



## Ricerca di Sistema elettrico

# Rapporto sulla progettazione dei dispositivi per la validazione delle operazioni di manutenzione remotizzata del target di IFMIF

*Gioacchino Miccichè, Luciano Lorenzelli, Fabrizio Frascati*

RAPPORTO SULLA PROGETTAZIONE DEI DISPOSITIVI PER LA VALIDAZIONE DELLE OPERAZIONI DI MANUTENZIONE  
REMOTIZZATA DEL TARGET DI IFMIF

Gioacchino Micciché, Luciano Lorenzelli, Fabrizio Frascati (ENEA)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Attività di fisica della fusione complementari a ITER

Obiettivo: b.4 Forniture ed implementazioni comuni per sviluppo e qualifica di sistema di manipolazione  
remotizzata del target di IFMIF

Responsabile del Progetto: Aldo Pizzuto, ENEA

## Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE .....	5
2 IL CONCETTO DI TARGET EUROPEO E LA STRATEGIA DI MANUTENZIONE .....	5
2.1 DISPOSITIVI PER LA MANUTENZIONE DEL TARGET ASSEMBLY DI IFMIF .....	8
2.1.1 <i>Sistema di rimozione posizionamento del bersaglio</i> .....	8
2.1.2 <i>Sistema di rimozione e posizionamento target</i> .....	10
3 CONCLUSIONI.....	12
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	12

## Sommario

Il target a litio dell'International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF) è il componente più esposto al flusso neutronico utilizzato per la qualifica dei materiali strutturali da impiegare per la costruzione dei futuri reattori nucleari a fusione.

In Europa è stato sviluppato un concetto di target, conosciuto come target a baionetta, che consente di semplificare le operazioni di manutenzione da eseguire e di ridurre significativamente la quantità di materiale da smaltire. Infatti questo concetto di target, in contratto con la versione Integrale, sviluppata in Giappone, permette di sostituire il solo bersaglio rimovibile e di mantenere la restante parte di target.

Dal punto di vista della manutenzione il target Europeo consente di soddisfare uno dei requisiti più importanti per IFMIF che è la disponibilità d'impianto, oggi fissata al 70%. Il soddisfacimento di questo requisito passa comunque per lo sviluppo di idonei dispositivi robotici in grado di eseguire le operazioni nel più breve tempo possibile ed in sicurezza. Si tratta di dispositivi normalmente non commerciali e quindi realizzati ad hoc per la specifica applicazione. Tra i dispositivi ancora mancanti, molti sono già disponibili nella facility in cui le operazioni di manutenzione saranno validate, vi sono i dispositivi di presa del target e del bersaglio rimovibile. Tali dispositivi sono stati progettati e la loro costruzione è in corso. Con la fine della fabbricazione di questi dispositivi sarà possibile passare alla fase di validazione delle procedure di manutenzione del target assembly di IFMIF. Le attività di progettazione di questi dispositivi sono state espletate durante il PAR 2012.

## 1 Introduzione

Il target a litio dell'International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF) è il componente più esposto al flusso neutronico utilizzato per la qualifica dei materiali strutturali da impiegare per la costruzione dei futuri reattori nucleari a fusione. Esso è quindi soggetto a stress di diversa natura (temperatura, danneggiamento neutronico e erosione/corrosione) che impongono il suo rimpiazzo o ricondizionamento ad intervalli di tempo regolari (tipicamente annualmente).

In Europa è stato sviluppato un concetto di target, conosciuto come target a baionetta, che consente di semplificare le operazioni di manutenzione da eseguire e di ridurre significativamente la quantità di materiale da smaltire. Infatti questo concetto di target, in contrasto con la versione Integrale, sviluppato in Giappone, permette di sostituire il solo bersaglio rimovibile e di mantenere la restante parte di target. Questo approccio ha anche consentito di raggiungere un alto grado di flessibilità nella gestione delle operazioni di manutenzione: cambio solamente il bersaglio, mentre il target solamente se necessario. La strategia di manutenzione è stata implementata considerando che questa flessibilità aumenta le probabilità di soddisfare uno dei requisiti più stringenti di IFMIF che è la disponibilità d'impianto, attualmente fissata al 70%. Tuttavia, malgrado il target a baionetta rappresenta un passo significativo in avanti per la progettazione finale di tale componente, il pieno soddisfacimento del requisito della disponibilità d'impianto passa per i dispositivi che saranno utilizzati per l'esecuzione di tali operazioni. Tra le altre cose considerando che l'ambiente in cui opera il target è altamente radioattivo tutte le operazioni di manutenzione (sostituzione/ricondizionamento) del target devono essere eseguite utilizzando dispositivi comandabili da remoto.

