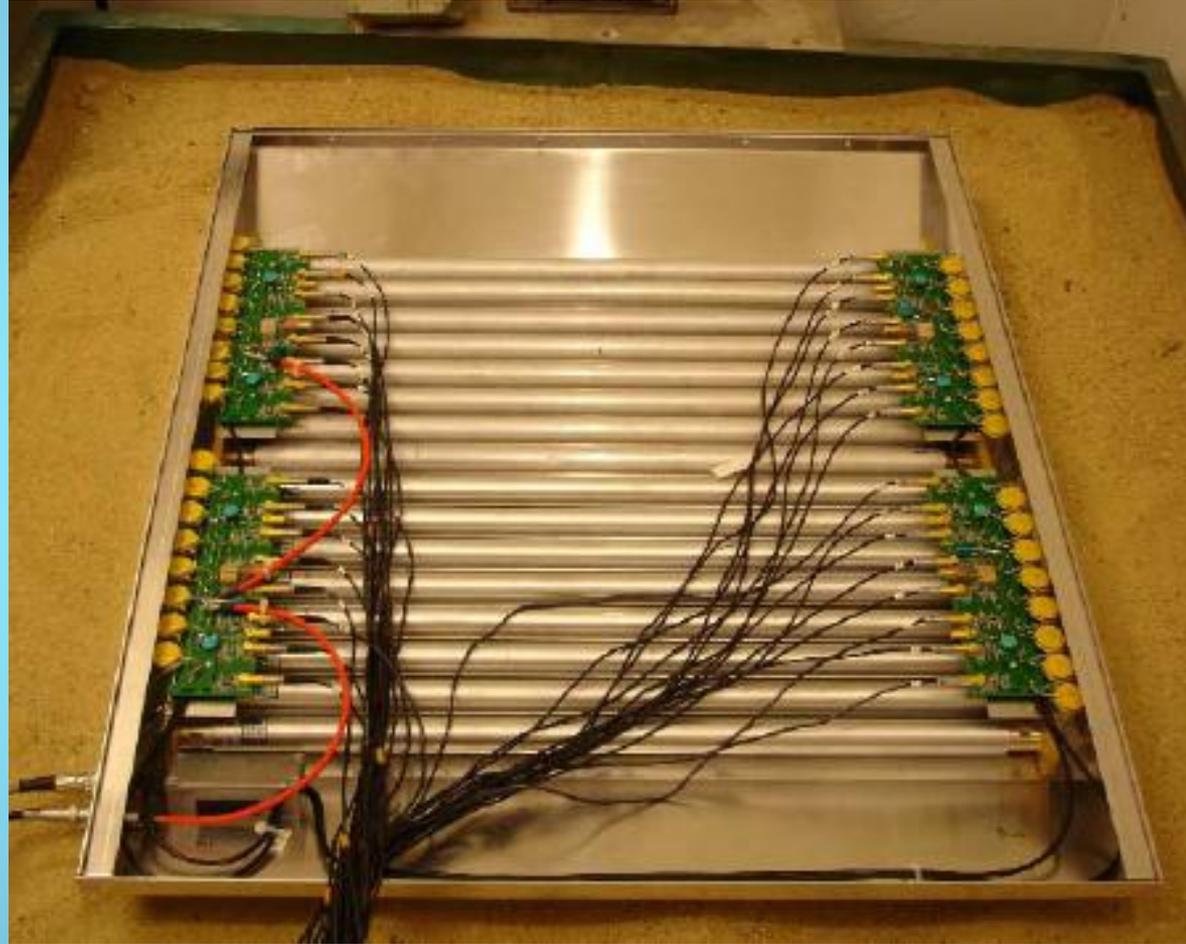
- Metodo ben definito per trovare idrogeno (livello dell'acqua, umidità negli edifici, ecc...)
- Introdotto nel 1999 allo scopo di individuare mine interrate, con alta concentrazione di H
- I neutroni sono rallentati nello scattering coi materiali presenti nel volume irraggiato
- Un sistema di rivelatori di neutroni termici analizza i neutroni che tornano indietro dalla zona irraggiata



U - SERIES

Neutron Back-Scattering

- **Delf University Neutron Backscattering Detector : DUNBID**
- 16 tubi ^3He
- Scatola Al 80x70x7 cm
- Schermo 0,5 mm Cd
- ^{252}Cf @ $\sim 10^6$ n/s
- 2D PSD
- Coordinate:
 - Tubo colpito
 - Divisione di carica
- 50x50 cm
- 16x16 array px
- Risoluzione 3x3 cm
- Preamp «on board»
- 10 kg
- Acquisizione con PC

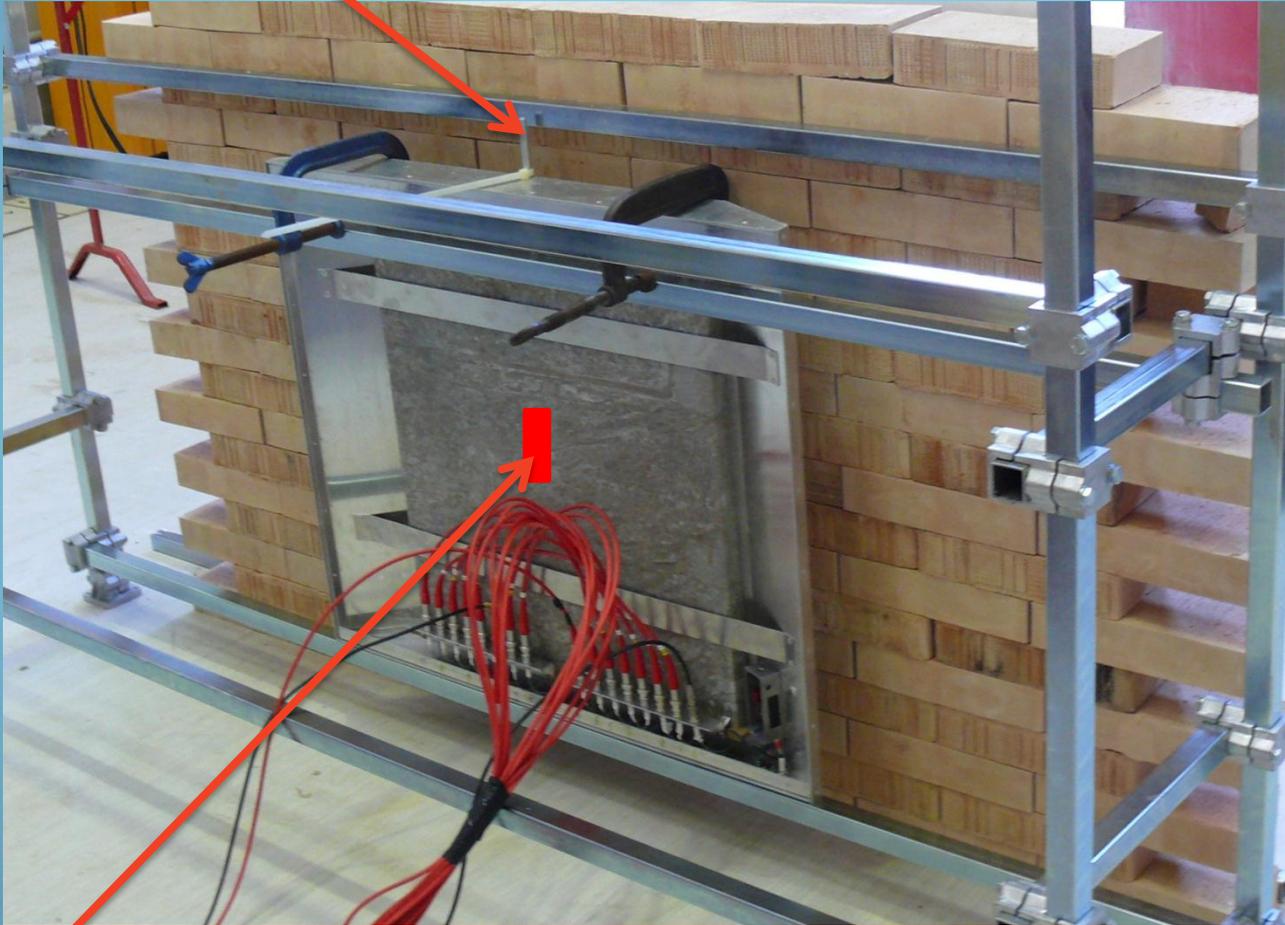




U - SERIES

Neutron Back-Scattering

Sostegno sorgente di neutroni (Cf-252)



