

# Il RICH dello spettrometro CLAS12

July 18, 2014

Una versione con figure del documento è disponibile all'indirizzo:  
[www.fe.infn.it/~mcontalb/JLAB12/RICH\\_papers/Attivita\\_RICH\\_2014\\_2015.pdf](http://www.fe.infn.it/~mcontalb/JLAB12/RICH_papers/Attivita_RICH_2014_2015.pdf)

## 1 Introduzione

La costruzione di un RICH per lo spettrometro CLAS12 per ottenere l'identificazione di kaoni nel range di impulsi tra 3 e 8 GeV/c è stata proposta dai gruppi dell'INFN di LNF, Fe e ISS, a cui si sono poi aggiunti anche i gruppi di Ba e Ge, oltre a vari istituti internazionali di Stati Uniti, Cile, Germania, Regno Unito, Corea.

La fase di *R&D* del progetto è stata in gran parte finanziata nel corso degli anni dalla CSN3. Nell'estate del 2013, è stato prodotto il Technical Design Report [1] del rivelatore e l'intero progetto è stato revisionato da due comitati di valutazione del JLab con osservatori del DOE. Il primo comitato (a giugno del 2013) ha esaminato la parte tecnica del progetto, mentre il secondo (a settembre 2013) ne ha esaminato la struttura manageriale. Dopo queste due revisioni, il progetto è entrato a far parte ufficialmente dell'upgrade di CLAS12, con un ben definito profilo di spesa da parte del JLab e con dettagliate milestones per seguirne l'evoluzione. Esso prevede la costruzione di un settore del RICH, la cui installazione in Sala B deve iniziare entro l'ultimo trimestre del 2016. La conclusione del progetto è prevista a metà del 2017, per l'inizio della presa dati con bersagli non polarizzati e polarizzati longitudinalmente. Visto l'impegno finanziario del JLab, il progetto è stato inserito fra quelli direttamente monitorati dal DOE, con rapporti dei progressi ed incontri con rappresentanti DOE trimestrali.

A settembre del 2013 il Ministero della Ricerca ha approvato il progetto premiale CLAS-MED, che prevede la costruzione di un secondo settore del RICH, necessario per la presa dati con il bersaglio polarizzato trasversalmente. Il piano di spesa programmatico, inviato alla Giunta INFN e al Presidente di CSN3, prevede di distribuire l'investimento in 5 anni (2014-2018) con una spesa media annua di 350 keuro, con un picco nel 2015 motivato dall'urgenza degli investimenti per la realizzazione del primo settore in tempo per l'inizio della presa dati di CLAS12 e a parziale compensazione dei finanziamenti inferiori del 2014. Gli esperimenti con bersagli trasverso sono stati selezionati dal comitato scientifico del JLab (PAC41) come quelli a più alto impatto scientifico e quindi prioritari per la sala sperimentale B.

## 2 Attività svolta nel 2014

L'attività svolta nel corso dell'ultimo anno ha consentito di definire in gran parte la struttura e le caratteristiche del rivelatore. I principali risultati raggiunti sono:

- il disegno della struttura di supporto del rivelatore;
- il completamento dello sviluppo dell'aerogel per la sezione a grande angolo del rivelatore e l'inizio della produzione;
- la scelta del MAROC come chip di lettura;
- la definizione della geometria e composizione del sistema di specchi;
- l'avvio dell'acquisto dei fotomoltiplicatori;

### 2.1 Meccanica

Il modulo del RICH è costituito da un frame esterno in alluminio, fuori dall'accettazione di CLAS12, con dei rinforzi di fibra di carbonio. Su questo frame vengono assemblati i vari componenti: specchi, aerogel ed elettronica. Il modulo è poi chiuso da pannelli di composito leggeri per assicurare la tenuta di luce minimizzando la quantità di materiale posta nell'accettazione del rivelatore. Il disegno del frame esterno è stato sviluppato ai LNF. Il progetto è stato revisionato a giugno 2014 da un comitato del JLab, per assicurare la piena compatibilità del RICH con CLAS12.

È inoltre in fase di ultimazione il disegno del pannello che sostiene i fotorivelatori e l'elettronica di lettura. Test meccanici di assemblaggio verranno effettuati con un prototipo a scala ridotta nella seconda metà dell'anno.

### 2.2 Aerogel

Nell'ultimo anno, una intensa attività di *R&D* è stata portata avanti dalla sezione di Fe in collaborazione con il Budker Institute of Nuclear Physics di Novosibirsk. Questa attività ha consentito di stabilizzare la produzione sistematica di mattonelle di grande formato, fino a 20x20 cm<sup>2</sup>, con buone qualità ottiche, in particolare sulle superfici maggiori. Le grandi dimensioni sono infatti cruciali per ridurre la perdita di fotoni Cerenkov nel passaggio da una mattonella all'altra.

