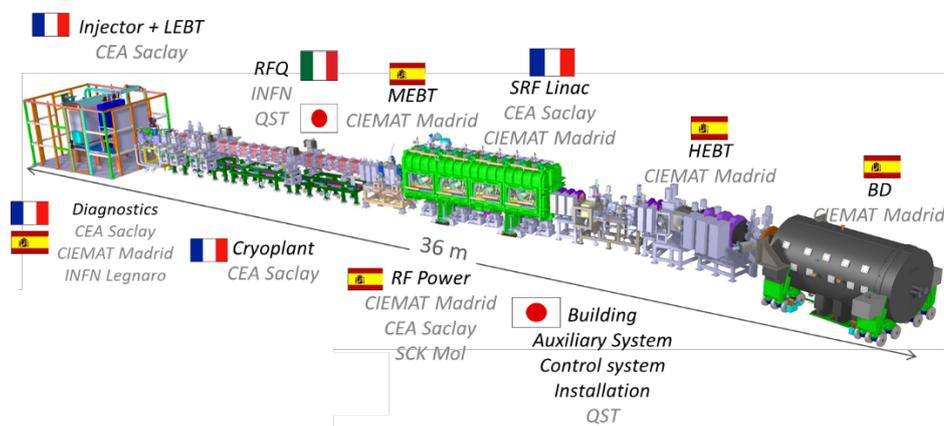


## Progetto IFMIF – contributo INFN

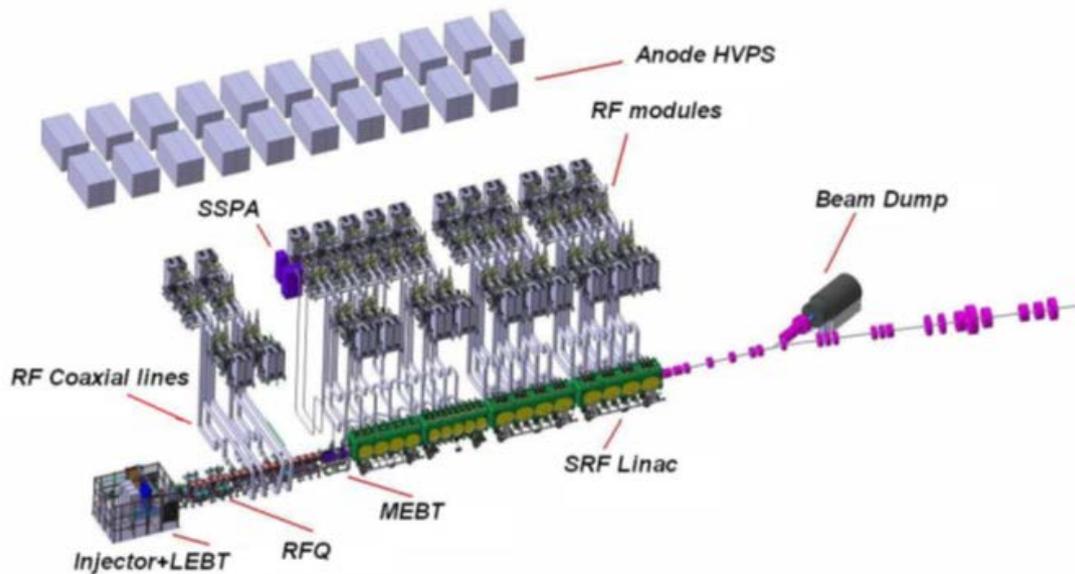
### A. Facco – INFN/LNL

#### 1. Introduzione

- Storia – La collaborazione internazionale Broader Approach tra EU e Giappone è sorta nel 2007 in appoggio alla collaborazione ITER. ITER prevede un piano a lungo termine pluridecennale per la fusione nucleare civile che include, oltre alla realizzazione di ITER, un prototipo di reattore per la produzione di energia elettrica da immettere in rete (DEMO). Il Broader Approach prevede tra l'altro la costruzione di una facility (IFMIF - International Fusion Materials Irradiation Facility ) per lo studio e lo sviluppo dei materiali necessari a realizzare DEMO, che a tutt'oggi non sono ancora disponibili per le dosi di radiazione previste.
- Progetto – IFMIF si propone di riprodurre la radiazione neutronica prevista all'interno di DEMO, sia nell'intensità che nello spettro, e di concentrarla in una test facility nella quale possono essere inseriti, irradiati con altissime dosi (come da reattore) e poi rimossi e analizzati fuori linea, campioni di materiali. Per ottenere questa radiazione in una zona ben localizzata ma sufficientemente ampia, si utilizza un acceleratore di deutoni ad altissima intensità (10 MW a 40 MeV) il cui fascio è fermato in un bersaglio di litio liquido circolante. La precisione di tutti i parametri sia del fascio che del bersaglio, unitamente alle intensità record necessarie per avere tempi di irraggiamento accettabili, rendono questa facility una sfida tecnologica molto difficile sotto molti aspetti, che includono affidabilità, sicurezza e capacità di lavorare per anni con tempi di interruzione molto limitati.
- IFMIF-EVEDA - Per ridurre il rischio nella costruzione di IFMIF è stato creato nel 2007 il progetto IFMIF-EVEDA (Engineering Validation and Engineering Design Activities), che comprende un dimostratore dell'acceleratore (LIPAC), uno del circuito e del bersaglio di litio (Lithium Loop) e uno della Test Facility, oltre