



Gruppo di ricerca
Maria Brai - Antonio Bartolotta - Maurizio Marrale –
Maria Cristina D'Oca – Valentino Romano

Università degli Studi di Palermo
Dipartimento di Fisica e Chimica
&
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)
Sezione di Catania

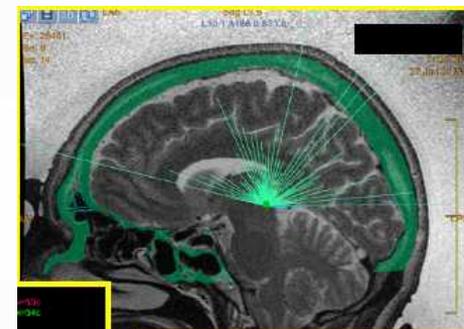
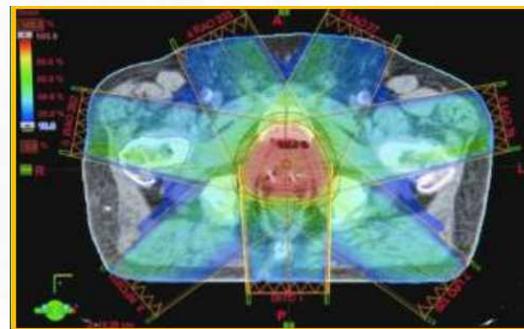
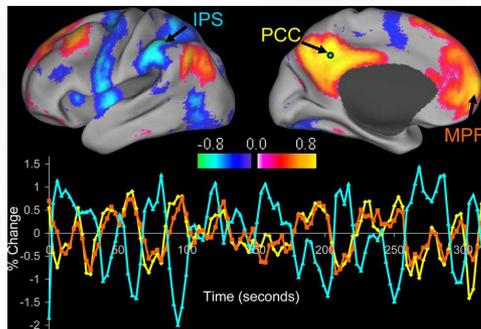
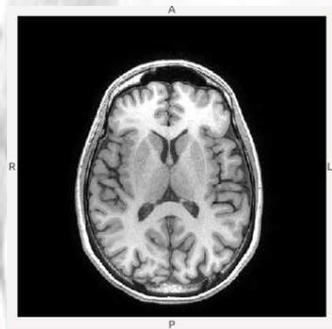


Attività principali di ricerca

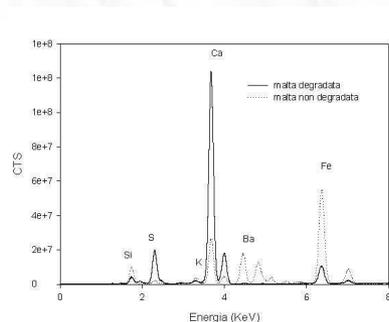
Applicazioni della Fisica alla medicina

Diagnosi

Terapia



Applicazioni della Fisica ai Beni Culturali





Applicazioni della Fisica alla medicina

Dosimetria delle radiazioni ionizzanti

Energia rilasciata
nella materia



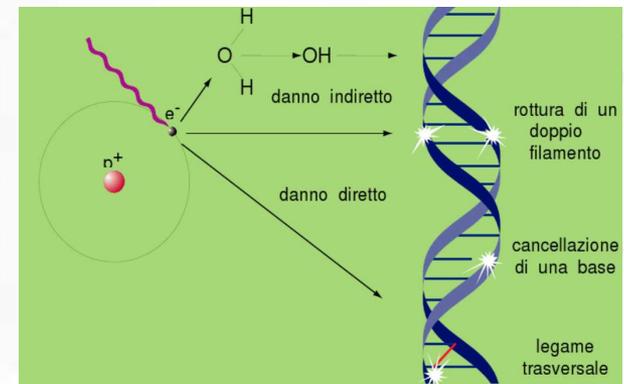
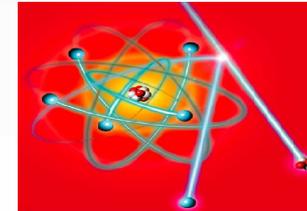
Produzione di danni negli atomi e
nelle molecole



Qualunque variazione delle proprietà fisiche,
chimiche e biologiche può essere utilizzata
per la quantificazione della dose assorbita
(i.e. energia per unità di massa)



Dosimetria



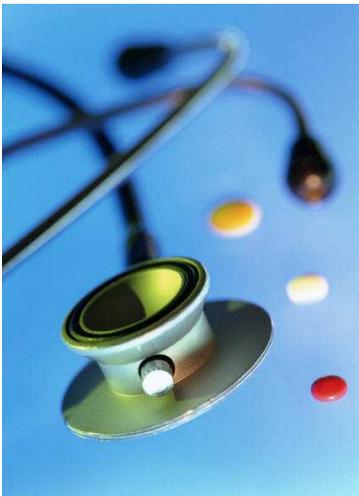


Applicazioni della Fisica alla medicina

Dosimetria ESR

La **dosimetria a risonanza di spin elettronico** fornisce una misura della dose assorbita tramite la **rivelazione dei difetti paramagnetici** (e.g. radicali liberi, difetti di punto, etc.) prodotti dalle radiazioni ionizzanti

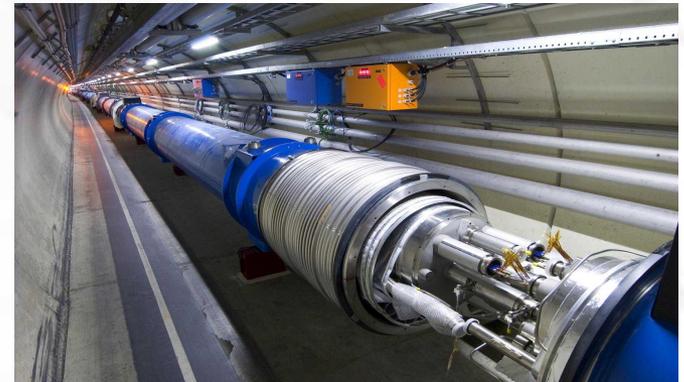
Applicazioni industriali



Applicazioni mediche



Applicazioni in grandi facilities (e.g. CERN)





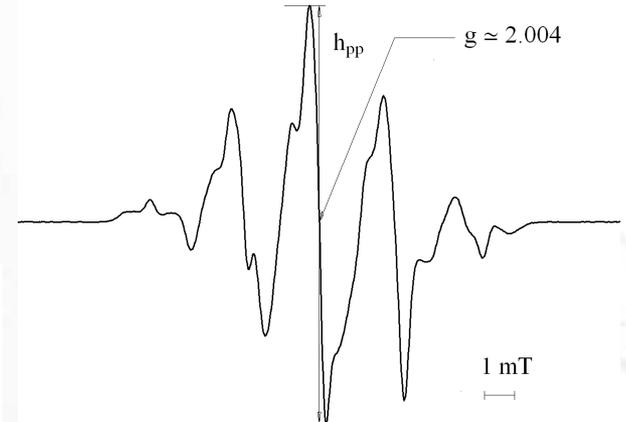
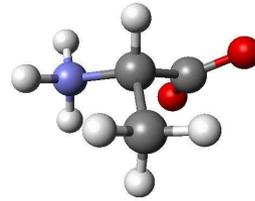
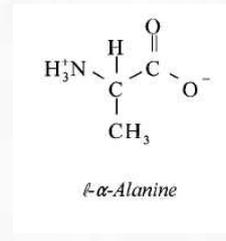
Applicazioni della Fisica alla medicina

Dosimetria ESR con alanina

La sostanza più utilizzata per la dosimetria ESR è l'alanina

Ottime proprietà dosimetriche:

- ✓ Tessuto equivalenza
- ✓ Alta resa chimica per irraggiamento
- ✓ Elevata stabilità del segnale
- ✓ Ampio *range* di linearità della risposta in funzione della dose





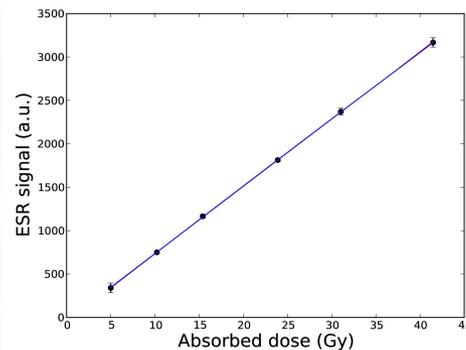
Applicazioni in campo terapeutico

Radioterapia intraoperatoria con elettroni (IORT)

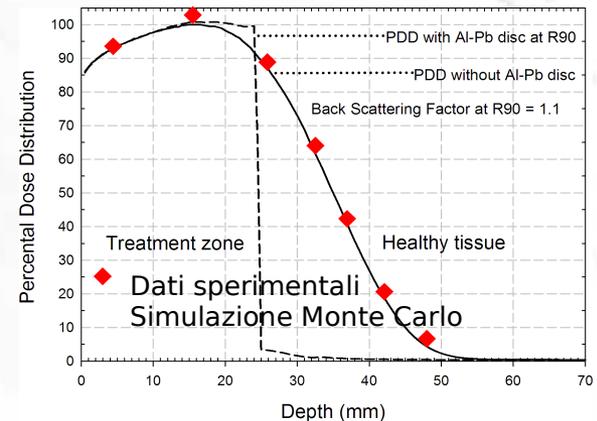
Acceleratore lineare



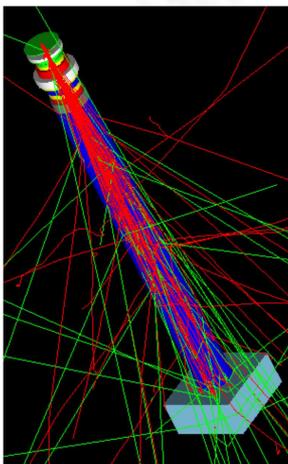
Analisi della risposta ESR in funzione della dose



