

Contatti:

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

ENEA Casaccia
TAPIRO
Direttori
O.Fiorani
A.Santagata

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

1 Informazioni generali e dati tecnici del reattore di ricerca TAPIRO

Il reattore nucleare di ricerca TAPIRO (Fig. 1), il cui nome deriva dall'acronimo **T**Aratura **P**ila **R**apida **P**otenza **Z**ero, è una sorgente di neutroni veloci. Costruito per dare supporto al programma sperimentale sui reattori veloci è entrato in operazione nel 1971.

Negli anni che intercorsero tra il 1980 e il 1986 venne effettuata una campagna di misure per la caratterizzazione neutronica del reattore sulla base di un accordo tra ENEA e SCK/CEN Mol (Belgio). Questa campagna di caratterizzazione dimostrò che il TAPIRO è in grado di fornire flussi neutronici con spettri energetici estremamente variabili a partire da quello prossimo allo spettro di fissione che si ha al centro del nocciolo. Tale caratteristica, unitamente alla buona simmetria sferica della distribuzione spaziale del flusso, rende il TAPIRO adatto a notevoli applicazioni metrologiche.



Fig. 1 - Sala reattore TAPIRO .

Il reattore può essere utilizzato in numerosi settori della ricerca:

- nello studio del danneggiamento dovuto a neutroni veloci;
- nella sperimentazione per la produzione di dati nucleari;
- nella validazione di codici di calcolo per reattori di IV generazione;
- nella qualificazioni di catene di rivelazione innovative;
- come supporto didattico nei corsi Universitari e post-Universitari.

Il reattore è progettato per operare ad un livello massimo di 5 kW, corrispondente ad un livello di flusso neutronico pari a circa $4 \cdot 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 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: $18.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 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: $3.7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
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

Tab. 1 – Caratteristiche del reattore TAPIRO.

I canali sperimentali di cui è dotato il nocciolo del reattore permettono l'istallazione di dispositivi ed esperienze in aree dove è richiesto un alto flusso neutronico (Figs. 2, 3).

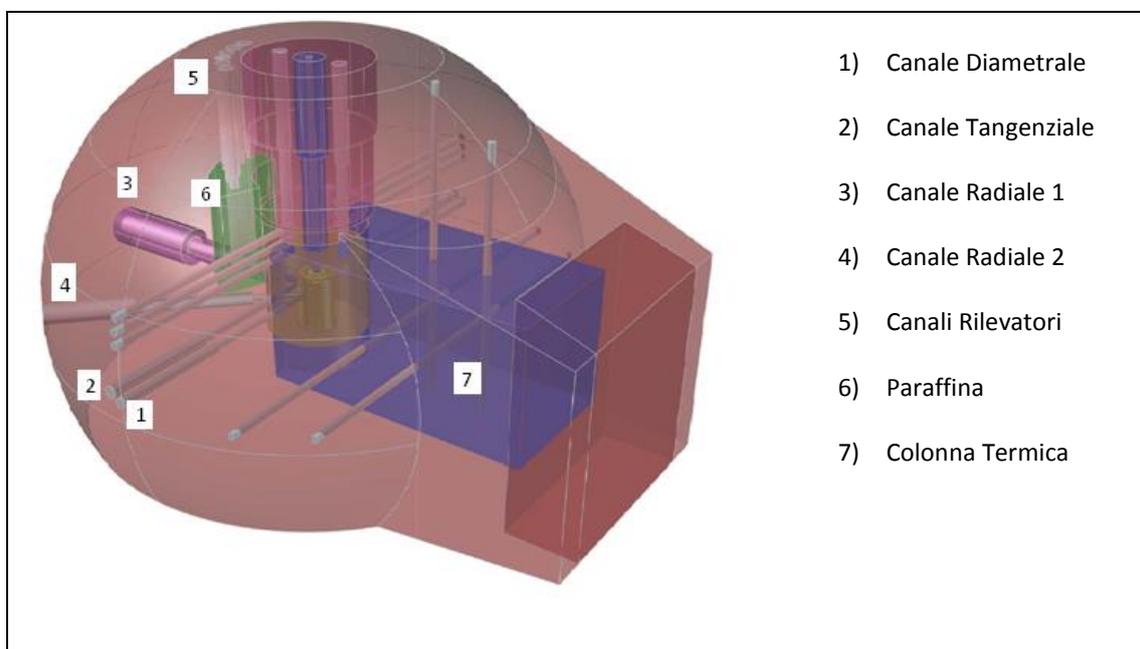


Fig. 2 - Canali Sperimentali.