Le operazioni di manutenzione remotizzata da eseguire per la rimozione del target o per il suo ricondizionamento richiedono quindi l'impiego di diversi dispositivi progettati ad hoc.

Nel caso del target assembly sono già disponibili diversi dispositivi idonei ad essere impiegati per la validazione di tali operazioni di manutenzione che sono stati realizzati in passato, mentre altri sono in fase di realizzazione. In particolare nel periodo di riferimento sono stati progettati due dispositivi da impiegare per la rimozione, installazione e posizionamento del target e del bersaglio rimovibile.

## 2 Il concetto di target Europeo e la strategia di manutenzione

Il concetto di target assembly Europeo per IFMIF, conosciuto come target a baionetta, è mostrato in fig. 1. Esso è connesso all'impianto a litio nella parte d'ingresso (inlet in figura) e di uscita (outlet in figura) e con il condotto del fascio neutronico a livello della camera del target. Il target Europeo è stato progettato con l'obiettivo di semplificare le attività di manutenzione che devono essere fatte annualmente per il suo ricondizionamento o sostituzione. Tali operazioni di manutenzione devono essere eseguite nel più breve tempo possibile per non compromettere uno dei più importanti requisiti di IFMIF, ovvero la disponibilità d'impianto che è fissata al 70%. A tal fine esso è stato provvisto di un dispositivo conosciuto come bersaglio a baionetta, da qui il nome di target a baionetta, che permette di sostituire solamente la parte mobile del target: il bersaglio. Questa è una delle peculiarità principali di tale target. Infatti l'adozione di tale concetto permette di velocizzare le operazioni di ripristino delle funzionalità del target e di ridurre la quantità di materiale attivato da smaltire. Il bersaglio rimovibile è costituito da una piastra che permette

di chiudere la camera del target che si interfaccia con il condotto del fascio dell'acceleratore. Per garantire la tenuta del vuoto richiesto nella camera del target la tenuta tra tale camera e il bersaglio è garantita da una guarnizione metallica. La spinta necessaria alla tenuta della guarnizione è fornita dal sistema di chiusura del bersaglio che consiste di 8 bulloni e da due sistemi a pattino appositamente progettati per questo dispositivo[1,2]. L'introduzione di questi meccanismi a pattino nel progetto del target a baionetta ha permesso di verificare in passato che il tempo effettivo per il ricambio del bersaglio è di circa 1,5 giorni. Tuttavia la necessità di dovere sostituire l'intero target assembly non può essere esclusa a priori e pertanto, con l'obiettivo di velocizzare la sua sostituzione, tutte le connessioni del target, d'ingresso/uscita e verso il condotto del fascio sono state realizzate per mezzo di sistemi a rapida connessione denominate Fast Disconnecting System(FDS)[3]. Questi dispositivi sono anche descritti nel report RdS/2013/128 del PAR 2012.

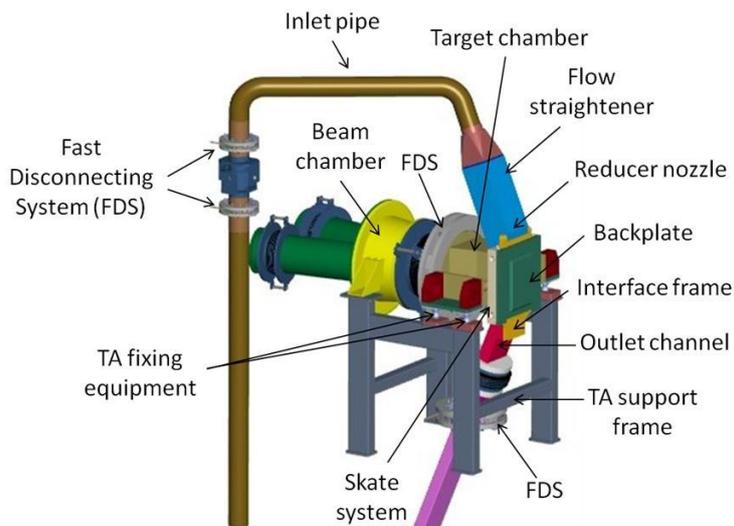


Fig. 1 Concetto di target a baionetta.