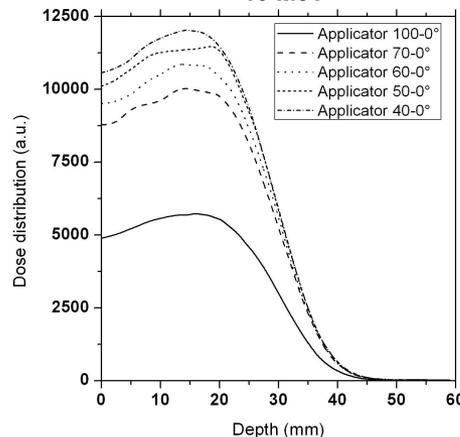
Confronto tra misure ESR e simulazioni MC



Simulazione Monte Carlo



Curve di dose in profondità ottenute tramite MC
10 MeV

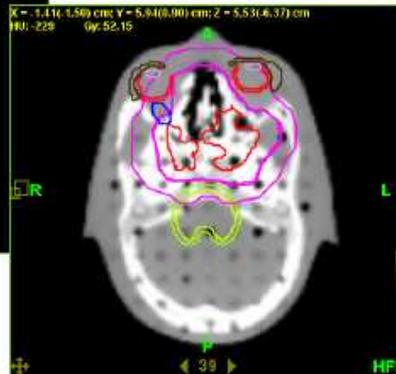
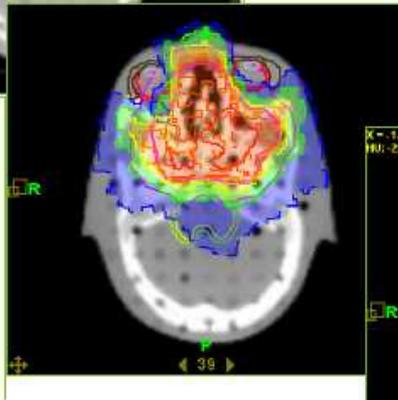
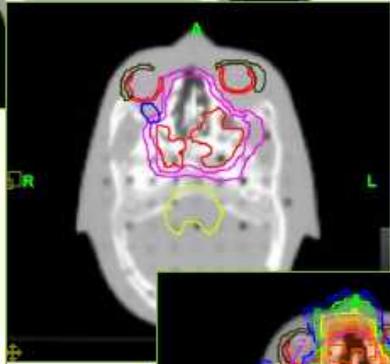
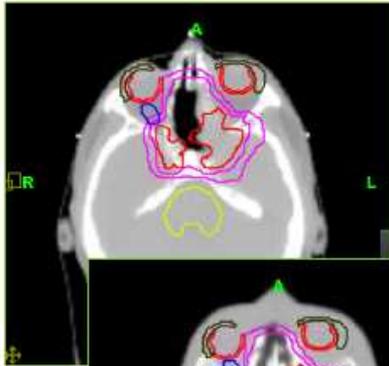




Applicazioni in campo terapeutico

Misure su un fantoccio antropomorfo

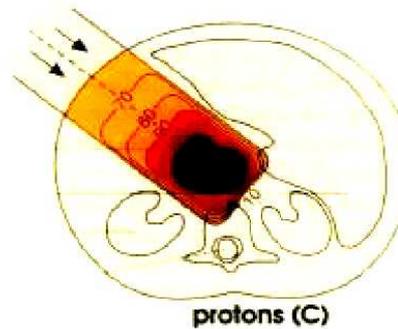
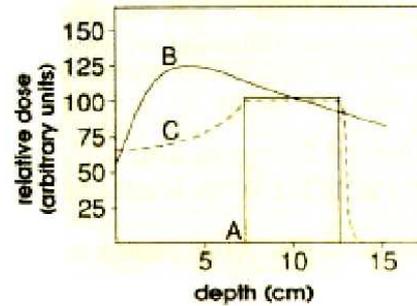
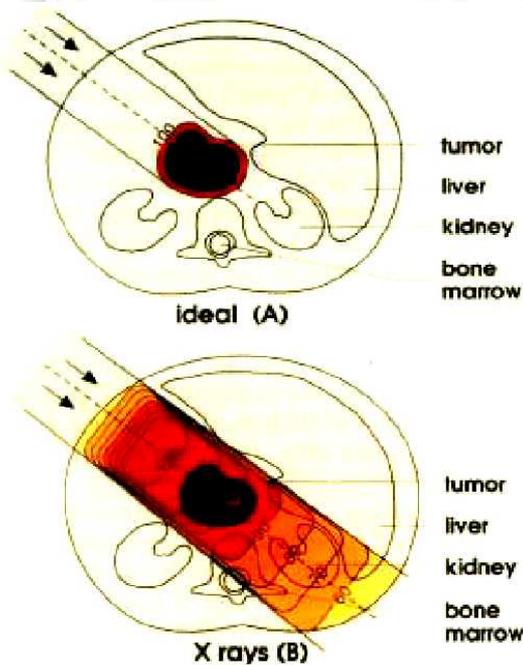
Tomoterapia stereotassica



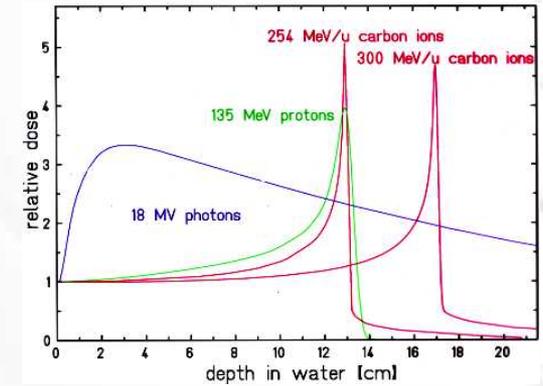


Applicazioni in campo terapeutico

Misure per adroterapia con protoni e ioni carbonio

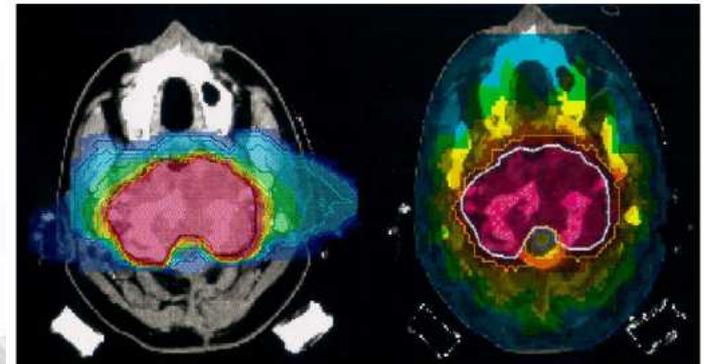


Distribuzione di dose in profondità



Protoni

Fotoni



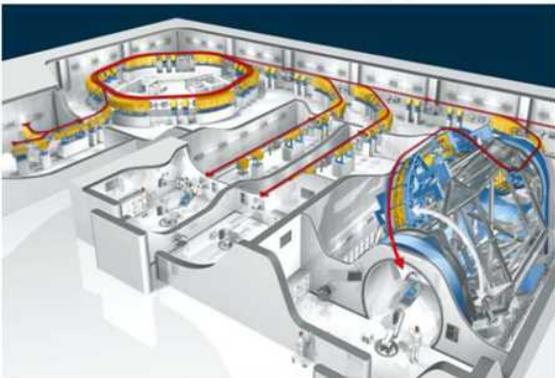
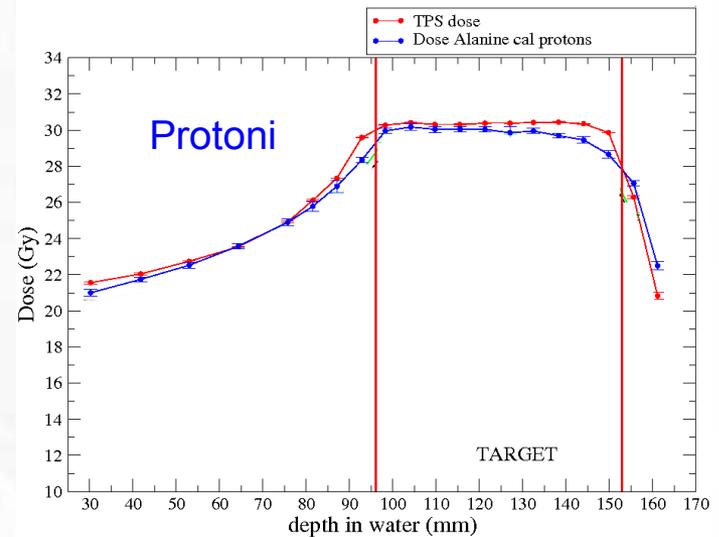


Applicazioni in campo terapeutico

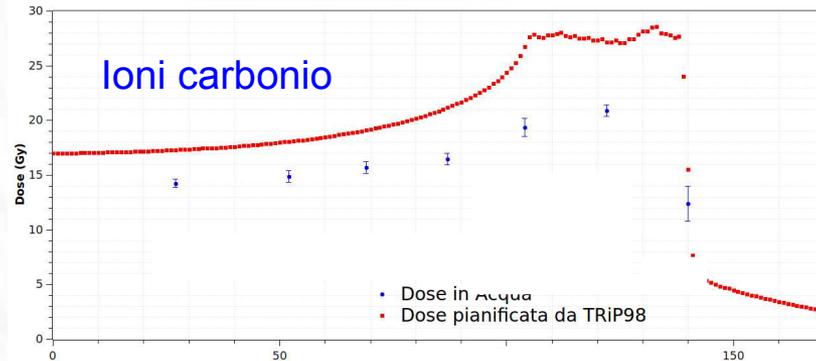
Misure per adroterapia con protoni e ioni carbonio



PSI (Villigen, Svizzera)



HIT (Heidelberg, Germania)