In seguito a questi risultati, sono state avviate le procedure per l'acquisto dei primi 2 m<sup>2</sup> della sezione a grande angolo del RICH. L'acquisto verrà fatto con i fondi 2014 dei LNF e la produzione di questa prima fornitura è prevista essere completata entro un anno.

### 2.3 Specchi

Il sistema di specchi del RICH comprende uno specchio piano ed uno sferico, entrambi di qualche metro quadro di superficie e suddivisi in un certo numero di sezioni. Le specifiche tecniche di questi specchi sono state definite in base alle misure effettuate nei test su fascio al CERN e alla BTF dei LNF con un prototipo del RICH ed in base alle simulazioni.

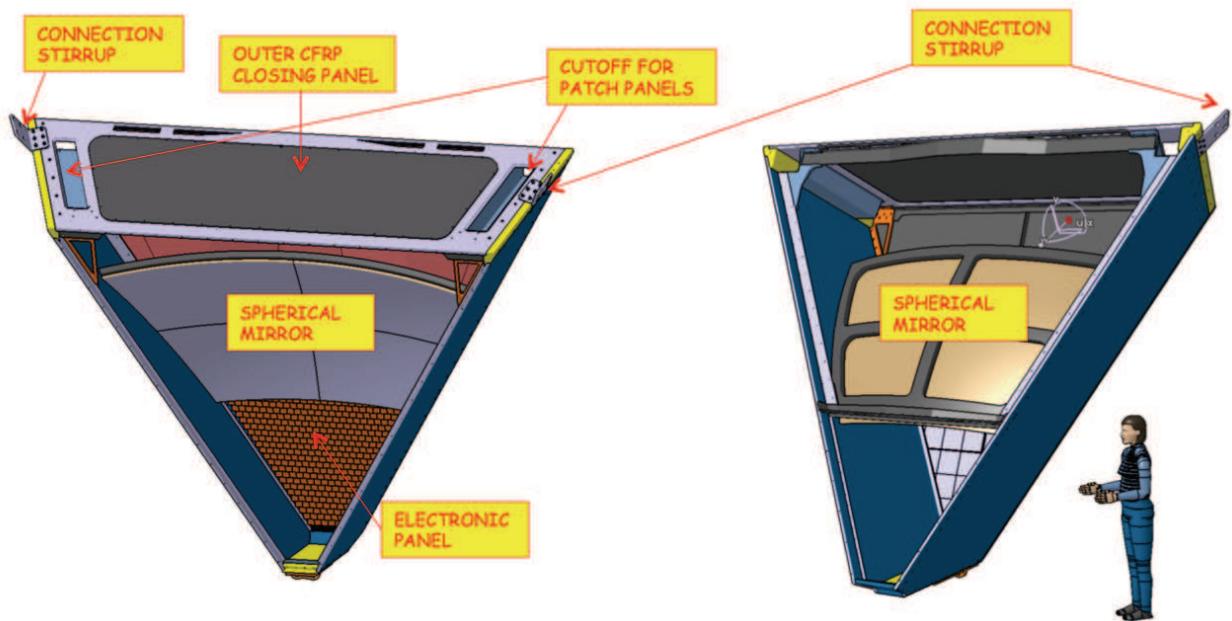


Figure 1: Schema delle componenti meccaniche del RICH.

Lo specchio sferico sarà prodotto in fibra di carbonio con un procedimento di deposizione delle fibre su uno stampo di vetro. Un prototipo dello stampo è stato prodotto dalla ditta Marcon Telescope (Vc), con risultati pienamente soddisfacenti.

Alcuni prototipi dello specchio sferico sono stati prodotti dalle ditte CMA (Tucson, USA), che ha prodotto gli specchi del RICH di LHCb, e RiBa Composite (Faenza). Misure di caratterizzazione della rugosità delle superficie di questi prototipi sono in corso presso i LNF con un microscopio a forza atomica. Si sta anche studiando l'implementazione di un setup per la misura della forma di questi prototipi.

Lo specchio piano è costituito da un sandwich di due pelli di vetro di spessore 0.7mm con un core di honeycomb di alluminio. Un primo prototipo della sezione più piccola è stato prodotto dalla ditta MediaLario (Co), con risultati soddisfacenti anche se non ancora al livello delle richieste. Sono in corso ottimizzazioni del procedimento di produzione che permetteranno di migliorare le prestazioni.