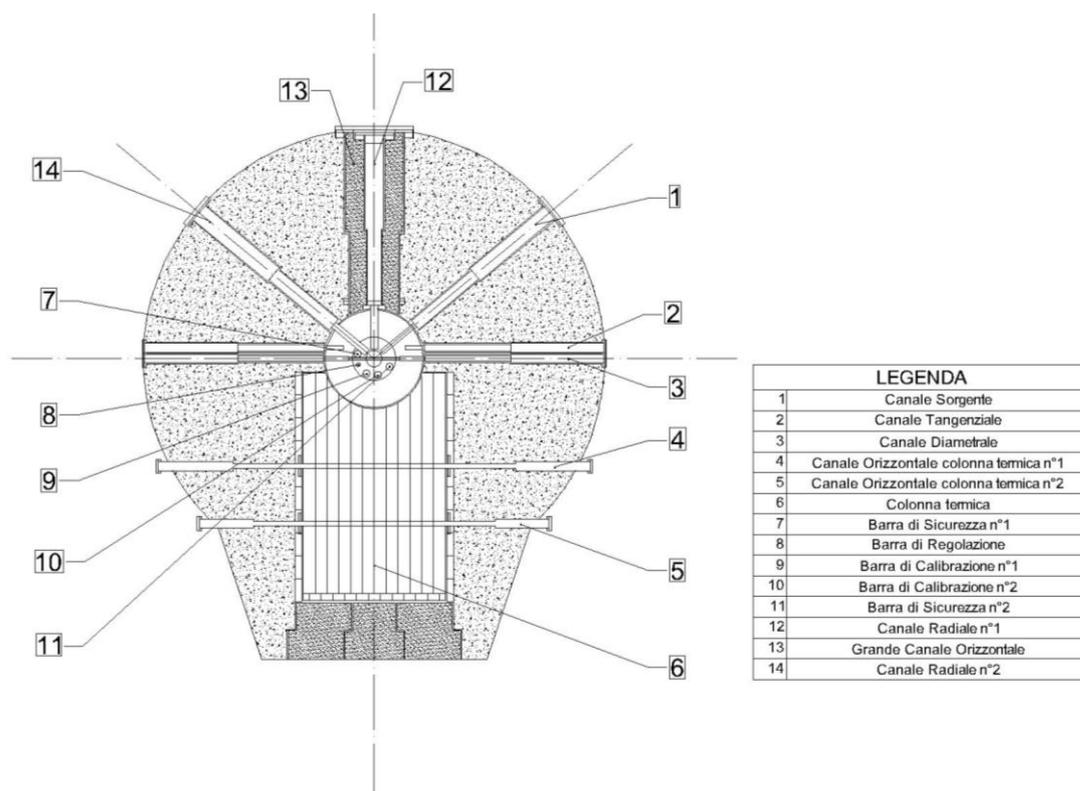


Fig. 3 - Sezione del reattore parallela al piano di calpestio della sala reattore ad 1 m di altezza

Completano le attrezzature sperimentali la Colonna Termica, prevista per fornire un flusso termico, 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 sinteticamente riassunte in Tab. 2.

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.	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

Tab. 2 - Caratteristiche principali degli alloggiamenti sperimentali.

2 Il TAPIRO nel campo della ricerca applicata

2.1 Esperienze di irraggiamento per studi sul danneggiamento neutronico

I canali sperimentali di cui il TAPIRO è dotato permettono la realizzazione di numerose esperienze inerenti il danneggiamento neutronico su diversi tipi di materiali. Alcuni esempi di attività realizzate sono:

- danneggiamento indotto da neutroni veloci su fotodiodi a valanga APD (Avalanche Photo Diodes) utilizzati nel rivelatore ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) del LHC (Large Hadron Collider) del CERN;
- danneggiamento neutronico di "Monitored Drift Tubes" (MDT) e di APD per il calorimetro elettromagnetico CMS (Compact Muon Solenoid) del LHC del CERN;
- studio degli effetti dei neutroni veloci sul funzionamento di dispositivi elettromeccanici (motorini ceramici) da utilizzare nel prototipo del reattore a fusione del progetto ITER;
- test di funzionamento di rivelatori di neutroni self-powered da utilizzare nel progetto della fusione nucleare ITER;
- studio del danneggiamento indotto da neutroni su componenti elettronici per applicazioni aerospaziali.

2.2 Medicina nucleare

Sperimentazione relativa agli effetti delle radiazioni su cellule e piccoli animali per studi di micro-dosimetria e per il trattamento di alcuni tipi di tumori sottoposti a fasci di neutroni con energia variabile tra 0.4 eV e 10 keV.

2.3 Analisi per attivazione

Per le misure di spettrometria γ vengono utilizzati sistemi di conteggio dotati di rivelatori HPGe sia Canberra sia ORTEC, con strumentazione e software aggiornati. Il laboratorio è inoltre dotato di un sistema di misura in anticoincidenza che utilizza, tra l'altro, sia un rivelatore NaI Bicron anulare di 12 pollici di diametro x 12 pollici di lunghezza, caratterizzato quindi da una rilevante diminuzione del fondo spettrale, sia 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 è possibile studiare e determinare attraverso neutroni termici, epitermici e veloci una gamma molto estesa di materiali e di matrici determinando macro-costituenti, costituenti minori ed elementi in traccia ed ultra-traccia 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 utilizzati in rivelatori nel campo della fisica delle particelle elementari; dai radio traccianti all'esecuzione di studi forensi.

2.4 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 di 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 stata 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.

2.5 Validazione codici di calcolo

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-cooled Reactor).

3 Progettazione e realizzazione di dispositivi e sistemi sperimentali

Il TAPIRO appartiene a un laboratorio in cui è presente 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;
- catene di misura per analisi mediante attivazione neutronica.

4 Utilizzo del reattore nel campo dell'istruzione e della formazione del personale

- Didattica per gli studenti universitari:
 - Introduzione all'utilizzo di strumenti di calcolo nucleari (Monte Carlo e codici deterministici);
 - Introduzione all'esecuzione di misure sperimentali.
- Formazione del personale:
 - addestramento del personale d'impianto ai fini del conseguimento degli attestati per l'operazione dell'impianto stesso;
 - addestramento permanente alla conduzione e manutenzione dell'impianto;
 - addestramento di soggetti che operano in ambito nucleare (Esperti Qualificati, Vigili del Fuoco, Militari ecc.).