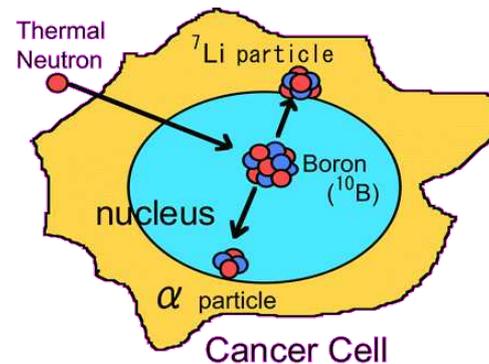
Applicazioni in campo terapeutico

Misure per radioterapia con neutroni

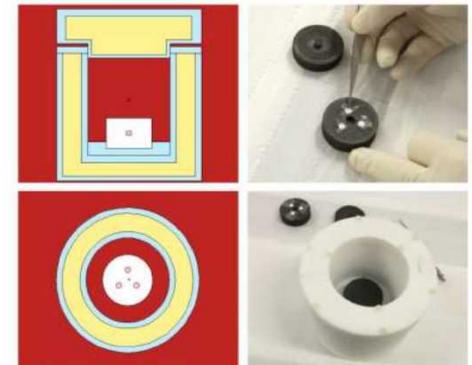


Misure realizzate presso il reattore Triga dell'Università di Pavia

Facility utilizzata per trattamenti di Boron Neutron Capture Therapy



Caratterizzazione delle componenti **neutronica** e **fotonica** tramite dosimetri di alanina e simulazioni MC

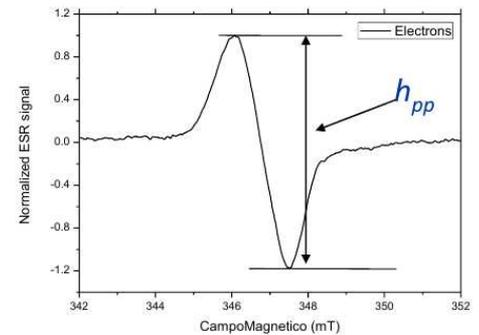
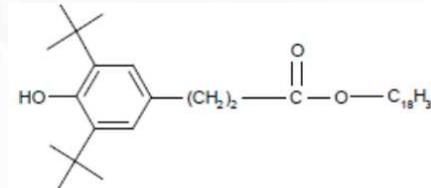
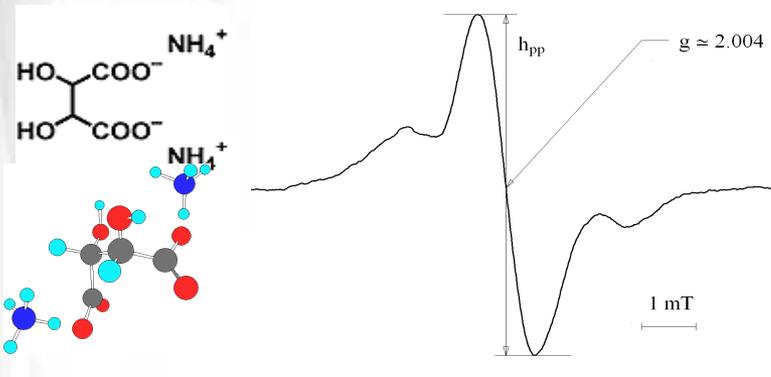




Materiali alternativi all'alanina per la dosimetria ESR

Tartrato di ammonio

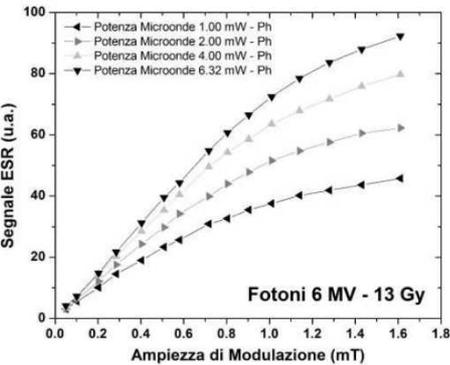
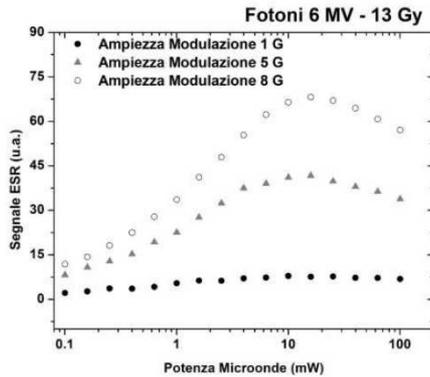
Composti fenolici
IRGANOX1076





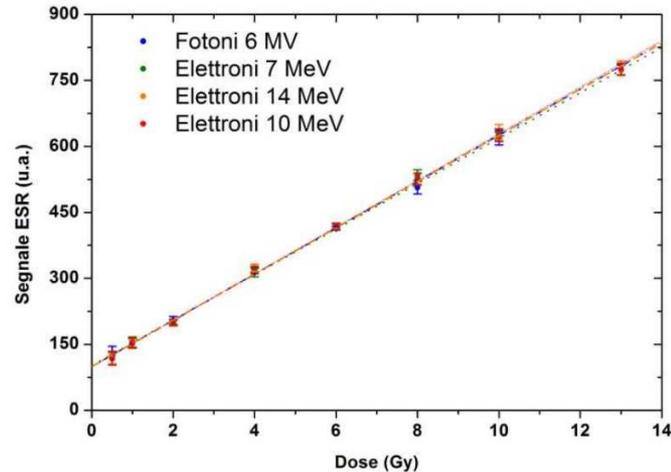
Materiali alternativi all'alanina per la dosimetria ESR - Composti fenolici IRGANOX1076

Ottimizzazione dei parametri strumentali

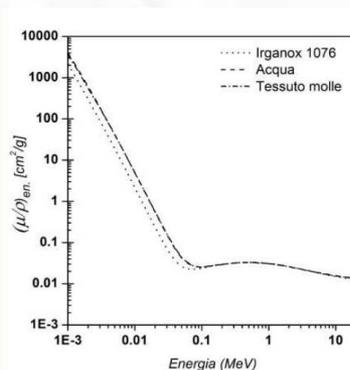


Seminari Pre

Risposta in funzione della dose

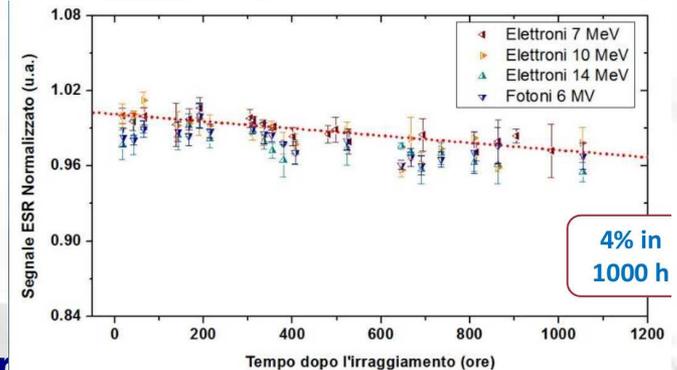


Tessuto-equivalenza



di Ricer

Studio della stabilità





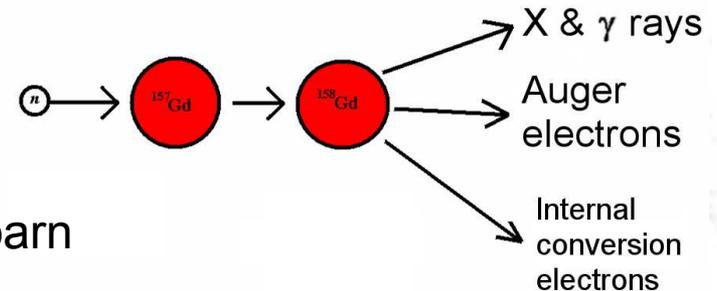
Miglioramento della sensibilità a neutroni

Gadolinio

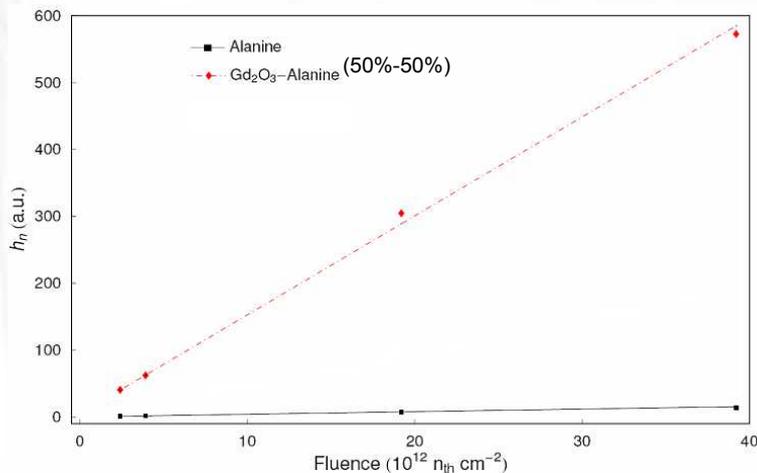
$$\sigma_{th}({}^{157}\text{Gd}) \sim 255000 \text{ barn}$$

$$\sigma_{th} \propto \mu$$

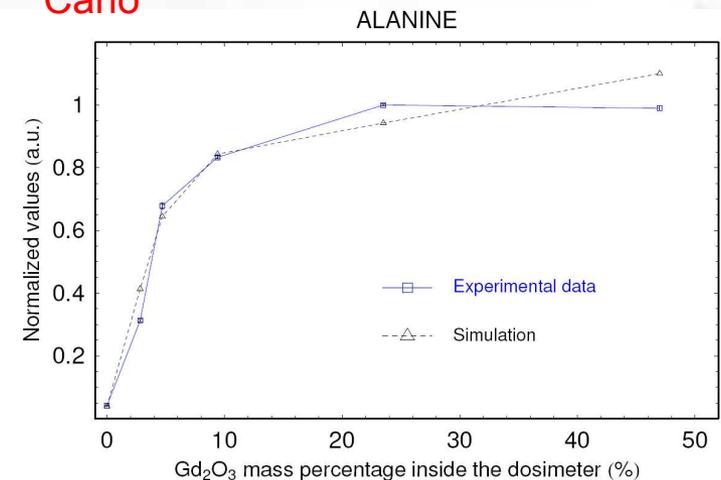
$$\sigma_{th}(\text{N}) \sim 1.83 \text{ barn}$$