Sorgente di neutroni (Cf-252)



Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- Sorgenti di neutroni
- Imaging con neutroni termici
- Imaging con neutroni freddi
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- Neutron Back-Scattering – NBS
- **Nanosecond Neutron Analysis - NNA**
- NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*



Nanosecond Neutron Analysis - NNA

- Background: maggiore problema nelle tecniche γ -n
- NNA: irraggiamento dell'oggetto e rivelazione dei gamma secondari in un ristretto intervallo di tempo (alcuni ns) dall'emissione del neutrone dalla sorgente
- L'istante di emissione del neutrone marcato (*tagged*) viene determinato rivelando la particella che ne accompagna la generazione (APT: Associated Particle Technique)

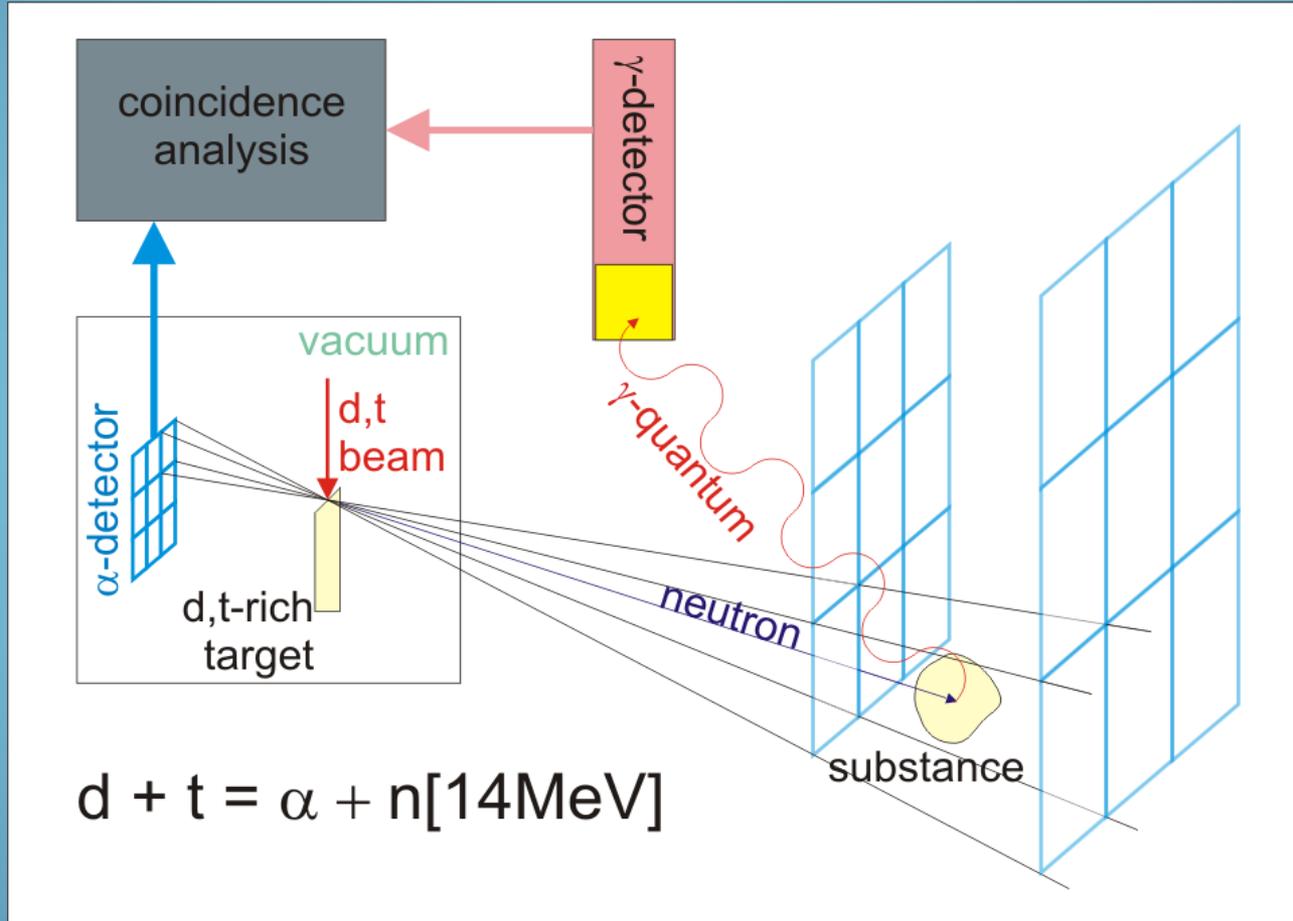


Nanosecond Neutron Analysis - NNA

- Neutroni veloci inducono scattering inelastico nei materiali investigati
- I γ prodotti devono raggiungere il rivelatore entro un intervallo di tempo determinato dal *tof* n-oggetto + *tof* γ -rivelatore
- I γ che arrivano al di fuori di questo intervallo sono prodotti da altre sorgenti (radiazione cosmica, collisioni multiple, reazioni con n termici, ...)
- Ad ogni γ «accettato» sono associati due parametri:
 - Energia
 - Istante di rivelazione rispetto all'emissione del neutrone