a un disegno avanzato di IFMIF. LIPAC è in fase avanzata di costruzione a Rokkasho (Giappone) con il contributo di INFN, mentre le altre tasks sono state completate con successo. LIPAC è stato costruito nella sua parte normal-conduttiva ed è nella fase di commissioning. La parte superconduttiva, equivalente al primo criomodulo di IFMIF, è in costruzione e sarà installata nei prossimi due anni. L'operazione di LIPAC si protrarrà fino ad almeno il 2025 per mettere a punto anche i difficili parametri di operazione.



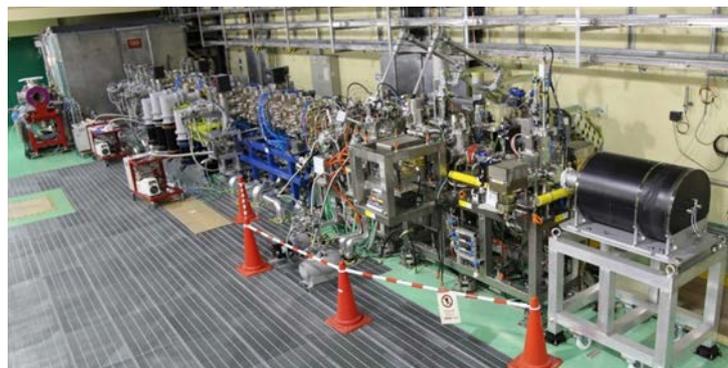
LIPAC, il dimostratore del linac di IFMIF e DONES



Il linac di DONES

## 2. Attività INFN

- Task INFN – L'INFN, con i Laboratori Nazionali di Legnaro e con le sezioni di Torino e Padova, ha un ruolo di primo piano in IFMIF-EVEDA avendo la responsabilità della costruzione dell'RFQ di LIPAC, forse la componente più difficile da realizzare in quanto i parametri di intensità del fascio (125 mA di deutoni con 100% duty cycle) superano quelli di ogni altro RFQ finora realizzato. Altre tasks in cui l'INFN è coinvolta fin dall'inizio sono l'installazione e commissioning di LIPAC e il disegno di IFMIF. L'INFN è stata poi chiamata anche a contribuire al progetto in altre attività come la dinamica dei fasci, la diagnostica, la radiofrequenza e la sorgente di deutoni.
- Risultati raggiunti – L'RFQ è stato progettato, costruito, installato e messo in operazione, e ha finora raggiunto tutti i parametri di progetto. Di particolare importanza sono il raggiungimento dell'intensità record di 125 mA, del valore dell'emittanza in uscita, della trasmissione superiore al 90%. I risultati sono stati ottenuti finora in modalità pulsata, dimostrando la bontà del disegno dell'RFQ e della sua realizzazione. Il completamento in atto del sistema di radiofrequenza di potenza e del beam dump da oltre 1 MW (sotto la responsabilità dell'ente spagnolo CIEMAT e di Fusion for Energy) permetterà di fare l'ultimo passo e dimostrare l'operazione in modo CW necessaria a IFMIF.



