

Contatti:

Matteo Cesaroni
ENEA
C.R. CASACCIA – FSN-FISS-RNR - S.P. 040
via Anguillarese 301
00123 S. MARIA DI GALERIA (ROMA)
matteo.cesaroni@enea.it



ENEA Casaccia
TAPIRO
Direttori
L. Falconi
A. Santagata

Connessione a IAEA Research Reactors Data Base: [TAPIRO](#)

Informazioni generali e dati tecnici del Reattore di Ricerca TAPIRO

Il reattore nucleare TAPIRO (Fig. 1), il cui nome deriva dall'acronimo: **T**Aratura **P**lla **R**apida **P**otenza **Z**er**O**, è una sorgente di neutroni veloci.

Sulla base di un accordo tra ENEA e SCK/CEN Mol (Belgio), negli anni che intercorsero tra il 1980 e il 1986, venne portata avanti un'intensiva caratterizzazione del reattore, la quale dimostrò, che quest'ultimo era in grado di fornire una famiglia di spettri di neutroni di durezza estremamente variabili, e di fornire uno spettro prossimo a quello di fissione, vicino al centro del nocciolo. Questa notevole caratteristica tenendo altresì conto di una buona simmetria sferica della forma del flusso, rende il TAPIRO adatto a notevoli applicazioni metrologiche, come testimoniato da una precedente campagna sperimentale realizzata tra ENEA e SCK/CEN.



Figura 1 - TAPIRO sala reattore.

Il reattore può essere utilizzato in numerosi settori della ricerca:

nella validazione di codici di calcolo per reattori di IV generazione; nello studio del danneggiamento dovuto a neutroni veloci; nella sperimentazione per la produzione di dati nucleari; nelle valutazioni del danno indotto dai neutroni su componentistica esposta al campo neutronico; nella qualificazione di catene di rivelazione innovative, e come supporto didattico, nei corsi di Ingegneria Nucleare.

Il reattore è progettato per operare ad un livello massimo di 5 Kw con un flusso neutronico al suo livello più alto, pari a circa $4 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ disponibile al centro del nocciolo.

Nella Tab.1 sono poste in evidenza alcune caratteristiche del reattore.

NOCCIOLO	Cilindrico: \varnothing 120 mm Diametro/Altezza: circa 1
COMBUSTIBILE	Lega di Uranio-Molibdeno (peso 98.5% U – 1.5% Mo) Densità: 18.5 g cm ⁻³ Arricchimento: 93.5% ²³⁵ U
INCAMICIATURA Nocciolo	Acciaio Inossidabile: spessore 0.5 mm
RIFLETTORE	Cilindrico -Riflettore interno: diametro 348 mm Cilindrico- Riflettore esterno: diametro 800 mm Altezza totale: 700 mm Materiale: Rame Peso: 2600 kg
CIRCUITO DI REFRIGERAZIONE	Circolazione forzata di He: 100 g/sec @ 7.5 ata Scambiatori di calore: He- Freon e He aria Temp. he entrata nocciolo: 25° C / Temp. He uscita nocciolo: 35° C
SCHERMO BIOLOGICO	Forma: ~ sferica Spessore: 1.75 m Materiale: calcestruzzo pesante borato Densità: 3.7 kg dm ⁻³
CANALI SPERIMENTALI	3 canali nel piano mediano del reattore 1 tangenziale (dall'esterno dello schermo biologico fino al nocciolo)
ORGANI DI CONTROLLO	2 Barre di Sicurezza + 2 Barre di calibrazione +1 Barra di regolazione

Tabella 1 – Caratteristiche del reattore Tapiro.

Il nocciolo del reattore è un cilindro di Uranio metallico altamente arricchito (peso 98,5% U; 1,5% Mo), ed i canali sperimentali di cui è dotato, permettono l'installazione di dispositivi ed esperienze in aree dove è richiesto un alto flusso neutronico (Fig.3).

Ciascun canale è costituito da una camicia cilindrica metallica e di un tappo che serve a ripristinare lo schermo biologico. Sia la camicia che il tappo presentano nello schermo, a circa metà della loro lunghezza, una variazione di sezione per ridurre l'effetto fessura. Il tappo dei canali è essenzialmente costituito da un involucro riempito di materiale schermante per tutto il tratto che penetra nello schermo, mentre nella parte finale è munito di una prolunga di rame occupante la zona passante nel riflettore, realizzata in sezioni rimovibili, in modo tale da rendere disponibile lo spazio da dedicare alle sperimentazioni. In ogni tappo sono previsti passaggi per cavi in un numero massimo di tre, per le eventuali alimentazioni elettriche delle esperienze.

Completano le attrezzature sperimentali la Colonna Termica, prevista per fornire un flusso epitermico o veloce, e nel contempo in grado di realizzare numerose esperienze su componenti o attrezzature di grandi dimensioni.

Le caratteristiche dei canali sperimentali sono brevemente riassunte in tabella 3.