Studio in funzione della dose



Studio al variare della concentrazione di gadolinio
Dati sperimentali e simulazioni Monte Carlo



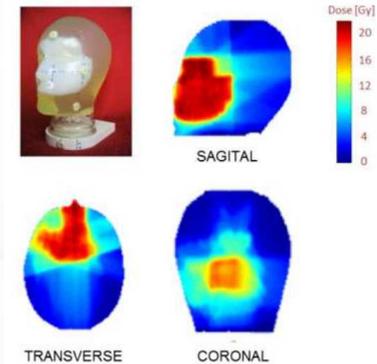


Dalla dosimetria puntuale alla Dosimetria 3D

Dosimetria ESR



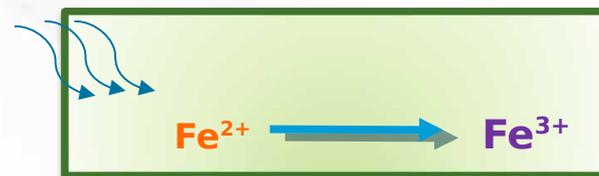
Dosimetria GEL



Dosimetria gel di Fricke

Presentano ottime proprietà dosimetriche:

- Tessuto equivalenza;
- Basso costo;
- Facilità di preparazione.



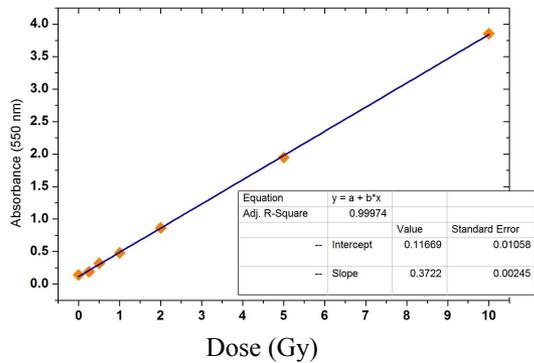
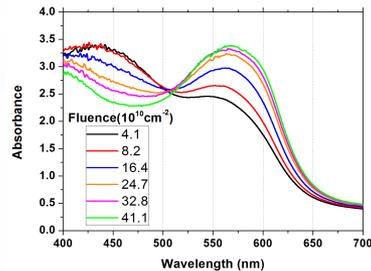


Dosimetria gel

Analisi ottiche



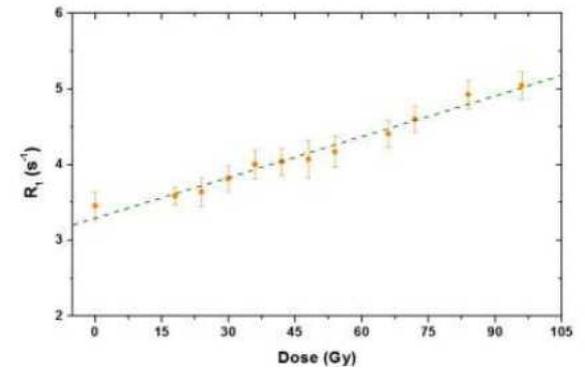
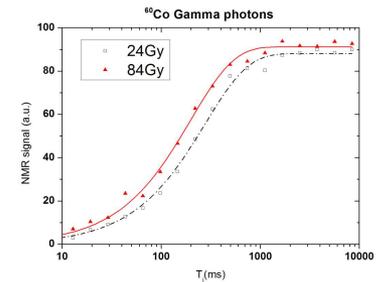
Dose gamma crescente



Analisi MRI



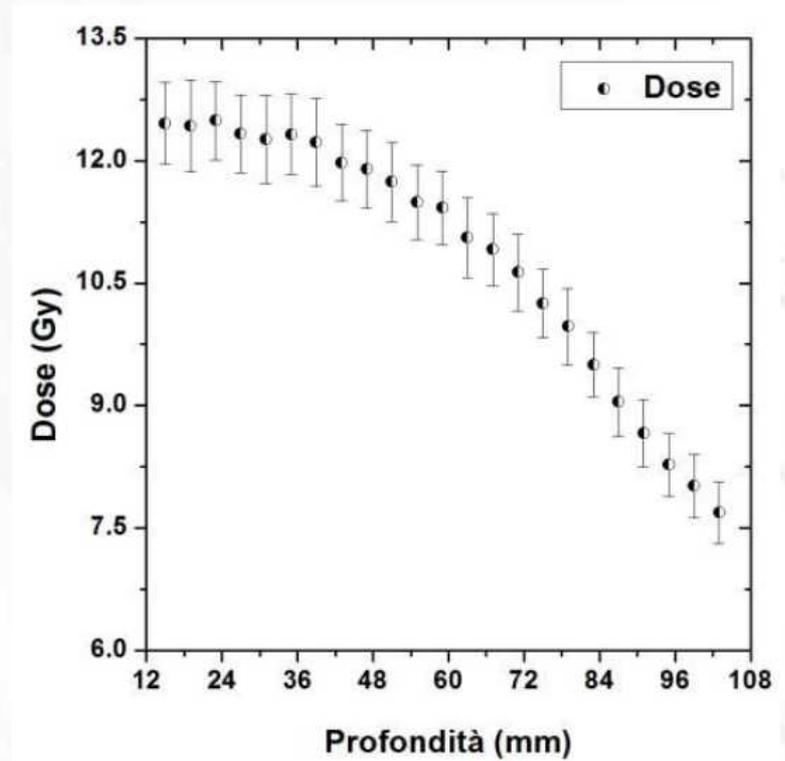
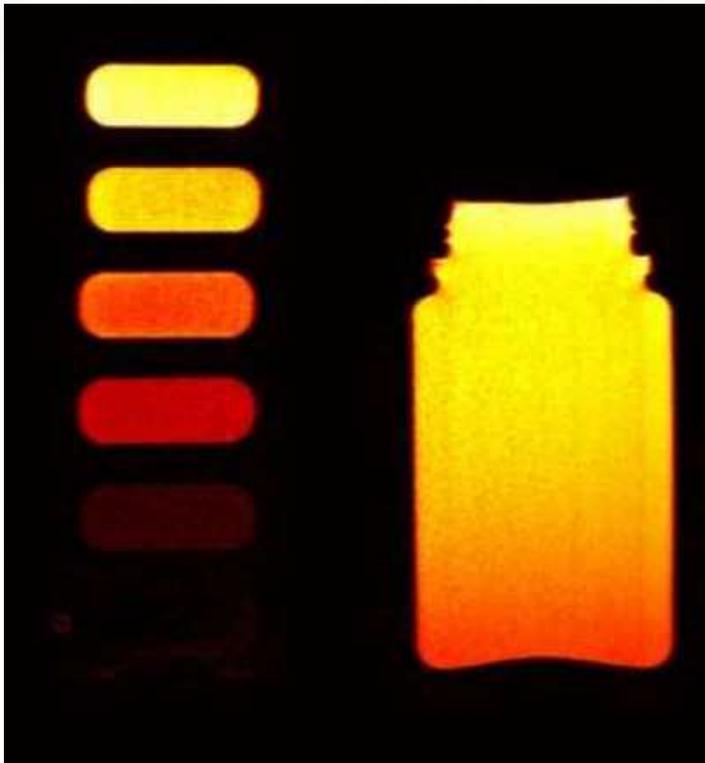
Dose Gamma crescente





Dosimetria gel

Analisi MRI su fantoccio esteso





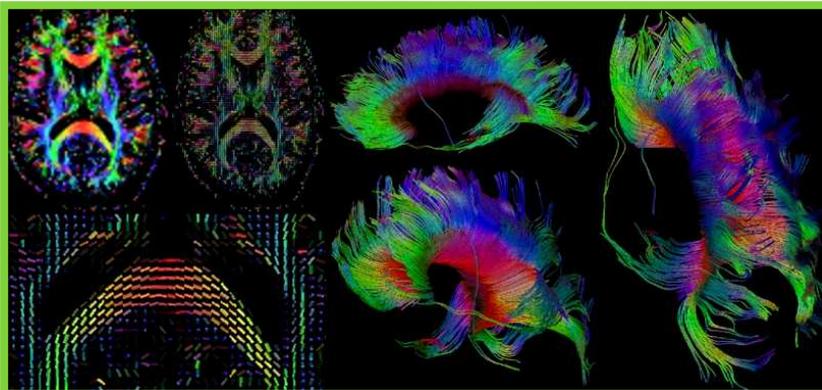
Imaging di risonanza magnetica nucleare

In diagnostica per immagini l'**imaging di risonanza magnetica nucleare (MRI)** è la tecnica di elezione a causa dell'**elevata risoluzione**, l'**assenza di utilizzo di radiazioni ionizzanti** e la possibilità di investigare varie proprietà tissutali.



Diffusion Tensor Imaging (DTI)

La Diffusion Tensor Imaging (DTI) è una tecnica di imaging biomedico che consente di valutare in vivo e con modalità non invasive il processo di diffusione delle molecole d'acqua nei. Le principali applicazioni sono la visualizzazione della materia bianca, per determinare localizzazione, orientamento, e anisotropia dei tratti e dei fasci di fibre nervose.