La strategia di manutenzione implementata per il target assembly confida sulla possibilità di cambiare il bersaglio rimovibile o il target solamente se necessario[4]. Questi due scenari sono illustrati nelle figure 2 e 3.

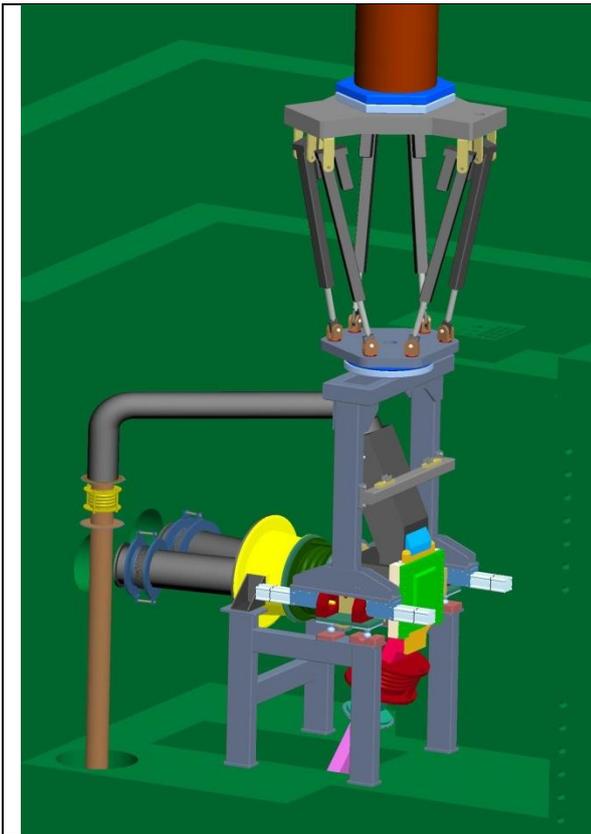


Fig. 2 Rimozione del Target

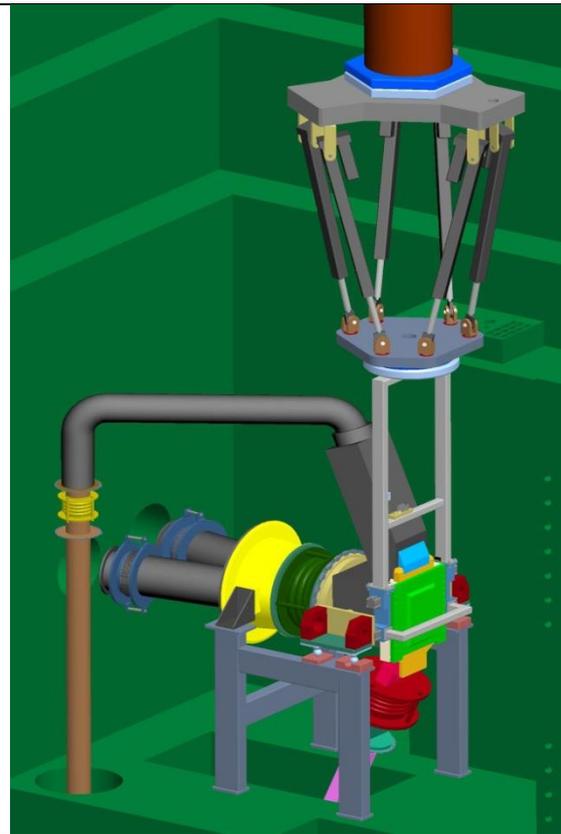


Fig. 3 Rimozione del Bersaglio

Il primo scenario di manutenzione, la rimozione del bersaglio, prevede di rimpiazzare il bersaglio rimovibile con uno nuovo e di eseguire alcune operazioni di ricondizionamento in loco all'interno della test cell di IFMIF. Le operazioni di ricondizionamento del target dopo la rimozione del bersaglio sono:

1. Pulitura del supporto che mantiene in posizione il bersaglio sul target da eventuali depositi di litio per non compromettere il grado di vuoto da mantenere;
2. Sostituzione della diagnostica del target;
3. Ispezione della camera del target e dell'ugello.