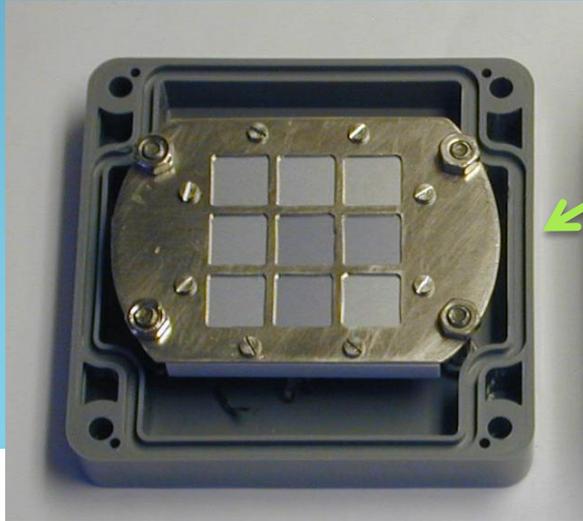
Nanosecond Neutron Analysis - NNA



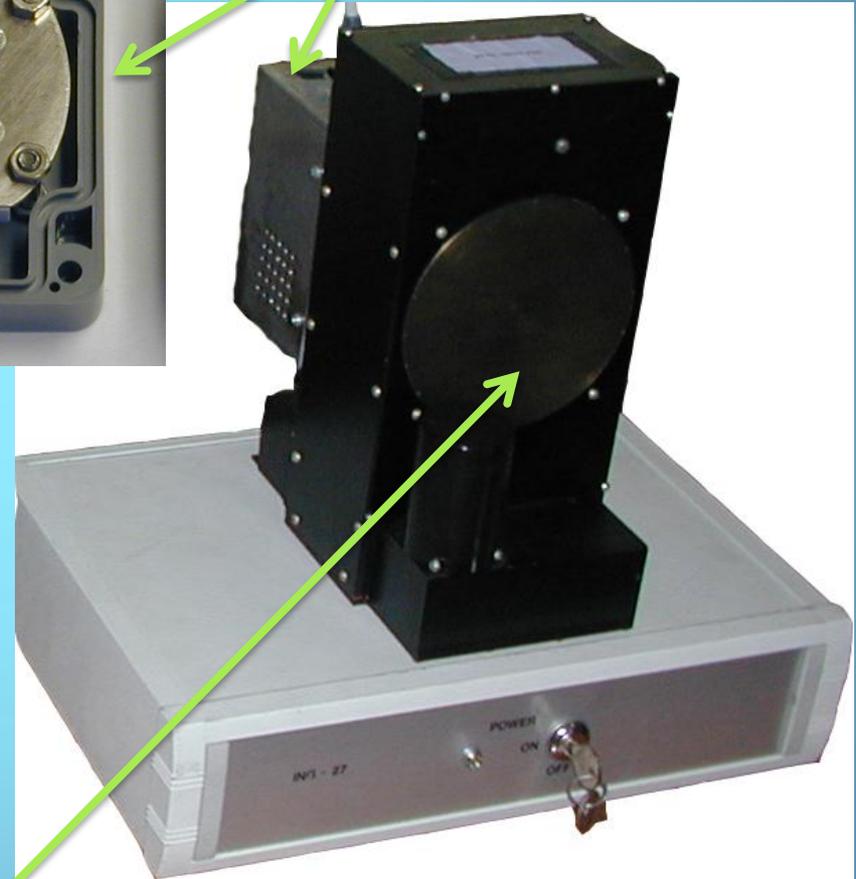


U - SERIES

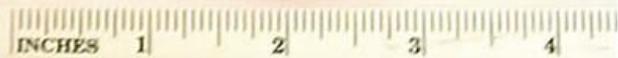
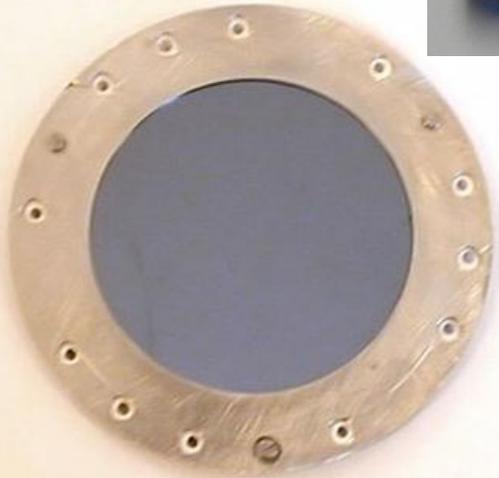
Nanosecond Neutron Analysis - NNA



Rivelatore α



Emissione n





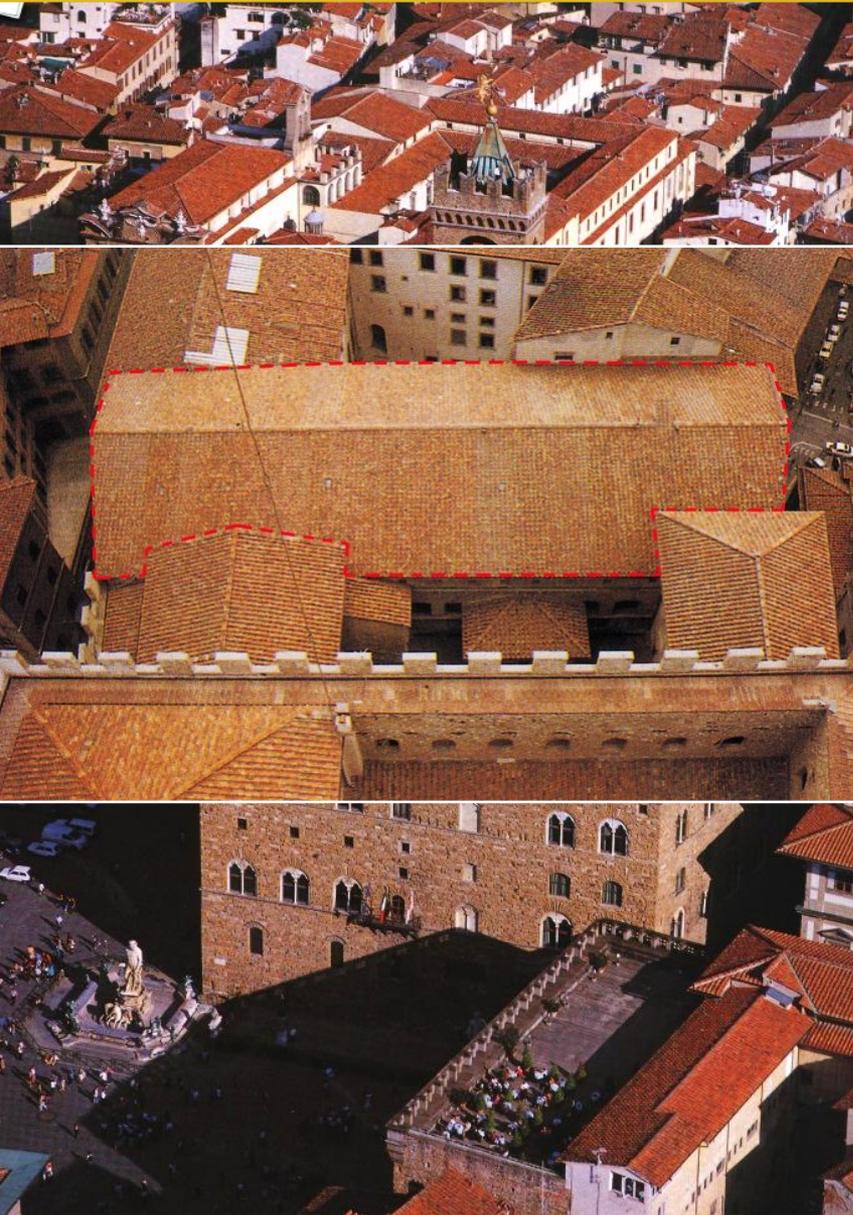
Contenuto

- Interazione dei neutroni coi materiali
- Analisi in trasmissione
- Sorgenti di neutroni
- Imaging con neutroni termici
- Imaging con neutroni freddi
- Autoradiografia Neutronica - NAR
- Neutron Back-Scattering – NBS
- Nanosecond Neutron Analysis - NNA
- **NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari***



NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

Palazzo Vecchio

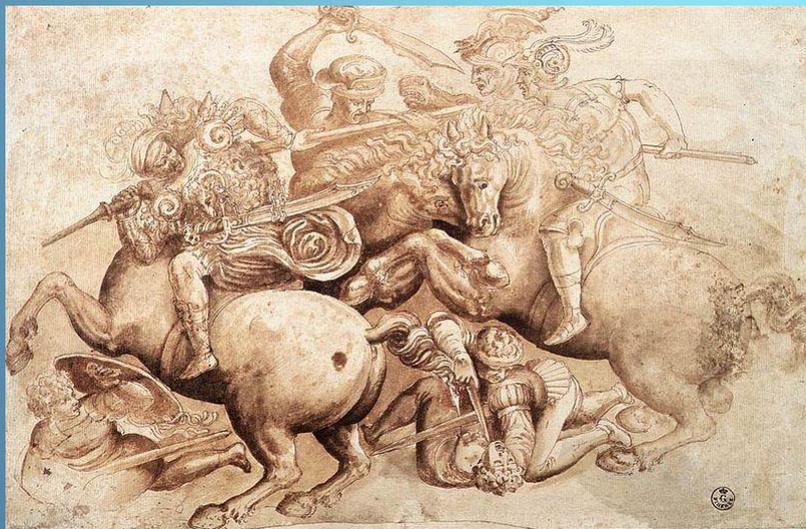


- Costruito nel 1314 su un edificio preesistente in una configurazione simile all'attuale
- Nel periodo 1340-1360 Cosimo de' Medici realizzò importanti modifiche
- Nel 1494, durante la Repubblica guidata da Savonarola, *Simone del Pollaiolo* detto il *Cronaca* realizzò un **Grande Salone** per ospitare il *Consiglio Maggiore*, composto da **500** membri
- Nel 1503 Michelangelo e Leonardo da Vinci furono incaricati di dipingere due grandi scene di battaglie per il *Salone dei 500*
- Parete Ovest: Michelangelo - *Battaglia di Cascina* (29 luglio 1364 contro Pisa)
- Parete Est, Leonardo, *Battaglia di Anghiari* (29 giugno 1440 tra Milano e la Lega Italiana guidata dalla Repubblica di Firenze)