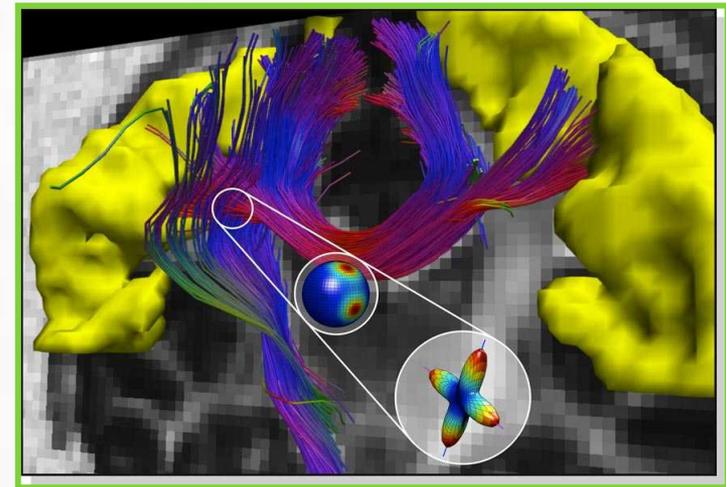




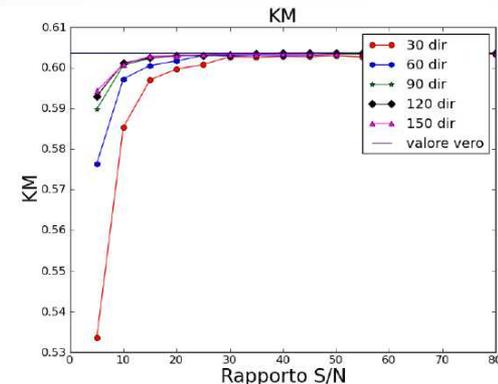
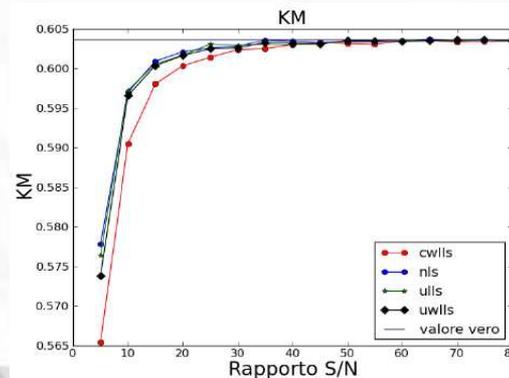
Imaging di risonanza magnetica nucleare

Diffusion Kurtosis Imaging (DKI)

Il DTI è basato su un modello molto semplificato che assume che lo spostamento per diffusione delle molecole d'acqua segua un profilo gaussiano: evento molto raro in un ambiente variegato come i tessuti biologici. Per caratterizzare la natura non gaussiana della diffusione dell'acqua nei tessuti è stata sviluppata negli ultimi anni la Diffusion Kurtosis Imaging (DKI) che permette di ottenere ulteriori e più accurate informazioni sulle caratteristiche ultrastrutturali tissutali.



- Modellizzazione del processo
- Analisi dei parametri
- Ottimizzazione delle sequenze
- Applicazioni cliniche



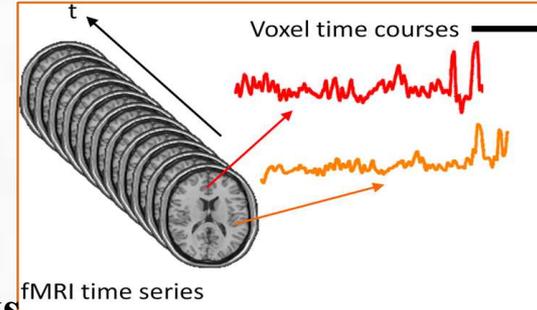


Analisi della connettività cerebrale attraverso MRI funzionale (fMRI)

Connettività strutturale



Connettività funzionale: correlazione temporale tra eventi neurofisiologici spazialmente separati.



Resting State Networks

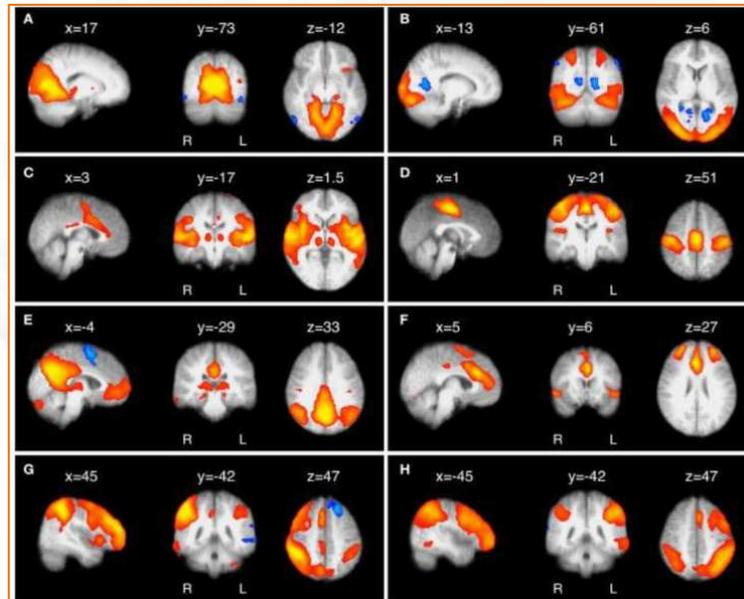
- A. Corteccia visiva primariae
- B. Corteccia visiva striata



- C. Corteccia auditiva



- E. Default Mode Network (DMN)



- D. Corteccia somatosensoriale



- F. Network coinvolto nel controllo esecutivo



- (G-H) Network frontoparietale sinistro e destro, coinvolto nella memoria e nell'attenzione

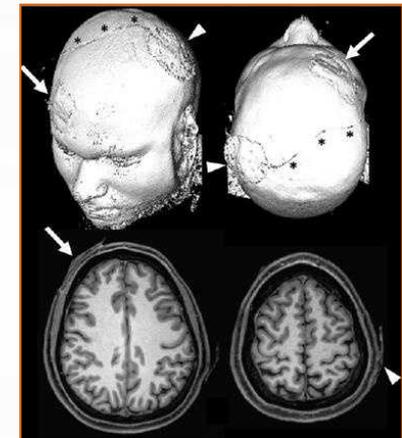
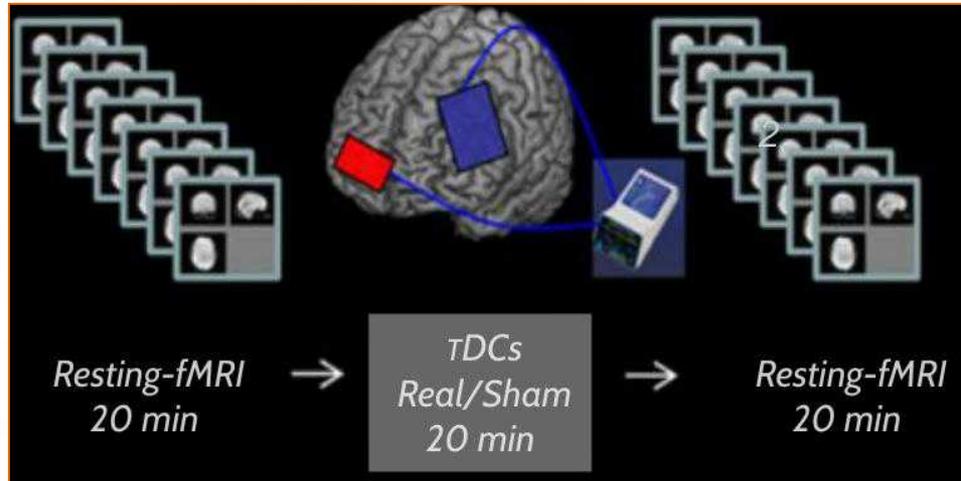




Stimolazione a corrente diretta anodica transcranica e analisi *resting state-fMRI*



DC Stimulator (NeuroConn)