Per quanto queste operazioni possano sembrare semplici vi sono aspetti, dovuti soprattutto alle difficoltà di esecuzione in un ambiente come quello di IFMIF, non ancora studiati che dal punto di vista della manutenzione sono di non facile soluzione. E' il caso della sostituzione della diagnostica ad esempio.

Il secondo scenario di manutenzione prevede invece la sostituzione dell'intero target con uno nuovo. In questo secondo caso il vantaggio è dato dal fatto che il target essendo nuovo viene assemblato in un'area ad ok manualmente e deve solamente essere installato. La sola operazione di ricondizionamento è la pulizia della flange di connessione lato impianto.

Qualunque sia l'approccio adottato la manutenzione del target di IFMIF richiede lo sviluppo di dispositivi robotici specializzati per l'esecuzione di ogni singola operazione ( per dare un'idea del numero di azioni elementari da eseguire per il completamento di un singolo task di manutenzione si pensi che la sostituzione della backplate comprende circa 250 azioni da compiere).

La validazione di tutte le procedure di manutenzione del target devono essere opportunamente validate e qualificate. In tal senso per ogni step delle procedure viene ripetuto diverse volte ( anche decine di volte) per valutare i tempi di esecuzione e per eventuali ottimizzazioni.

## 2.1 Dispositivi per la manutenzione del Target Assembly di IFMIF

La manutenzione del target di IFMIF richiede l'impiego dei seguenti dispositivi:

1. Un carro ponte equipaggiato con braccio telescopico;
2. Un sistema robotico in grado di inclinare i componenti nello spazio;
3. Diversi sistemi di avvitaamento;
4. Dispositivi di pulizia ed ispezione;
5. Dispositivi per il prelevamento e posizionamento del target o del bersaglio.

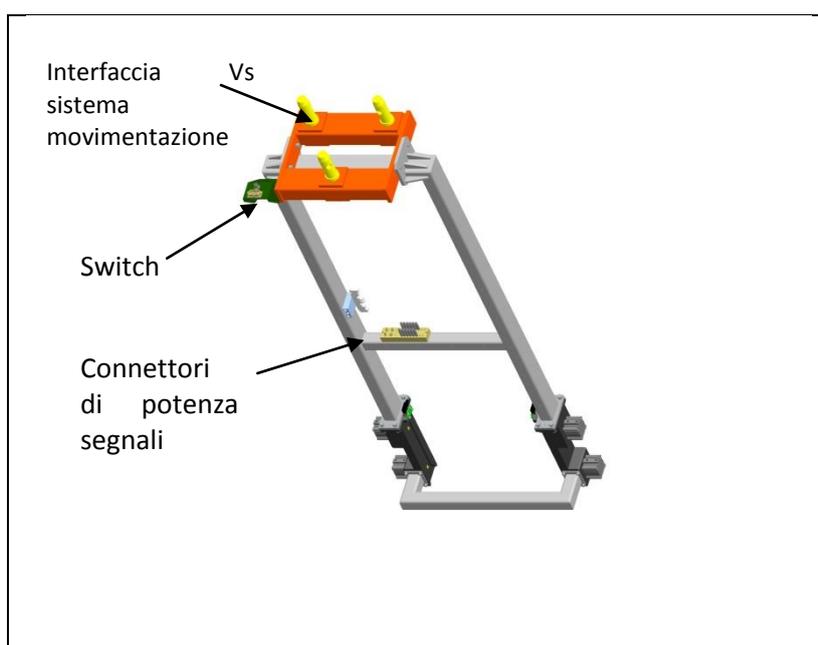
Molti di questi dispositivi sono già disponibili in DRP, la facility in cui le operazioni di manutenzione saranno validate, perché già acquistate o perché fanno parte del normale corredo della facility stessa. E' il caso del carro ponte equipaggiato con braccio telescopico e con il dispositivo in grado di sollevare ed inclinare i componenti nello spazio ( si fa notare che un normale carro ponte cartesiano garantisce i movimenti nelle coordinate x,y,z ma non è fornito della funzionalità di rotazione o di inclinazione), o ancora dei dispositivi di avvitaamento.