Testimonianze dell'esistenza

“E dopo aver salito le scale della Sala Grande, diligentemente date un'occhiata a un gruppo di cavalli e uomini, un pezzo di battaglia di Leonardo da Vinci, che ti colpiscono come una cosa miracolosa.” - Anton Francesco Doni (1549)





Modifiche al Salone dei 500

- Nel periodo 1555-1572 Giorgio Vasari fu incaricato di ridisegnare e decorare il salone
- Innalzamento del soffitto di 7 metri
- Le pareti laterali sono rifatte per supportare 6 affreschi celebrativi della nuova Signoria Fiorentina di Cosimo I de' Medici
- Vasari era un troppo grande estimatore del lavoro di Leonardo da avere distrutto l'opera d'arte e si sarebbe limitato a innalzare una nuova parete davanti al lavoro di esistente



U - SERIES

NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

Realizzazione del Vasari

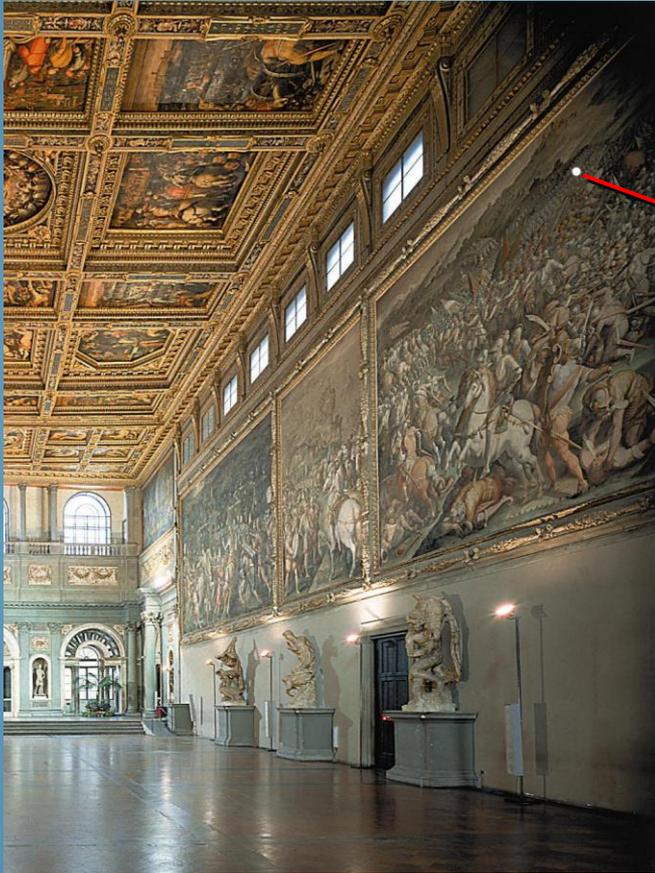




U - SERIES

NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

Una sfida di Vasari?