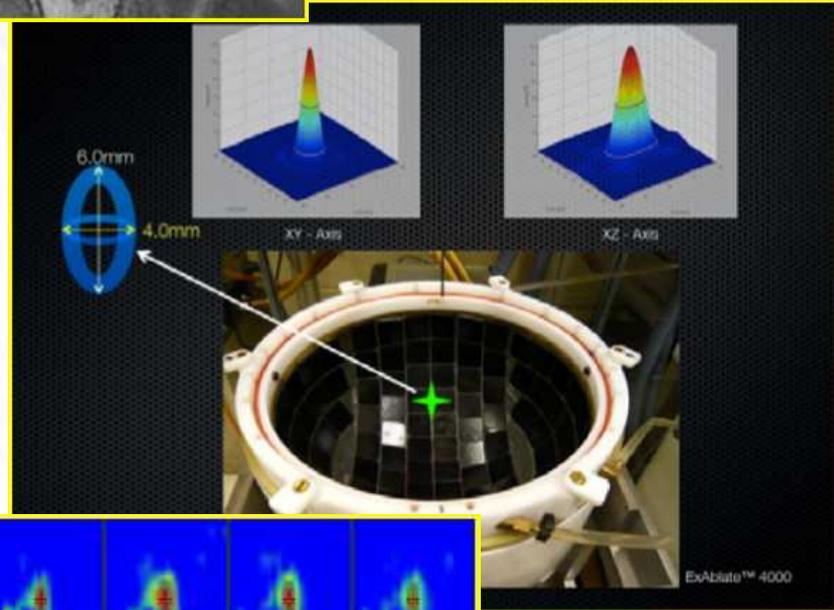
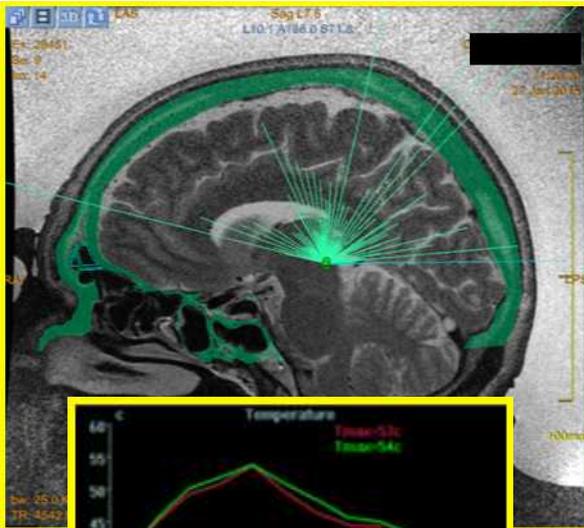
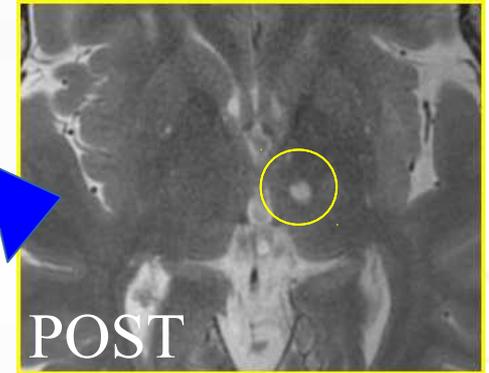
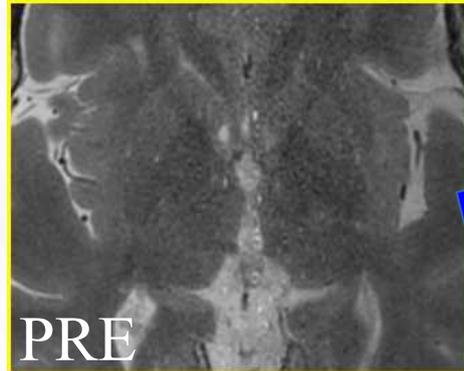
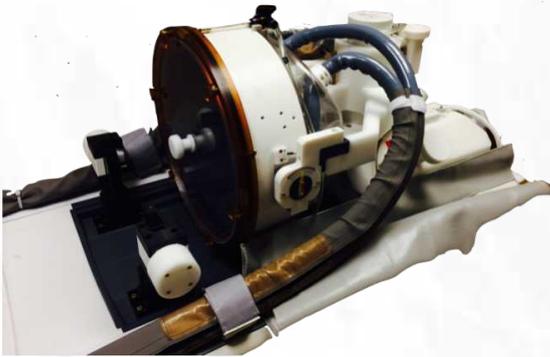
Right hand area

Due tipologie di analisi:

- Seed-based correlation analysis (SCA)
- Independent component analysis (ICA)



Chirurgia trancranica ad ultrasuoni focalizzati guidati con RM (tcMRgFUS)

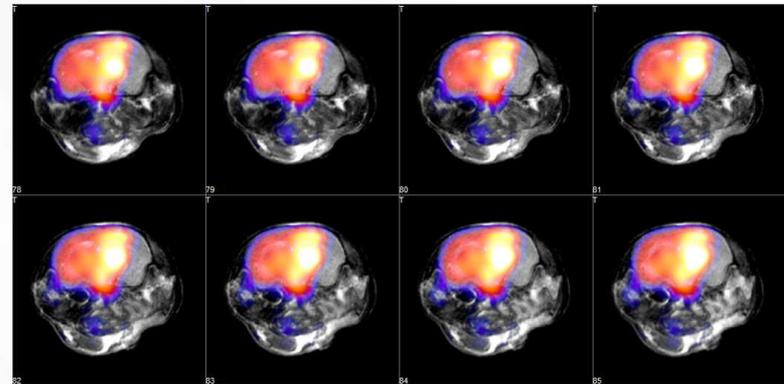




Analisi con MRI preclinico a 7 T

Caratterizzazione del segnale MRI su piccoli animali per indagini precliniche finalizzate a:

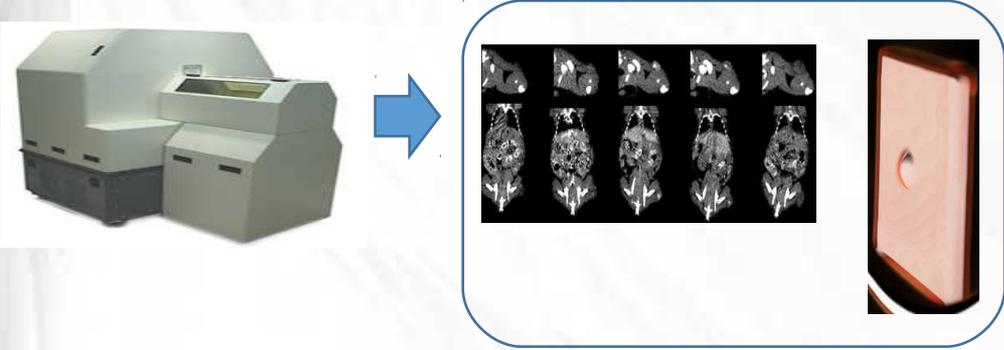
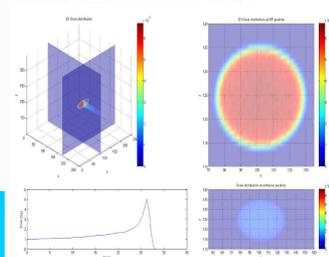
- Test di nuovi farmaci
- Indagini di nuovi mezzi di contrasto
- Indagini degli effetti della radio- e/o chemioterapia



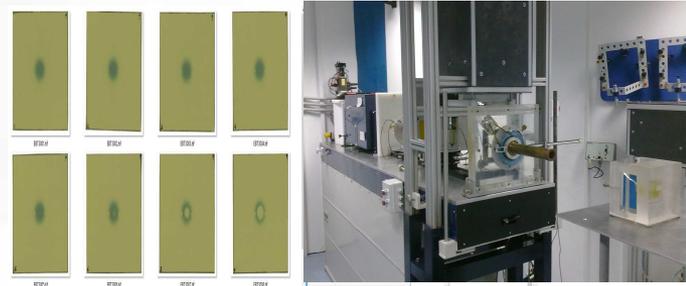
Coming soon!!!



Impiego del metodo Monte Carlo per lo studio di trattamenti preclinici di Adroterapia e Confronto con dati sperimentali



Experimental results



The fine tuning of our application takes two phases:



validation phase

treatment simulation phase



Attività svolta in collaborazione con il CNR-IBFM

Seminari Presentazione Attività di Ricerca 18 Aprile 2016

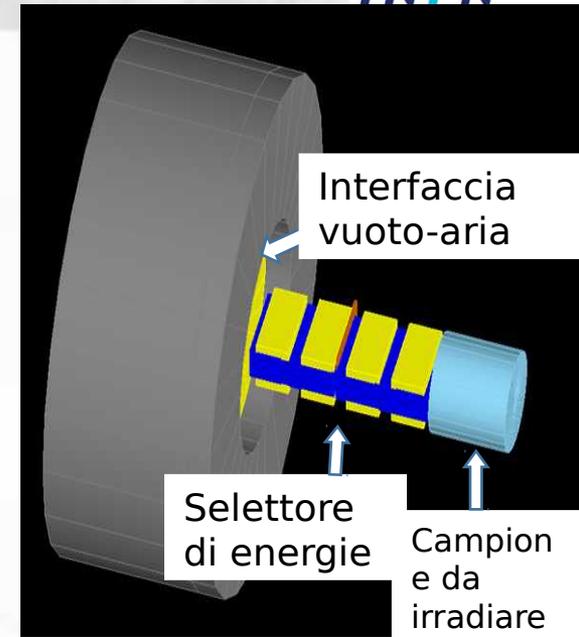
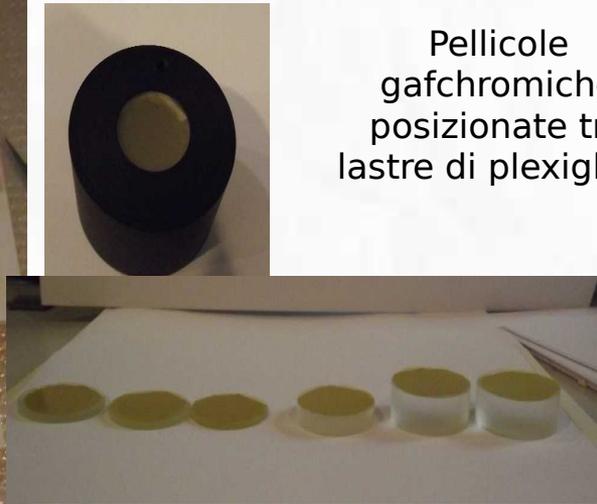


Impiego del metodo Monte Carlo per lo sviluppo di acceleratori Laser-Plasma e validazione con misure dosimetriche con pellicole Gafchromiche

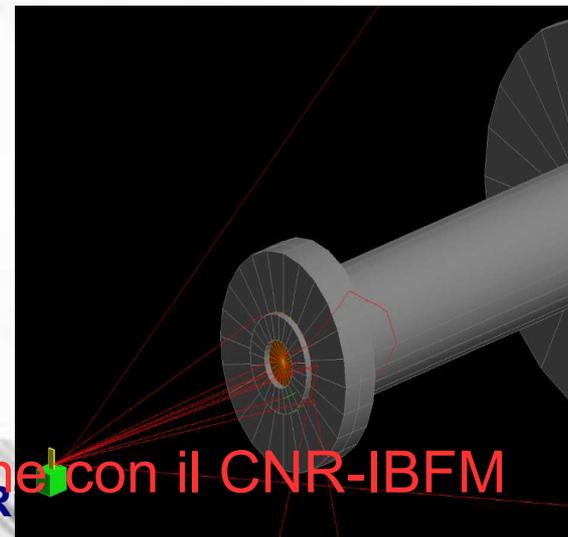
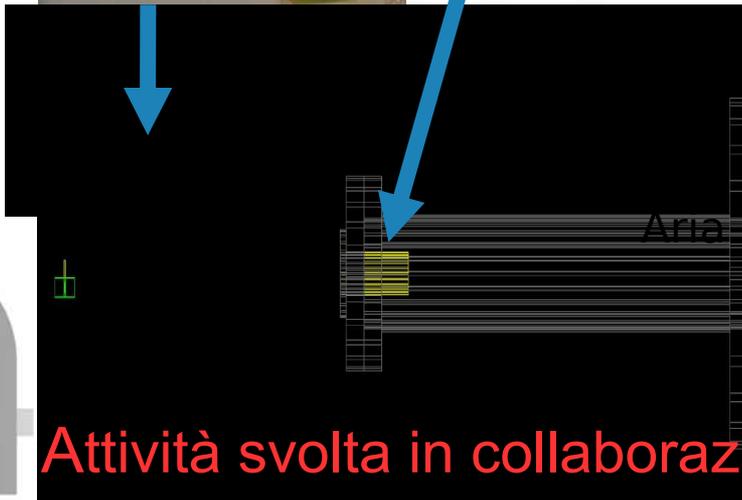
Pellicole gafchromiche posizionate tra lastre di acqua solida RW3