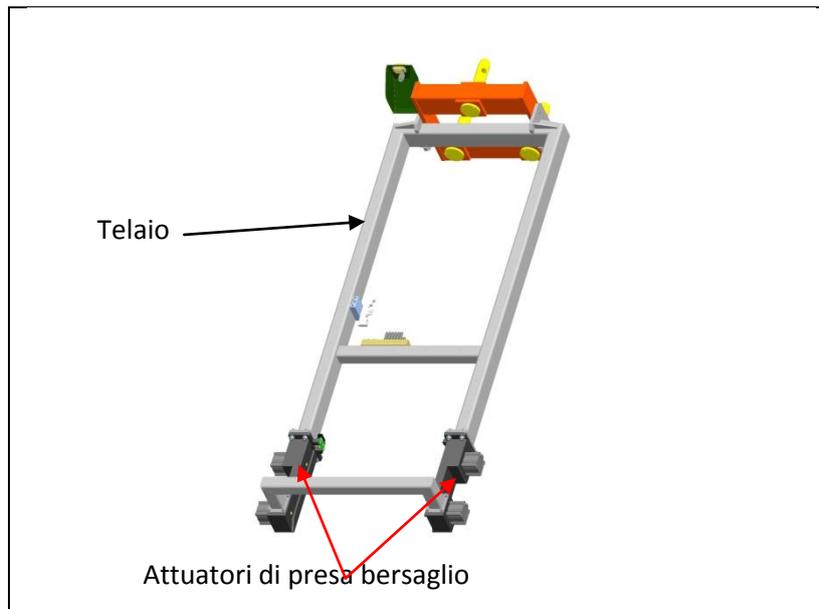
Nel periodo di riferimento sono stati progettati i due sistemi per prelevare posizionare il target assembly e il bersaglio rimovibile. Essi sono qui di seguito descritti.