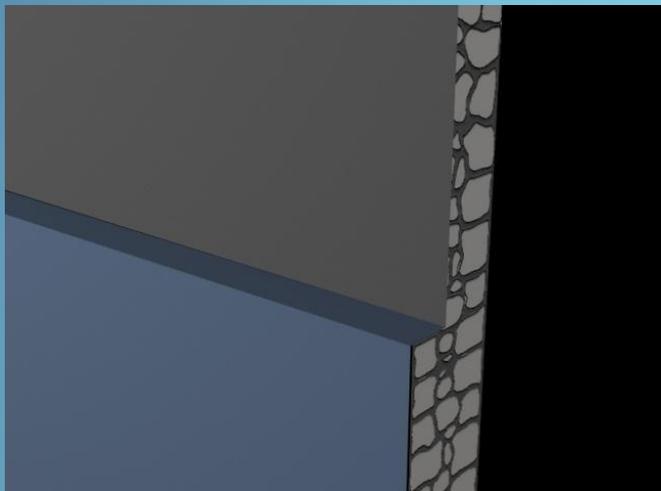




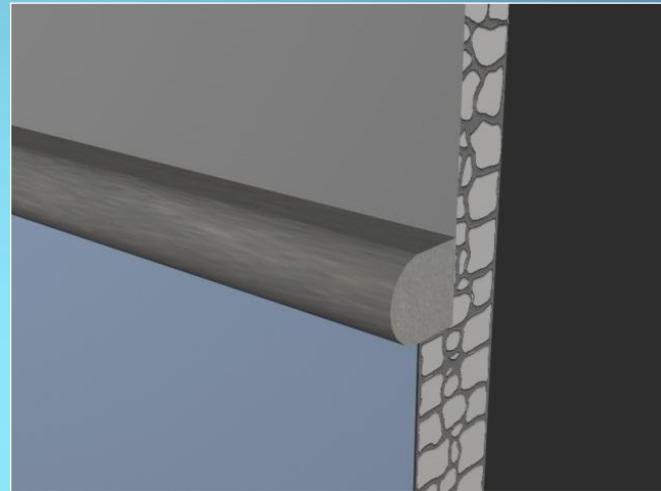
U - S E R I E S

NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

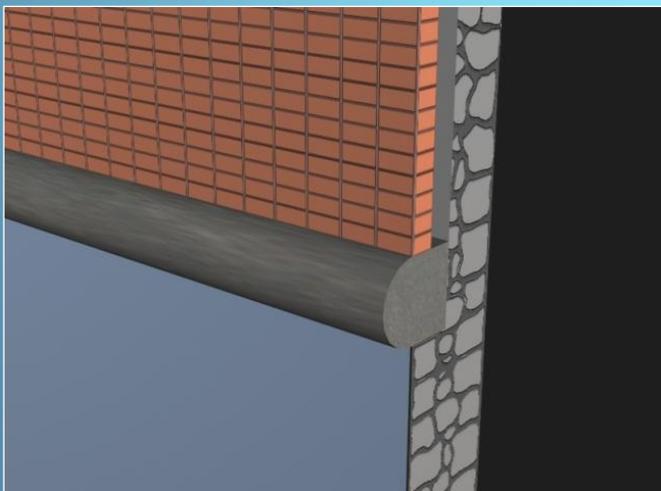
La realizzazione di Vasari



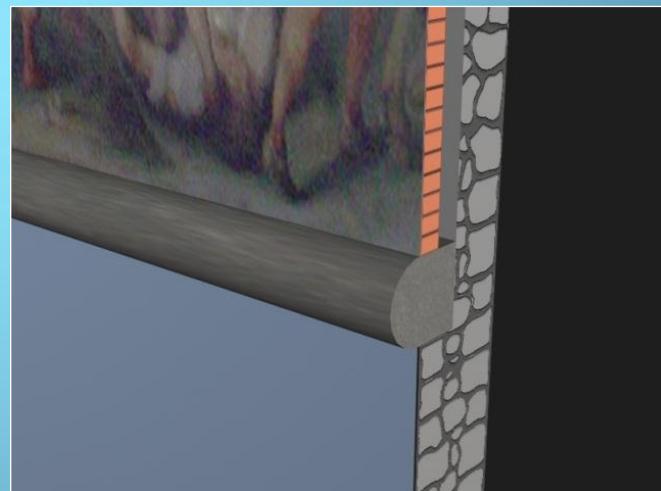
1 . Parete di supporto



2 - Cornice



3 - Muro di mezzane



4 - Nuovo affresco

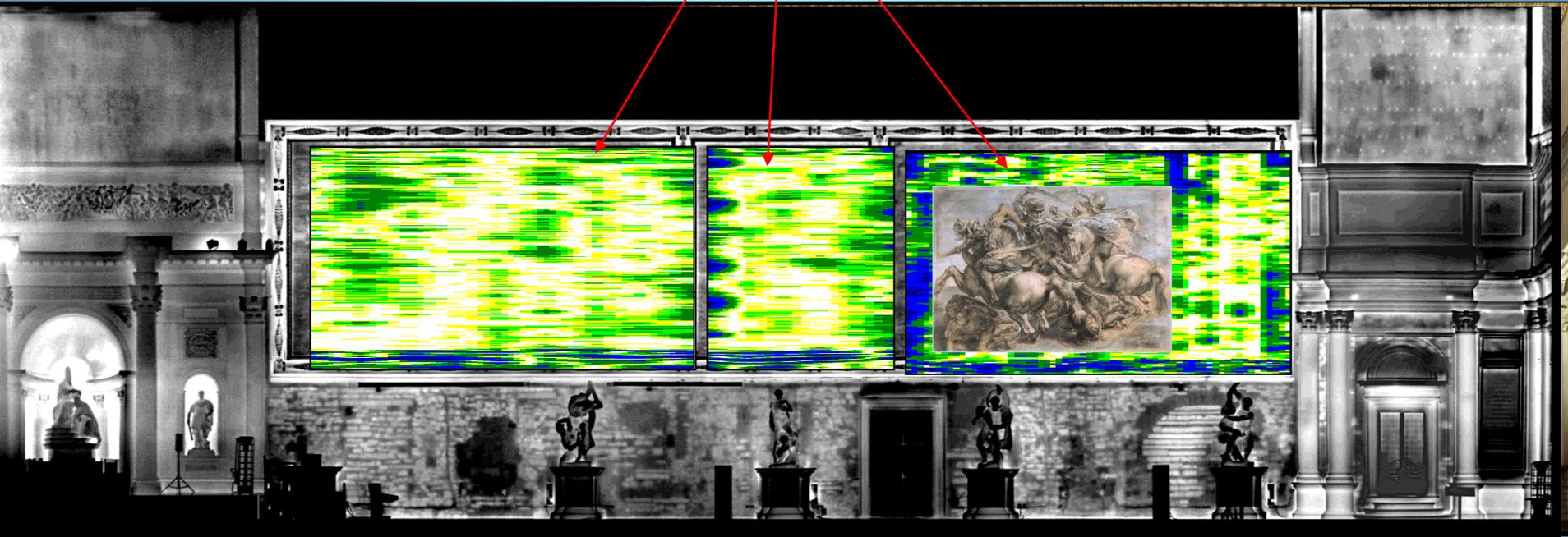


U - SERIES

NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

Scan con Laser, Termografia e Radar

Mappe Radar
Termografiche