Pellicole gafchromiche posizionate tra lastre di plexiglass



Geant 4



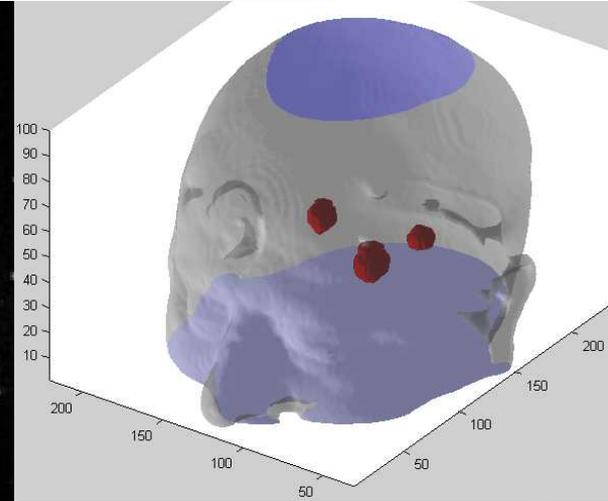
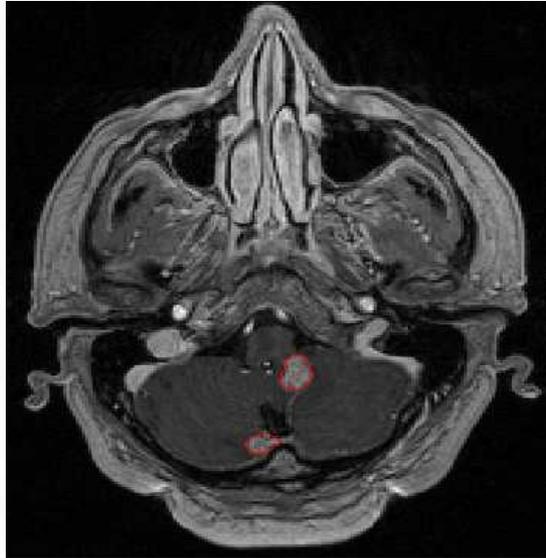
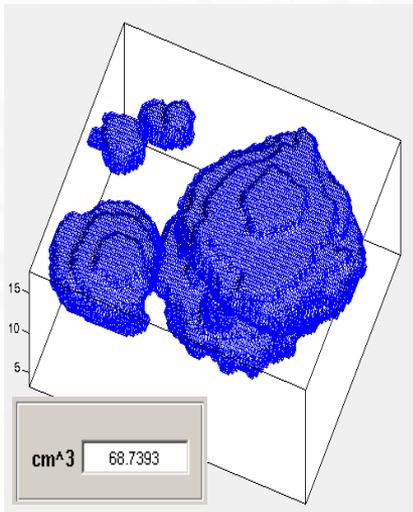
Attività svolta in collaborazione con il CNR-IBFM



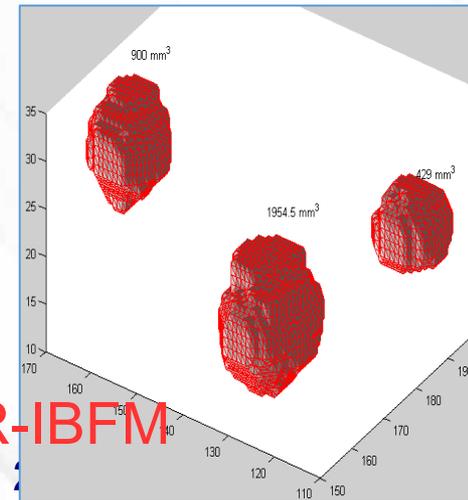


Elaborazione delle Immagini RM per supporto ai trattamenti MRgFUS e Radioterapici

Segmentazione di Fibromi Uterini per trattamento con MRgFUS



Segmentazione di Metastasi Ossee per trattamento radioterapico



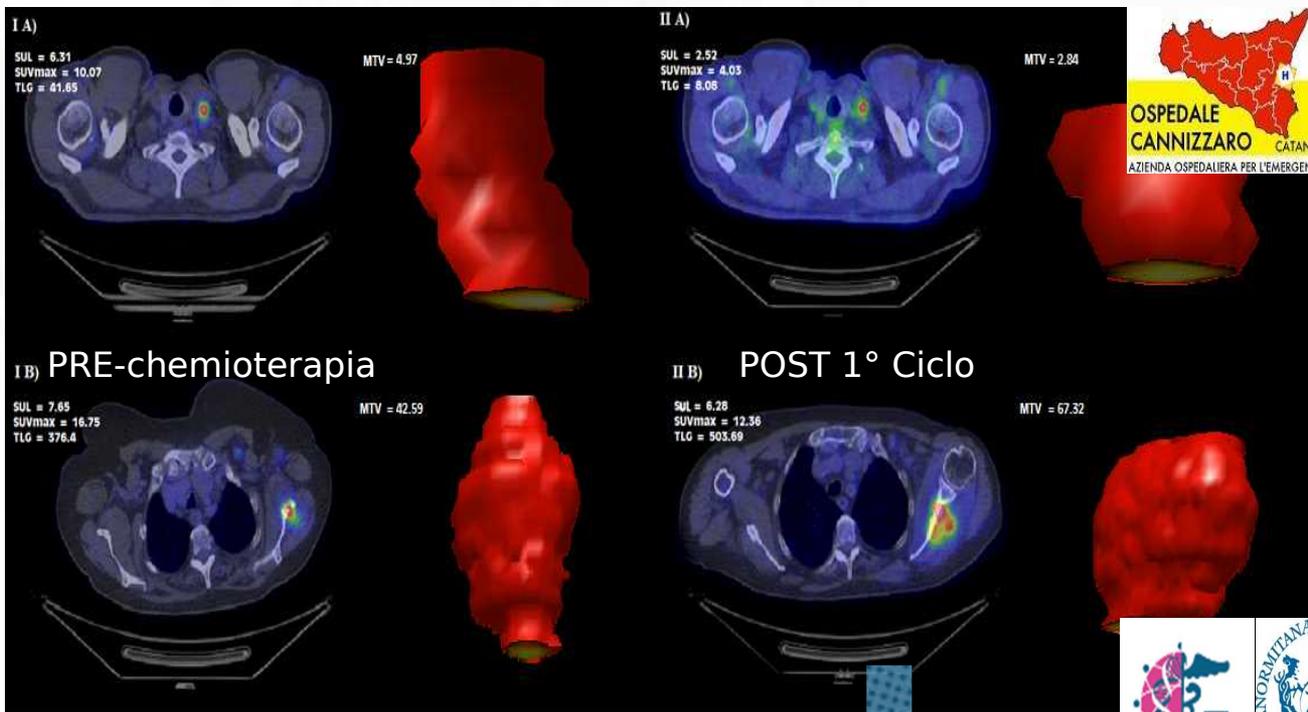
Attività svolta in collaborazione con il CNR-IBFM

Seminari Presentazione Attività di Ricerca 18 Aprile 2014



Elaborazione delle Immagini PET/CT

Metodi di Quantificazione - Studio della risposta metabolica



Stefano A. et al, Current Medical Imaging Reviews, 2015.

Stefano A. et al, The Quarterly Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 2014.



Supporto alla Clinica - Modifica precoce del Piano Terapeutico

Impatto sulla Salute ed Economico per il SSR

Attività svolta in collaborazione con il CNR-IBFM



Applicazioni ai beni culturali

Indagini con varie tecniche sperimentali:

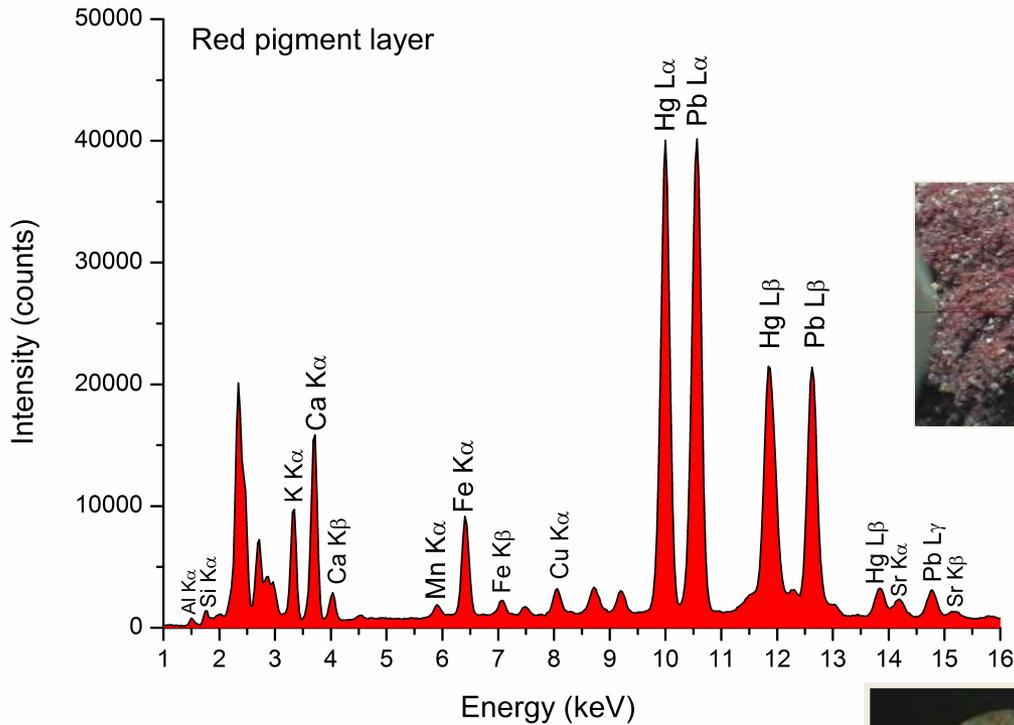
- Fluorescenza X
- Termografia
- Rilassometria NMR
- Laser induced breakdown spectroscopy (LIBS)
- Risonanza di spin elettronico (ESR)