### 2.1.1 Sistema di rimozione posizionamento del bersaglio

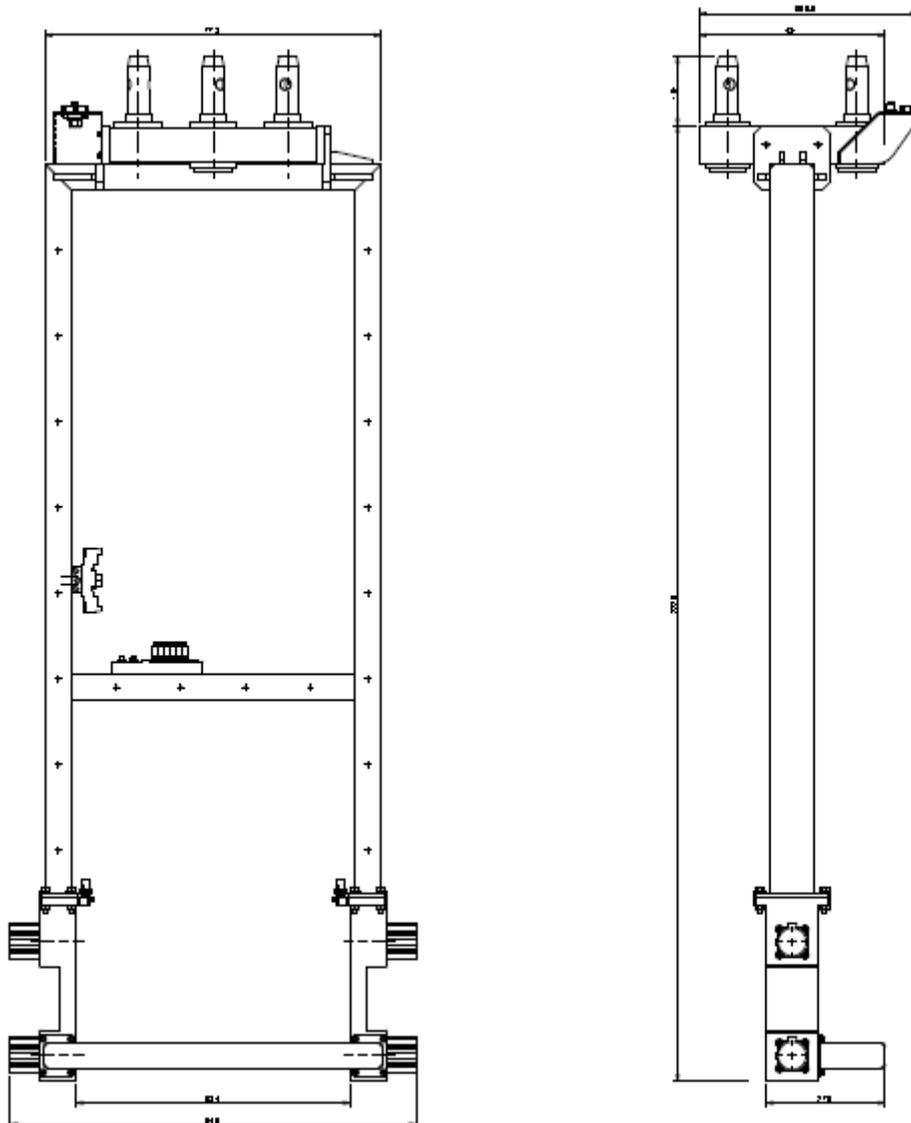
Il sistema di sollevamento e posizionamento del bersaglio rimovibile è illustrato in figura 4. Mentre in figura 5 sono riportati i disegni 2D del sistema. Esso è costituito da un telaio su cui sono installati , nella parte inferiore del dispositivo, 4 attuatori ad aria compressa. I quattro attuatori utilizzati sono della serie C(D) Q2 della SME Italia. Essi sono forniti di spine coniche che , quando in posizione, assicurano, bloccandolo, il bersaglio da rimuovere al telaio del dispositivo. Opportuna interaccia verso tali spine è stata predisposta sul bersaglio. La posizione di presa è stata posizionata in modo tale che il centro di gravità del bersaglio e quello del dispositivo si trovino sulla stessa verticale e ciò al fine di evitare componenti di sollecitazione trasversale sulle spine del sistema di rimozione che potrebbero essere causa di danneggiamento delle spine o delle sedi.

Sulla parte superiore del sistema è stata invece realizzata l'interfaccia verso il sistema di movimentazione. Tale interfaccia è invece realizzata attraverso tre spine che sono bloccate con il sistema di movimentazione attraverso attuatori elettrici.





**Fig. 4 sistema di rimozione e posizionamento Bersaglio**



**Fig. 5 Disegni 2D del sistema di presa bersaglio.**

Il sistema di rimozione è provvisto di sensori ( switch on-off) che consentono la visualizzazione dell'avvenuto aggancio tra:

1. Il sistema stesso con il sistema di movimentazione;
2. Il sistema di rimozione e la struttura di supporto quando non in uso.