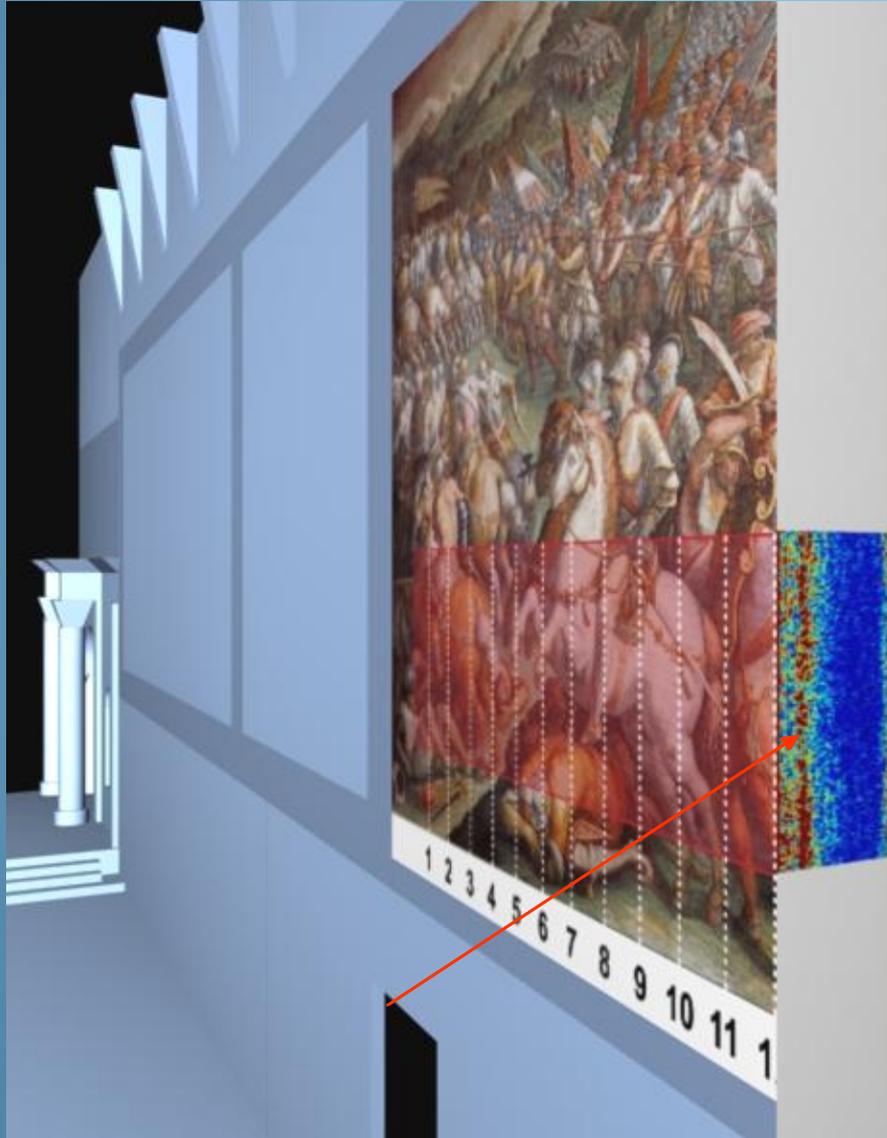




U - SERIES

NBS e NNA per la ricerca della *Battaglia di Anghiari*

Interpretazione degli echi Radar





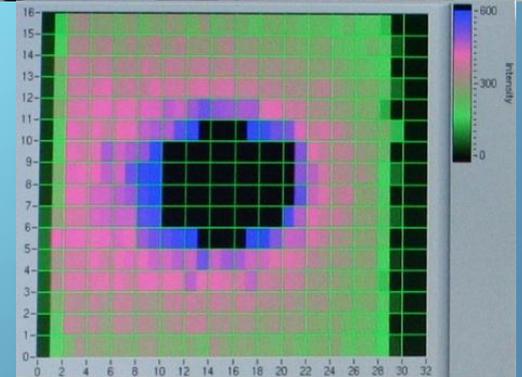
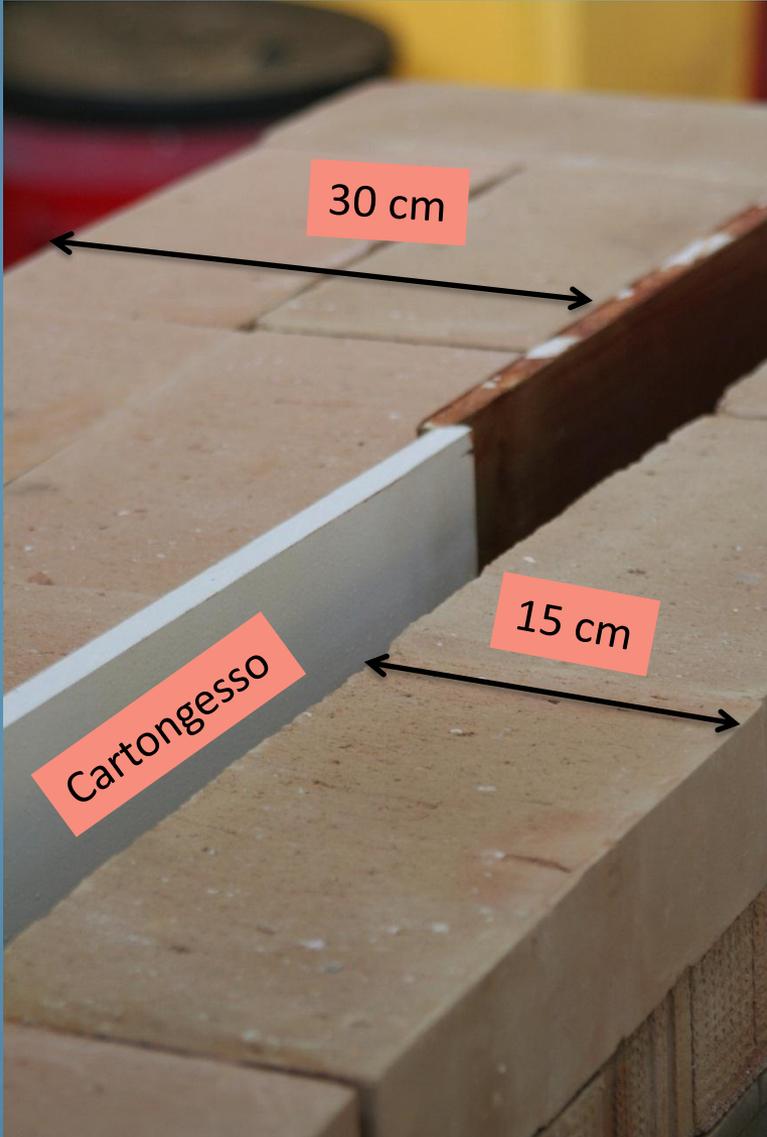
Come NBS e NNA possono contribuire

- NBS può rapidamente localizzare le zone in cui è presente materiale idrogenato in quantità maggiori rispetto ad altre zone
- NNA può localizzare in profondità le aree in cui sono presenti elementi chimici caratteristici dei pigmenti pittorici