Analisi di Fluorescenza X

Identificazione delle righe X caratteristiche di emissione di ogni elemento chimico



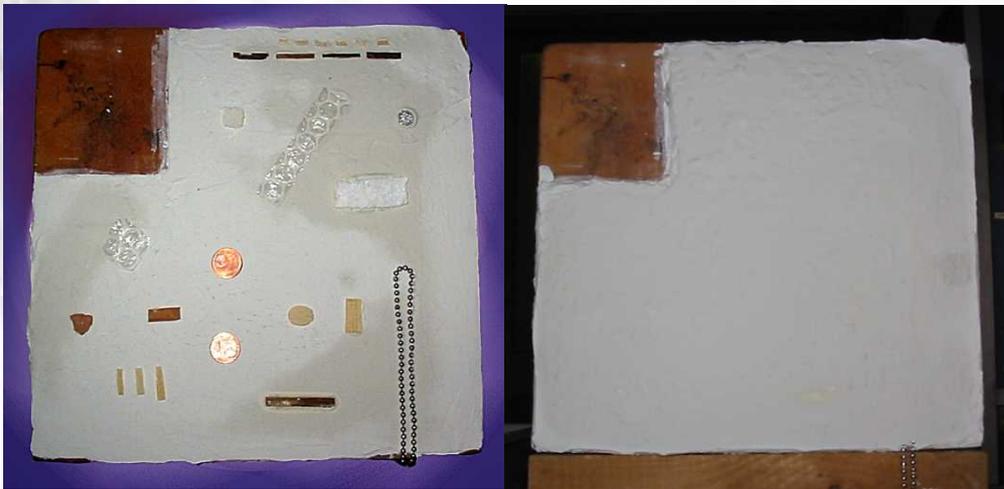
**UTILE PER LEGHE,
CERAMICHE, VETRI...**

Seminari Presentazione At



TERMOGRAFIA

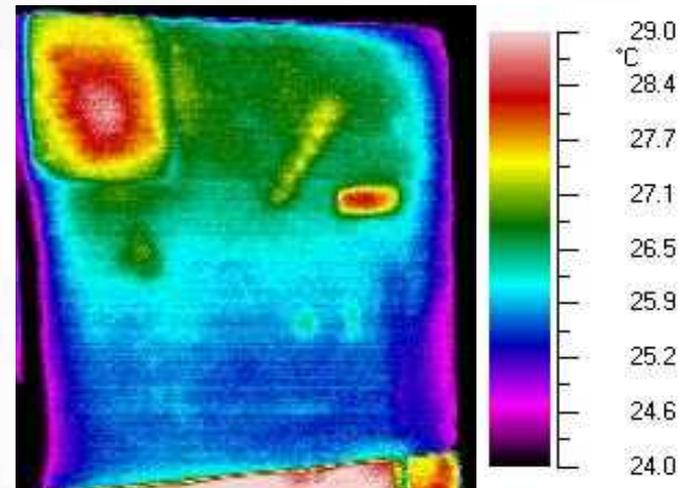
La termografia è una tecnica diagnostica e conoscitiva, non distruttiva né invasiva, in grado di rilevare la temperatura di oggetti attraverso la misura della radiazione infrarossa spontaneamente emessa dagli stessi.



Campione con inserti di differenti materiali prima della ricopertura

Campione dopo la ricopertura

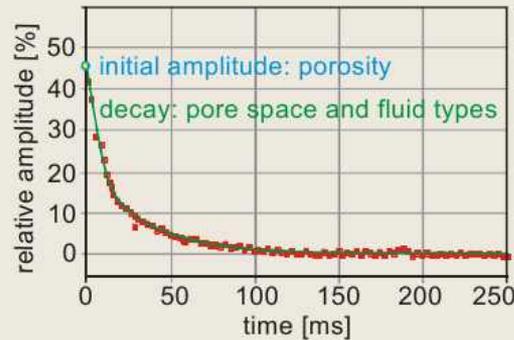
Termografia



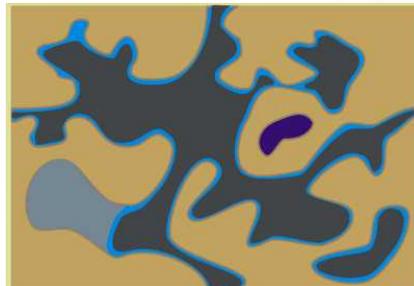
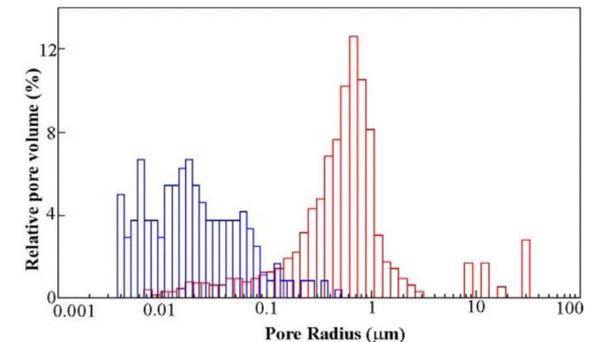
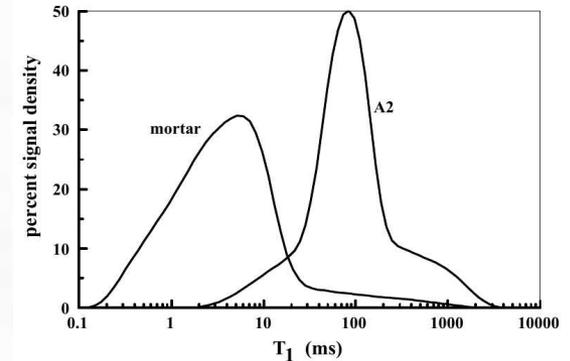
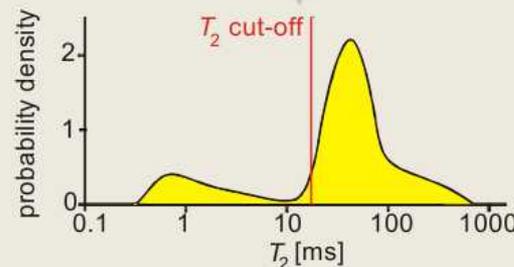


Rilassometria NMR

La rilassometria permette di ottenere misure porosimetriche tramite la misura dei tempi di rilassamento dell'acqua confinata nei materiali porosi



inverse Laplace-transformation





Collaborazioni nazionali ed internazionali

- ✓ Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety, Dr. François Trompier
- ✓ GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Prof. Marco Durante
- ✓ Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Dr. Hans Rabus
- ✓ Helmholtz Center Munich, Dr. Albrecht Wieser
- ✓ National Physical Laboratory, Dr. Peter Sharpe
- ✓ Dip. Tecnologie e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Dr. Paola Fattibene
- ✓ Dip. Scienze Chimiche, Università di Padova, Prof. Marina Brustolon
- ✓ Dip. Chimica, Università di Pavia, Prof. Armando Buttafava
- ✓ Dip. Energia, Università di Palermo, Dr. Elio Tomarchio
- ✓ Dip. Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, Università di Pisa, Prof. Francesco D'Errico
- ✓ Dip. Energia, Politecnico di Milano, Prof. Mario Mariani
- ✓ Dip. Fisica, Università di Cagliari, Prof. Paolo Randaccio
- ✓ Ist. Nazionale di Ricerca Metrologica, Dr. Giancarlo D'Agostino
- ✓ Dip. Biopatologia e Diagnostica per Immagini, Università degli Studi "Tor Vergata", Prof. Nicola Toschi
- ✓ Ist. Bioimmagini e Fisiologia Molecolare, CNR, Dr. Giorgio Russo
- ✓ Dip. Biopatologia e Biotecnologie Mediche, Università di Palermo, Prof. Massimo Midiri
- ✓ Ist. Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali del Sud, Dr. Giacomo Cuttone e Dr. G.A.P. Cirrone
- ✓ Ist. Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Genova, Dr. Andrea Chincarini
- ✓ Ist. Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione de l'Aquila, Prof. Marcello Alecci
- ✓ Ist. Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Lecce, Dr. Giorgio De Nunzio
- ✓ Ist. Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pisa, Dr. Alessandra Retico



Finanziamenti

Progetti PRIN



Progetti INFN



Progetti POR



Progetti PON



Progetti FP6



Progetti regionali



Finanziamenti da aziende



Contatti

Maurizio Marrale, Maria Brai, Antonio Bartolotta,
Maria Cristina D'Oca, Valentino Romano

Dipartimento di Fisica e Chimica

Viale delle Scienze Edificio 18

Tel: 09123899073/121

Email: maurizio.marrale@unipa.it e/o

mauriziomarrale@gmail.com