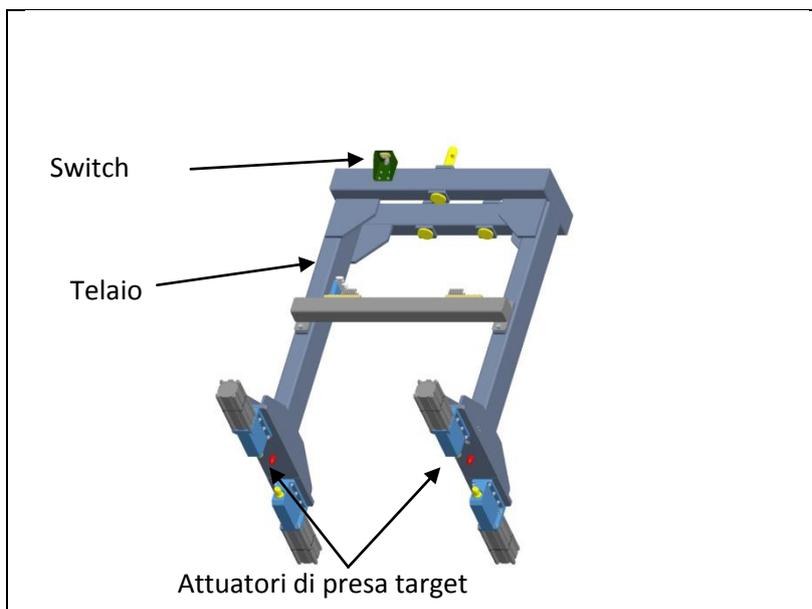
Inoltre il sistema è fornito di sensori che segnalano le tre posizioni delle spine durante la fase di connessione con il bersaglio: spine estratte, inserite e per esclusione la segnalazione delle spine in movimento.

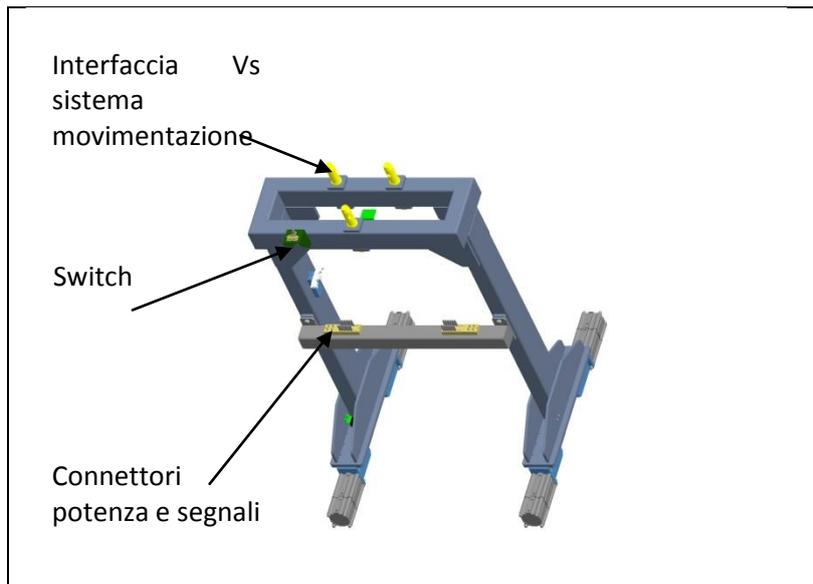
Tutte le operazioni di apertura e chiusura degli attuatori saranno comandabili da remoto attraverso apposita interfaccia software. Il sistema di controllo sarà realizzato con tecnologia National Instrument.

Il sistema di presa bersaglio ha una capacità di carico di circa 0,25 t.