U - SERIES

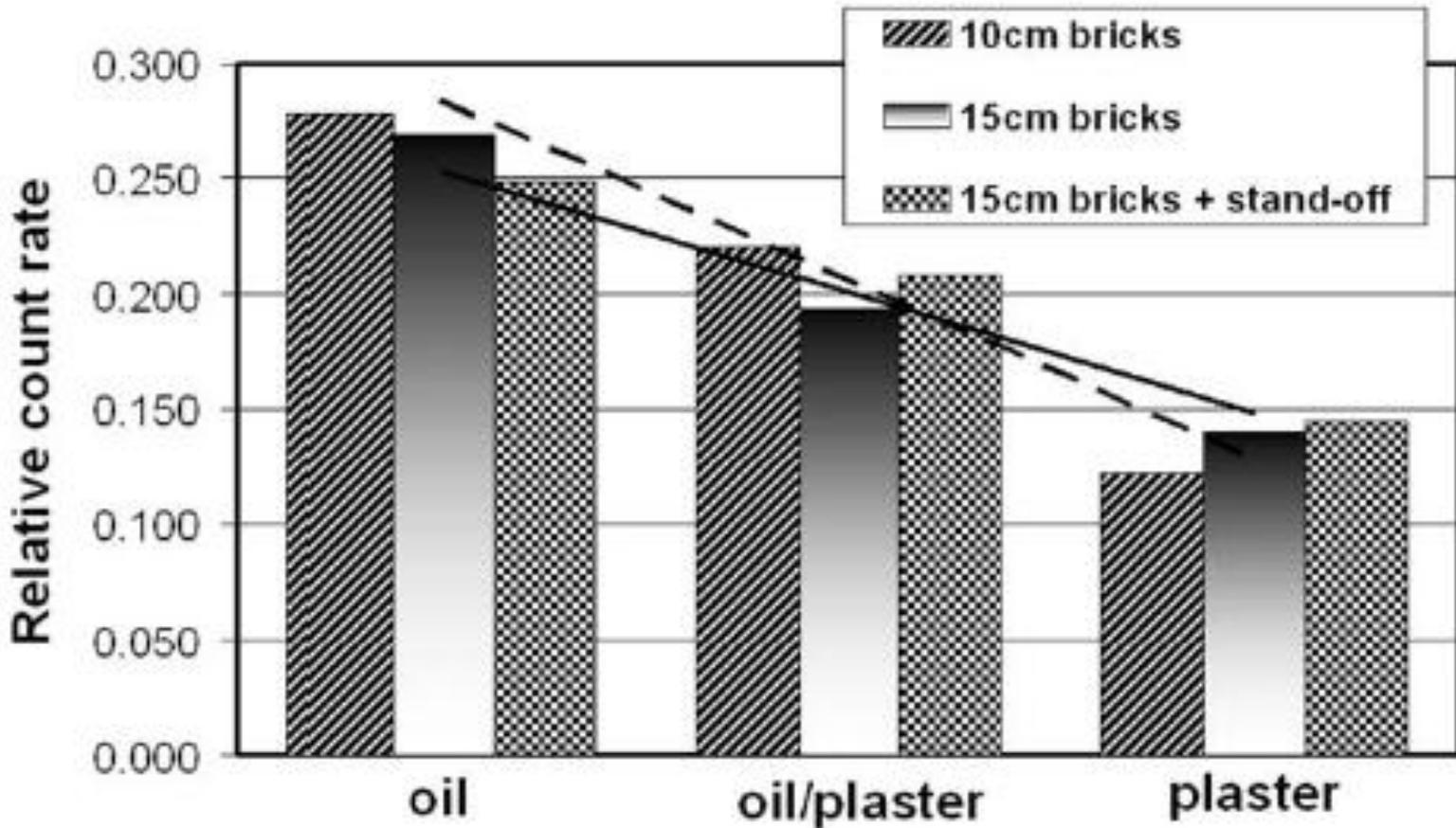
NBS - Test Preliminari





NBS - Test Preliminari

Conteggi con fondo sottratto

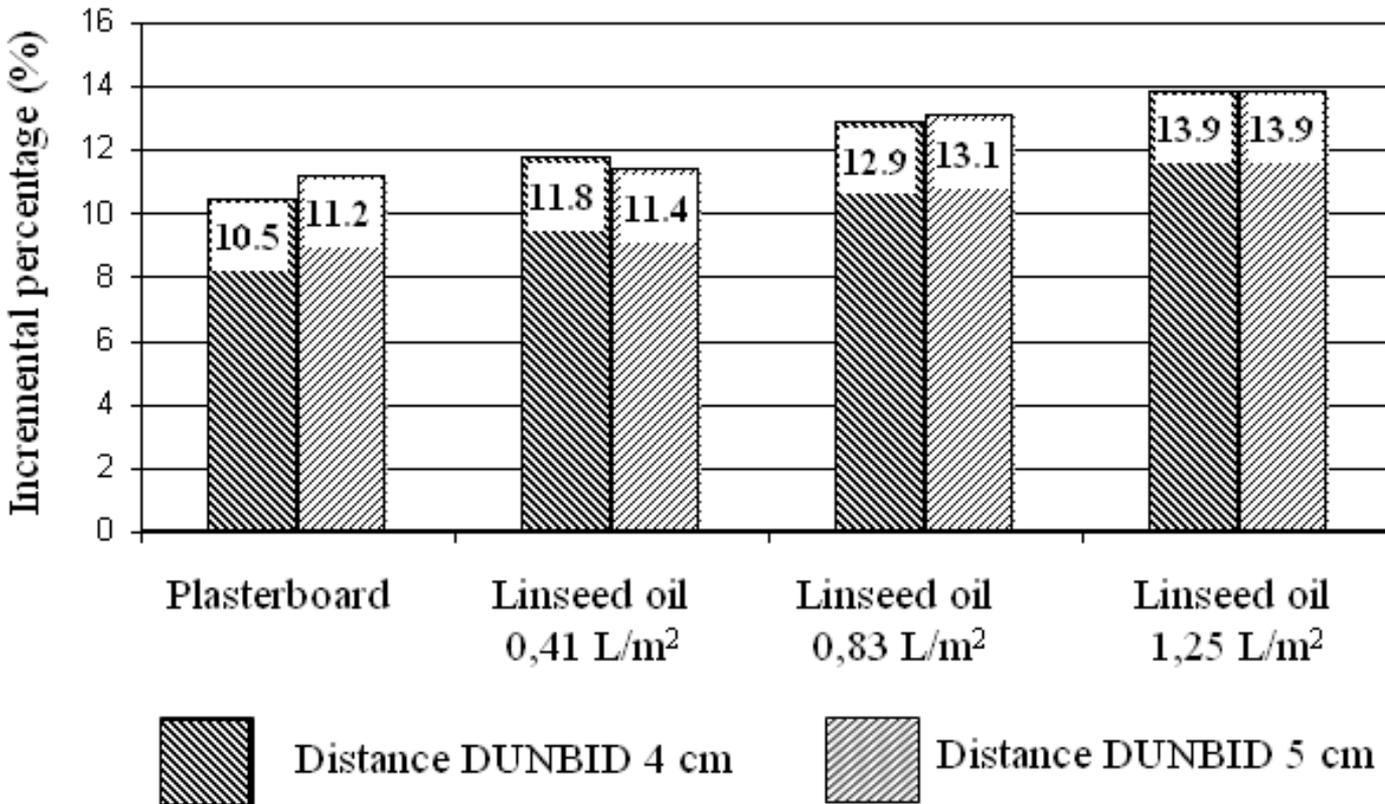


DUNBID può essere usato come metodo comparativo



NBS - Test Preliminari

Configurazioni esaminate

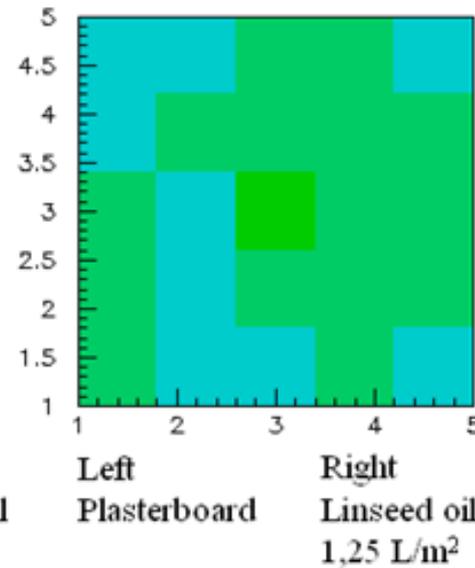
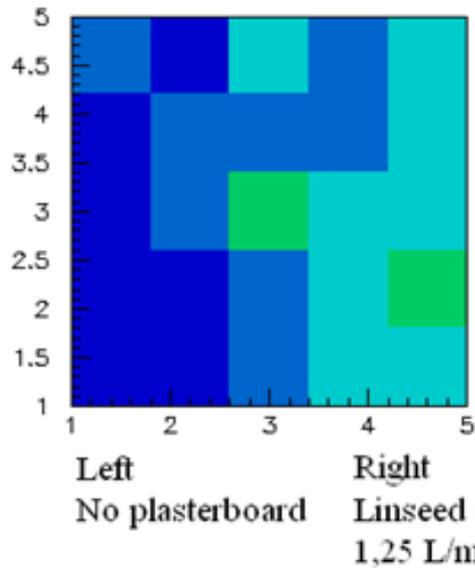
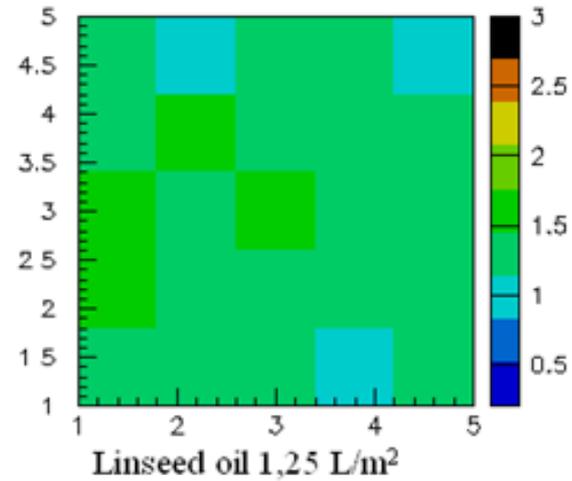
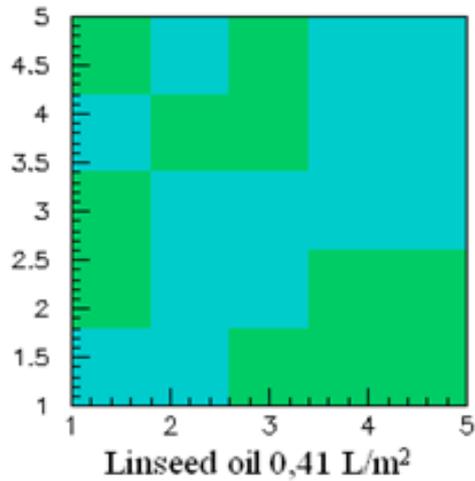


- **Cartongesso** tra le due pareti
- **Olio di lino 0.41 l/m²** su cartongesso
- **Olio di lino 0.83 l/m²** su cartongesso
- **Olio di lino 1.25 l/m²** su cartongesso