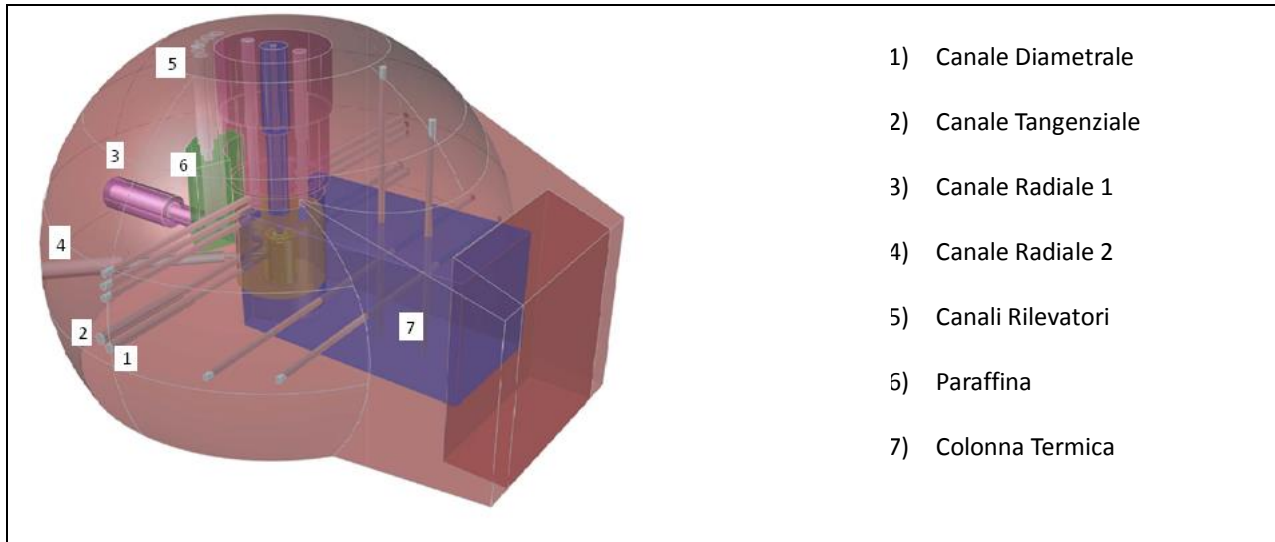


Figura 3 - Canali Sperimentali.

Nome	Posizione	Penetrazione	Diametro utile
Canale Diametrale (D.C.)	Passante, orizzontale, diametrale sul piano mediano del nocciolo .	Riflettore fisso esterno ed interno, nocciolo	10 mm nel nocciolo
Canale tangenziale	Passante, orizzontale a +50 mm sul piano mediano del nocciolo, parallelo al canale diametrale e distante 106 mm dall'asse del nocciolo .	Riflettore fisso esterno ed interno.	30 mm nel riflettore
Canale radiale 1 (R.C.1)	Radiale, orizzontale nel piano mediano del nocciolo a 90° con l'asse del canale diametrale	Riflettore fisso esterno ed interno fino a 93 mm dall'asse del nocciolo	56 mm nel riflettore
Canale Radiale 2 (R.C.2)	Radiale, orizzontale sul piano mediano del nocciolo a 50° dall'asse del canale radiale n°1 .	Riflettore esterno, fino a 228 mm dall'asse del nocciolo .	80 mm nel riflettore
Grande canale Orizzontale (G.H.C.)	Radiale, orizzontale concentrica al canale radiale n° 1 .	Fino alla superficie esterna del riflettore	400 mm vicino al riflettore
Grande canale Verticale (G.V.C.)	Al di sopra del nocciolo sullo stesso asse	Riflettore fisso esterno fino a 100 mm dalla base superiore del nocciolo fino cioè al contenitore fluido refrigerante .	800÷900 mm nel riflettore
Colonna Termica	Orizzontale con l'asse coincidente con quello del grande canale orizzontale .	Schermo fino al riflettore esterno	110x116x160 cm ³
Cavita' di irraggiamento	Sulla faccia superiore del tappo di sicurezza	7.4 mm	33 mm

Tabella 3 - TAPIRO caratteristiche principali degli alloggiamenti sperimentali.

1 TAPIRO nel campo della ricerca applicata:

1.1 Irraggiamento dei materiali

I canali sperimentali di cui il Tapiro è dotato permettono la realizzazione di numerose esperienze inerenti il danneggiamento neutronico su diversi tipi di materiali.