L'attività di *R&D* ha permesso di individuare le ditte in grado di fornire lo specchio piano e lo stampo in vetro dello specchio sferico. Per quanto riguarda lo specchio sferico, la decisione verrà presa una volta concluse le misure di caratterizzazione previste da qui alla fine dell'anno.

## 2.4 Fotorivelatori

I test effettuati su banco ai LNF e nei vari test beam al CERN e alla BTF dei LNF hanno mostrato che i fotomoltiplicatori Hamamatsu H8500 ed i nuovi H12700 sono perfettamente adeguati come fotorivelatori nel regime di singolo fotoelettrone per il RICH di CLAS12 [2]. In seguito a questi test, il JLab ha avviato ad ottobre 2013 l'acquisto dei 430 fotomoltiplicatori

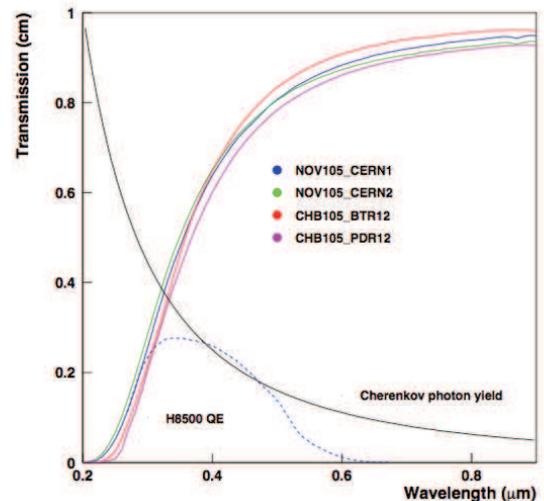


Figure 2: Sinistra: Prima consegna di mattonelle di aerogel di grandi dimensioni ( $20 \times 20 \text{ cm}^2$ ). Destra: nella regione di sensibilità degli H8500, la curva di trasmissione dell'aerogel russo (NOV) mostra una lunghezza di scattering migliore dei prototipi ad alta trasparenza prodotti per Belle-II (CHB).

necessari per il primo settore del RICH. La produzione verrà completata ad inizio 2016.

In parallelo, sono stati effettuati anche test su fascio di SiPM. Questi test, in parte finanziati dal JLab tramite programmi di R&D per il futuro electron-ion collider, hanno riguardato sia l'efficacia come rivelatori di singolo fotoelettrone, sia la resistenza alla radiazione da neutroni. I risultati sono stati promettenti in vista di un possibile utilizzo di SiPM come fotorivelatori nel secondo modulo del RICH.

## 2.5 Elettronica

Una delle milestone raggiunta nel 2013 è stata la scelta del chip MAROC3 per il readout dei fotorivelatori del RICH. Questa scelta è stata motivata dai soddisfacenti risultati ottenuti in tutti i test effettuati su fascio al CERN e alla BTF dei LNF. Soluzioni alternative sono anche state considerate (si sono ad esempio effettuati test su banco del chip DREAM) ma non si sono dimostrate valide come il MAROC3. Entro il 2014 verrà perfezionato l'acquisto dei chip MAROC3 (con un piccolo residuo nel 2015, perché le assegnazioni 2014 non coprono la spesa).

Attualmente si sta sviluppando il disegno dell'elettronica di lettura. Il disegno del Front End vero e proprio, che include il MAROC3, è in carico all'INFN (Fe, ISS e Ge), mentre la parte di collegamento con il DAQ di CLAS12 è in carico al JLab. I progetti preliminari delle schede dell'elettronica di front-end sono stati completati e un sistema completo su scala ridotta è in fase di produzione per essere testato nella seconda parte dell'anno.