NBS - Test Preliminari

Imaging con NBS



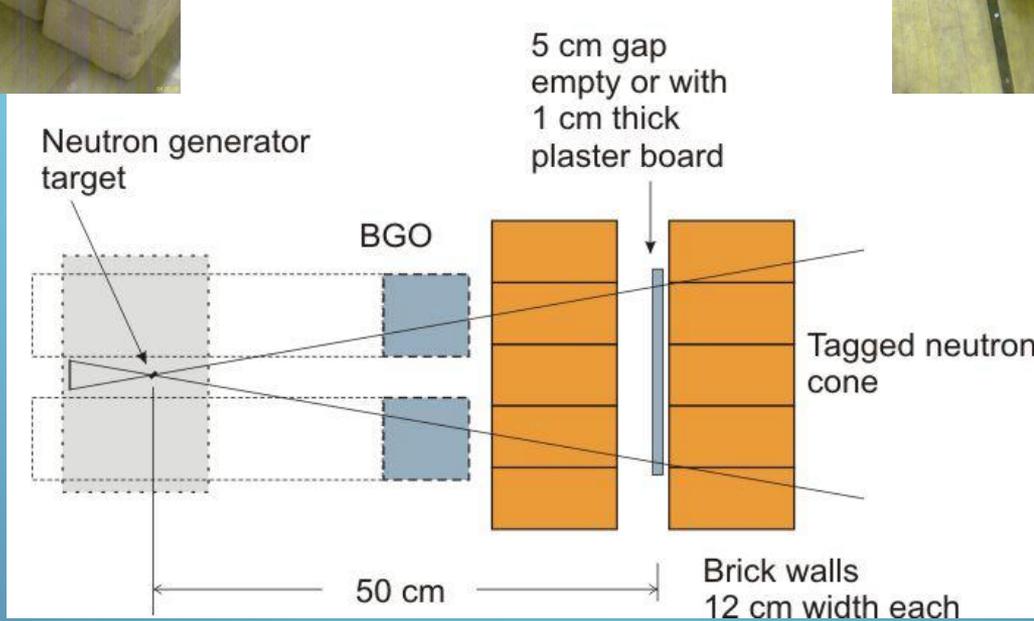
Linseed oil
1,25 L/m²

Linseed oil
1,25 L/m²



U - SERIES

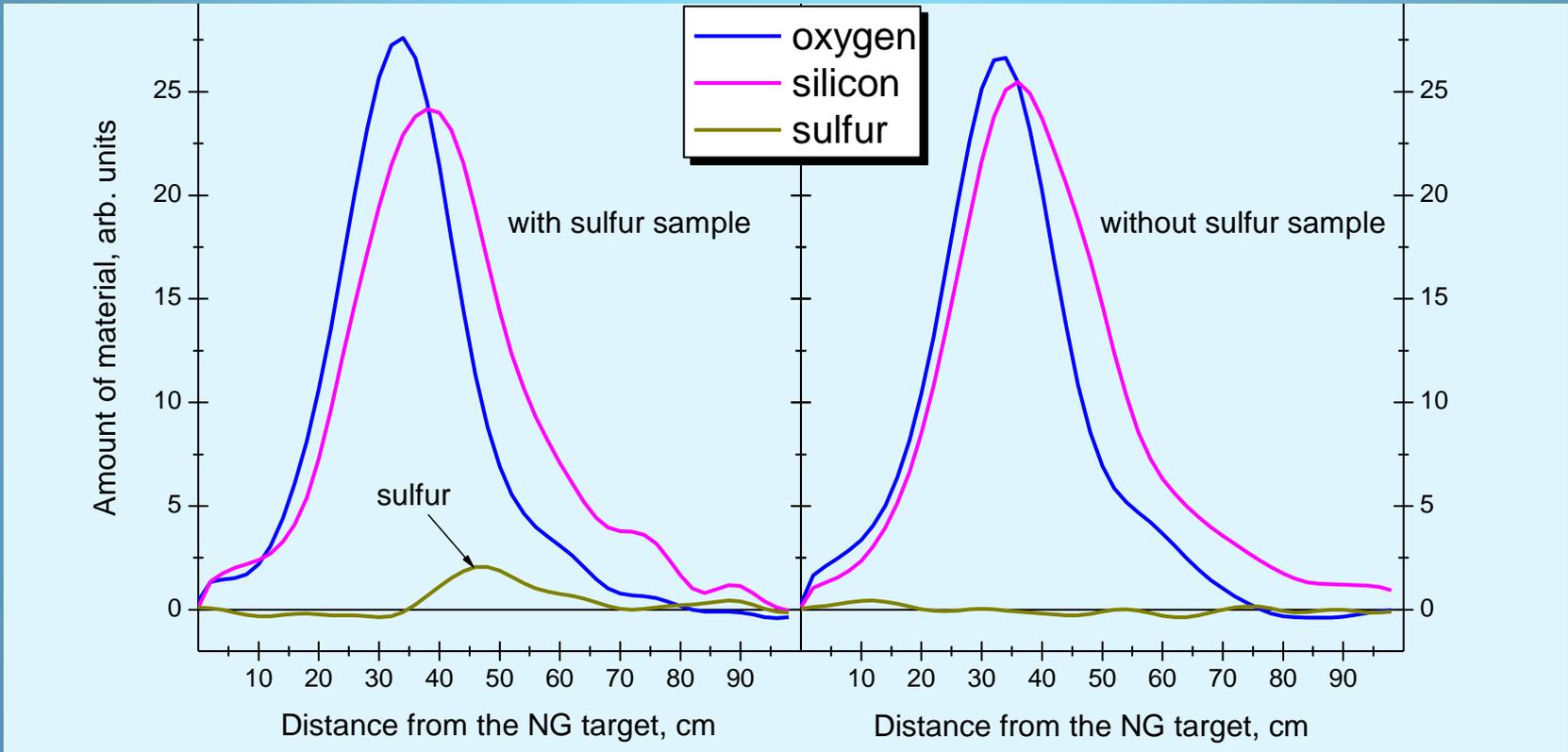
NNA - Test Preliminari





NNA - Test Preliminari

Test preliminare per la rivelazione del cartongesso

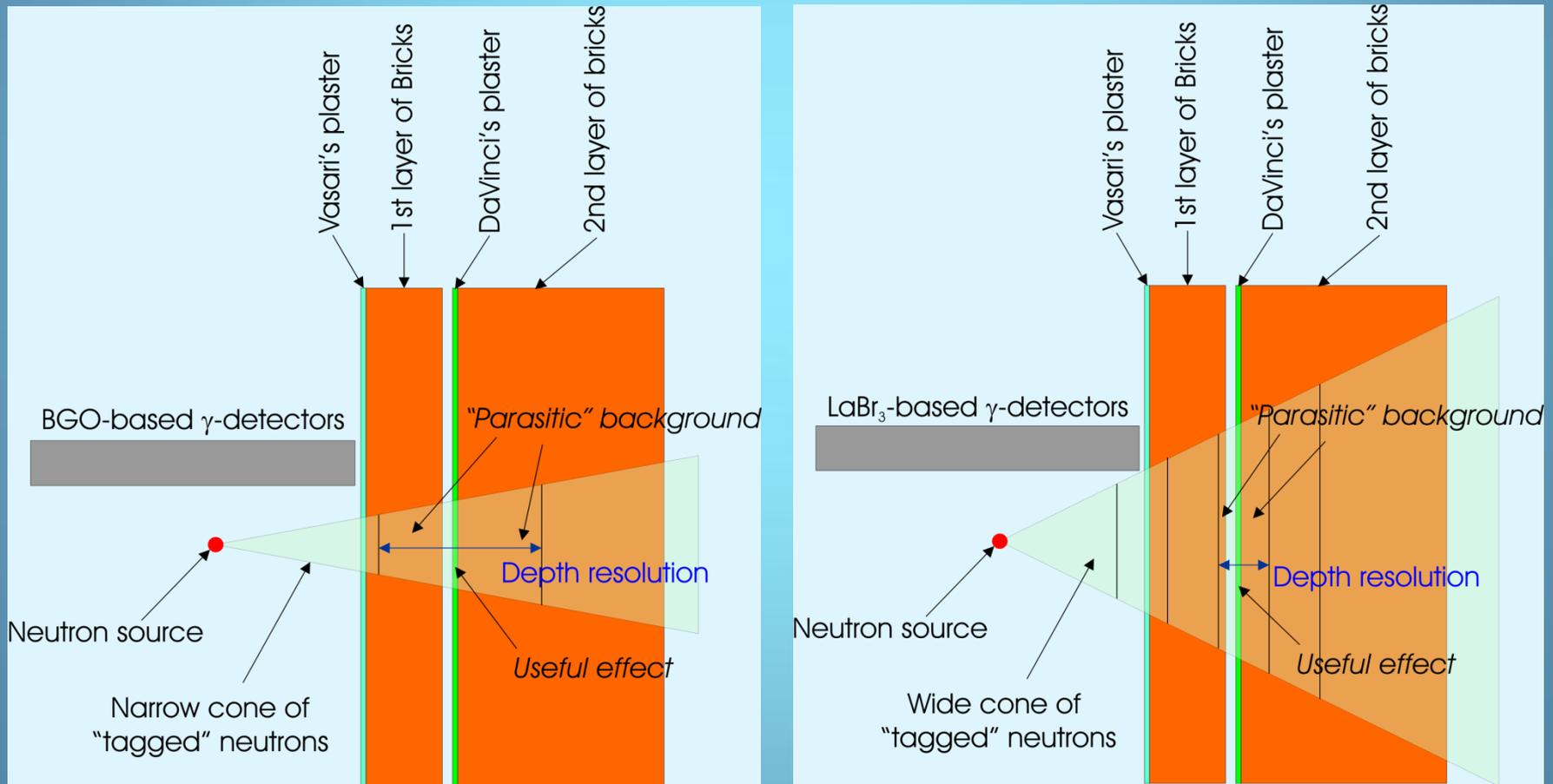




NNA - Evoluzione

Sviluppi in programma:

- Da 2xBGO a 6xLaBr
- Apertura cono di emissione





U - S E R I E S

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



roberto@u-series.com