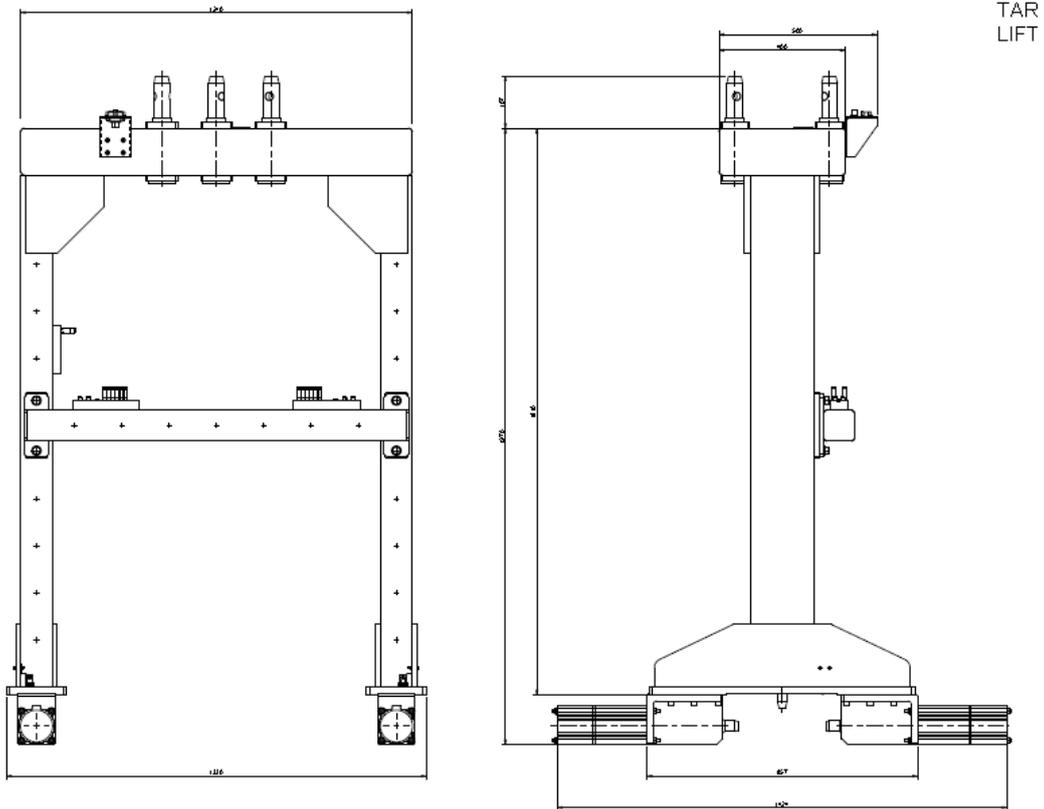
### 2.1.2 Sistema di rimozione e posizionamento target

Il sistema di rimozione e posizionamento del target assembly è illustrato in fig. 6. Mentre in fig. 7 sono riportati i disegni 2D del sistema. il principio di funzionamento del sistema è identico al precedente a meno della capacità di carico che in questo caso è di 1,5 t. Gli attuatori utilizzati in questo caso sono quelli della serie CQ2 della SME Italia. Questi ultimi si differenziano da quelli utilizzati per l'altro sistema di presa per la corsa del pistone che in questo caso è più lunga.





**Fig. 6 sistema di presa del target**



**Fig. 7 disegni 2D sistema di presa target.**

Insieme ai due sistemi di presa è stata progettata una struttura di sostegno per ospitare questi sistemi quando non in uso. Il modello 3D di tale struttura è illustrata in figura 8



**Fig. 8 Struttura di stoccaggio sistemi di presa**

Tale struttura è provvista di apposite interfacce che impediscono la caduta dei dispositivi. Le interfacce sono identiche a quelle previste per il target e per il bersaglio rimovibile. Inoltre segnali di abitazione della corretta posizione dei sistemi di presa sulla struttura impediscono il rilascio accidentale dei sistemi di presa stessi.

### 3 Conclusioni

La progettazione di dispositivi per la manutenzione del target assembly di IFMIF è stata completata ed attualmente sono in costruzione. Si tratta dei due sistemi di presa e posizionamento del target assembly e del bersaglio rimovibile. Con il completamento di tale attività tutti i dispositivi utili per la validazione delle procedure di manutenzione di tale componente e con la disponibilità del prototipo del target assembly i test di manutenzione potranno utilmente iniziare.

### 4 Riferimenti bibliografici

- [1] G. Miccichè, B. Riccardi, Design manufacturing and testing of the IFMIF lithium target bayonet concept, Fusion Engineering and design, 75-79 (2005) 807-811.
- [2] D. Bernardi, P. Agostini, G. Miccichè, F. Nitti, Improvement of IFMIF/EVEDA bayonet concept backplate design, Fusion Engineering and design 86(2011) 708-711.
- [3] G. Miccichè, D. Bernardi, P.A. Di Maio, P.arena, G. Bongiovì, A fast Disconnecting System for the European Concept of IFMIF Target Assembly, Proceeding of Sofe 2013
- [4] G. Miccichè, L. Lorenzelli, D. Bernardi, V. Queral, Enhancement of the remote handling strategy for the refurbishment of the backplate bayonet concept of IFMIF target system, Fusion Engineering and Design 86 (2011) 2109-2112.