Di seguito sono illustrate le principali attività realizzate:

- Studio del danneggiamento indotto da neutroni veloci su di fotodiodi a valanga APD (Avalanche Photo Diodes), nel ambito del progetto del calorimetro elettromagnetico ECOLE (CERN LHC-Large Hadron Collider Project),e sullo spettrometro di muoni ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus).
- studio del danneggiamento indotto da neutroni veloci su alcuni dispositivi elettronici dell'esperienza ATLAS del "Large Hadron Collider (CERN LHC);
- su i rivelatori "Monitored Drift Tubes" (MDT) e su gli "Avalanches Photodiodes" (APD) del calorimetro elettromagnetico CSM (Compact Muon Solenoid);
- Influenza dell'irraggiamento neutronico nei componenti aerospaziali a base di silicio.
- Test di danneggiamento neutronico su motori piezo- elettrici (EU Project F4E-GRT-282).
- Test per la determinazione della suscettività dei dispositivi a semiconduttori in seguito alla degradazione dovuta a neutroni veloci (qualificazione di dispositivi elettronici);
 - lo studio dell'influenza di campo neutronico veloce su dispositivi elettronici utilizzati per l'aerospazio (IMT).
 - dispositivi dell'esperienza ATLAS

1.2 Medicina Nucleare

Sperimentazione della BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) per il trattamento di alcuni tipi di tumori cerebrali, colpiti da un fascio di neutroni epitermici con energia variabile tra 0,4 eV e 10 keV. La sperimentazione BNCT eseguita presso il reattore TAPIRO, è stata effettuata su fantocci antropomorfi, cellule e animali.

1.3 Analisi per attivazione

Per le misure di Spettrometria γ vengono utilizzati sistemi di conteggio dotati di rivelatori HPGe sia Canberra sia ORTEC, con relativi strumentazione e software aggiornati. Il laboratorio è inoltre dotato di un sistema di misura in anticoincidenza che utilizza, tra l'altro, un rivelatore NaI Bicron anulare di 12 pollici di diametro x 12 pollici di lunghezza, caratterizzato quindi da una rilevante diminuzione del fondo spettrale; e da un rivelatore

HPGe planare impiegabile con elevata efficienza per la misura di raggi x e γ di energia < 100 keV, nonché per misure XRF

Per mezzo dell'Analisi per Attivazione Neutronica eseguita presso il reattore TAPIRO è possibile studiare e determinare attraverso neutroni termici epitermici e veloci una gamma molto estesa di materiali e di matrici determinando macrocostituenti, costituenti minori ed elementi in traccia ed ultratraccia utilizzate in molte applicazioni specifiche.

I campioni che possono essere analizzati e le applicazioni dell'Analisi per Attivazione spaziano dalle leghe ai minerali; dai sedimenti e le sospensioni solide al particolato atmosferico; dai materiali archeologici ai materiali per lo studio della fisica delle particelle subatomiche; dai radio traccianti alle esecuzioni dei studi forensi.

1.4 Caratterizzazione radiologica

Negli ultimi anni le attività svolte presso il reattore TAPIRO dal personale del laboratorio di caratterizzazione materiali nucleari, è stato finalizzato alla caratterizzazione radiologica dei fusti contenenti rifiuti prodotti nelle attività di routine.

La caratterizzazione è stata effettuata utilizzando le seguenti apparecchiature mobili:

ISOCS (In Situ Object Counting System) sistema di caratterizzazione radiologica per analizzare oggetti di qualsiasi forma e natura contenenti radionuclidi emettitori γ ; il sistema di misura opera con un rivelatore al Germanio, la cui risposta ad una serie di sorgenti puntiformi o distribuite in matrici predefinite, è stato caratterizzata utilizzando codici Monte Carlo.

Portable multi-Channel, dotato di sonda sensibile ai neutroni e un rivelatore di radiazione gamma. Questo strumento è caratterizzato da elevata precisione e velocità di risposta ed è stato utilizzato per le ispezioni preliminari di fusti contenenti rifiuti a bassa attività.

1.5 Validazione codici

Sono state eseguite esperienze per la validazione dei codici neutronici per lo studio di sistemi nucleari di IV generazione caratterizzati da un elevato grado di eterogeneità come nel caso dei sistemi HTGR (High Temperature Gas - ϕ cooled Reactor);

2 Progettazione e realizzazione di dispositivi e sistemi sperimentali

Il reattore TAPIRO ha al suo interno una sezione dedicata alla progettazione e realizzazione di dispositivi sperimentali (meccanici, idraulici ed elettronici). Di seguito alcuni esempi di apparecchiature realizzate o potenzialmente realizzabili:

- Collimatori per fasci neutronici;
- Dispositivi di irraggiamento;
- Sistemi ausiliari per esperimenti;
- Pannelli di controllo elettronici;
- Analisi per attivazione neutronica attraverso il k0-method.

3 Utilizzo del reattore per l'istruzione e formazione delle risorse umane nel campo del nucleare

- Didattica per studenti universitari;
- Introduzione all'utilizzo di strumenti di calcolo nucleare (MonteCarlo e codici deterministici);
- Caratterizzazione neutronica dei canali di irraggiamento;
- Esperienze educative per chi opera nel campo del nucleare ;
- Curva di calibrazione degli organi di controllo mediante l'utilizzo del metodo del periodo positivo;
- Misure di flussi neutronici;
- Addestramento del personale d'impianto.