Iniettore, LEPT, RFQ e MEBT di LIPAC

- Prospettive future – Il completamento di LIPAC e la sua operazione per mettere a punto i parametri necessari al futuro funzionamento di IFMIF sono obiettivi fondamentali per il Broader Approach e la continuazione del progetto fino al 2025 è stata recentemente approvata da EU e Giappone (Broader Approach 2). Il contributo INFN a questa fase è indispensabile per il completo successo di IFMIF-EVEDA. D'altra parte, è del massimo interesse per l'INFN essere protagonista nel momento di trarre fino in fondo i frutti di questo lungo lavoro, quando il funzionamento dell'RFQ ad alta intensità sarà dimostrato in modo CW estendendo le frontiere in questa tecnologia.
- Nel frattempo, visti i buoni risultati della fase EVEDA, il lavoro per realizzare la facility IFMIF (in versione aggiornata con un solo linac anziché due come nel progetto iniziale) sta procedendo con due progetti in preparazione. Il primo, DONES, si propone di realizzare una facility in Spagna con la collaborazione di Fusion for Energy e degli enti europei che hanno partecipato a IFMIF-EVEDA. Il secondo, A-FNS, di realizzarla come un progetto a guida giapponese a Rokkasho, dove già si trova LIPAC.

L'INFN sta partecipando ai lavori di DONES nel work package WPENS di EUROFUSION, con il coordinamento di ENEA e con le seguenti responsabilità:

- Disegno dell'RFQ e dei couplers di potenza (molto simili a quelli di IFMIF-EVEDA)
- Integrazione dell' RFQ nella nuova facility
- Studio del danno da radiazione sugli elettrodi dell'RFQ
- RF system basato sulla tecnologia degli amplificatori stato solido

Nella fase successiva di DONES, l'INFN potrebbe fornire anche l'intero iniettore (sorgente ECR, linea LEPT, sistema di chopping) avendo tutte le competenze necessarie e ottimi contatti con industrie italiane altamente qualificate. Integrare RF e iniettore sotto la responsabilità INFN permetterebbe di semplificare la gestione di due interfacce tra diversi componenti che si sono rivelate molto complesse nell'esperienza LIPAC.

L'INFN partecipa inoltre alla preparatory phase di DONES (EU Grant Agreement no. 870186 DONES-PreP) con la responsabilità specifica dello studio applicazioni del fascio di deutoni non legate alla fusione e in particolare allo sviluppo di un fascio parassita (1 – 0.1 %) da estrarre ad alta energia.

### 3. Collaborazione INFN – ENEA in IFMIF

- In IFMIF-EVEDA non è prevista la collaborazione diretta tra INFN ed ENEA. Entrambi collaborano al progetto in ambiti diversi e in alcuni casi partecipano insieme in comitati con poteri di indirizzo e decisione. Una proficua collaborazione si è comunque verificata nel lavoro dei comitati, in cui c'è stato più volte supporto reciproco nell'appoggiare gli interessi dell'Italia grazie anche a incontri preliminari e preparatori utili a definire la migliore strategia.

### 4. Prospettive di future collaborazioni

- Nella realizzazione della facility europea DONES entrambi gli enti avranno compiti importanti e sarà decisivo per il successo del progetto che INFN ed ENEA continuino a darsi sostegno reciproco nel confronto con le organizzazioni internazionali.
- Data la natura del progetto DONES, in cui le competenze di INFN ed ENEA trovano la loro migliore applicazione in parti diverse delle facility, non sono per ora previste collaborazioni dirette o task condivise.
- Alla luce dello stato attuale delle collaborazioni esistenti:
  - Non si ritengono necessarie azioni urgenti al fine di migliorare la collaborazione.
  - nuove collaborazioni nell'ambito della fusione sono possibili nelle attività legate a DONES anche se non necessariamente in forma di collaborazione diretta.