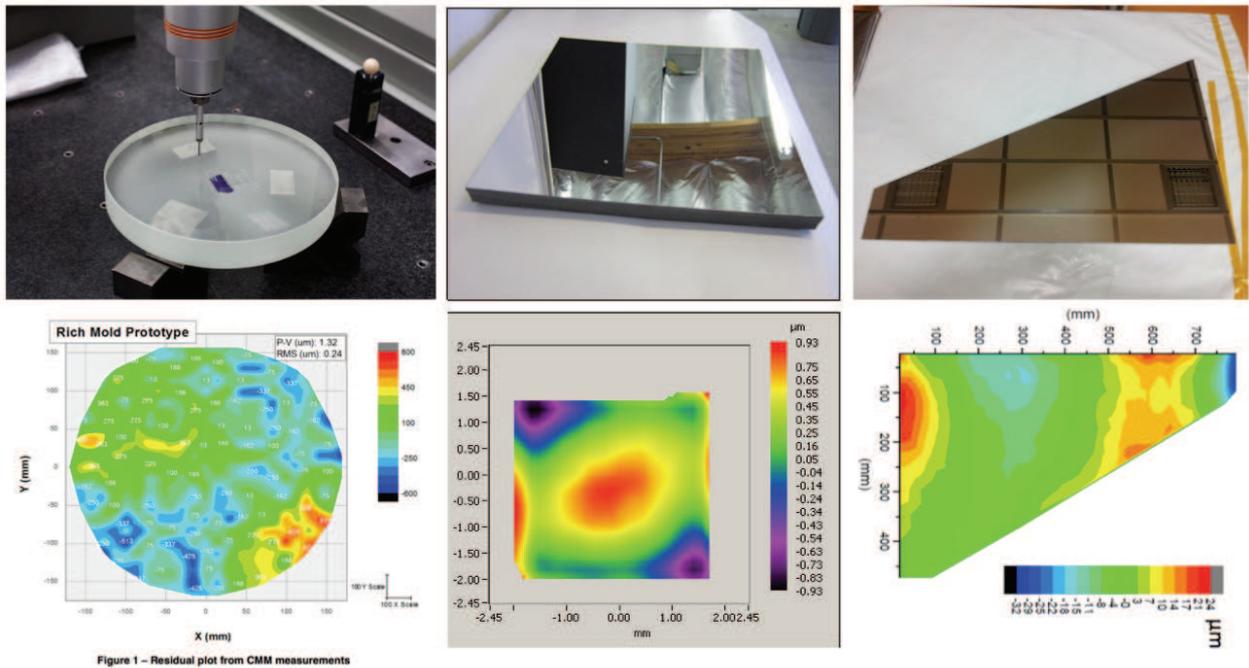


Figure 3: Alto: Prototipi di stampo in vetro per specchi curvi, specchio curvo in fibra di carbonio e specchio piano a pelle di vetro. Basso: analisi della precisione di forma: le deviazioni dalla superficie ideale sono dell'ordine di pochi micron.

### 3 Attività prevista nel 2015 e richieste

Con la fine del 2014, le ultime attività di *R&D* riguardanti gli specchi e la meccanica saranno concluse. Secondo il piano concordato con il JLab, il 2015 sarà dedicato interamente alla costruzione del rivelatore. A parte la prosecuzione dell'acquisto dei fotomoltiplicatori, interamente a carico del JLab, le richieste di costruzione apparati riguardano:

- la costruzione della struttura esterna del rivelatore in alluminio e fibra di carbonio e del pannello di supporto dell'elettronica (LNF, 35k euro): costo stimato su disegno preliminare da tecnologi e tecnici competenti;
- la costruzione dello specchio sferico (LNF, 220k euro): costo stimato da specchi analoghi LHCb e acquisto prototipi;
- la costruzione dello specchio piano (Fe, 40k euro): costo stimato da specchi MAGIC-II e acquisto prototipi;
- la produzione dell'elettronica di Front-End (Fe, 45k e ISS, 15k): costo schede stimato su offerta; include 20 keuro a completamento acquisto MAROC3;
- l'acquisto della prima parte del secondo strato di aerogel della sezione a grande angolo (Fe, 40k): costo stimato su offerta primo strato;

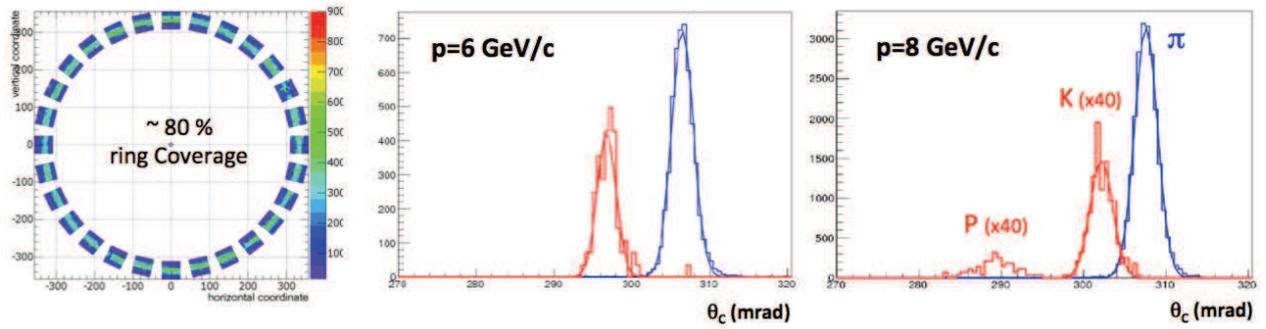


Figure 4: Sinistra: segnale Cherenkov sull'anello di fotomoltiplicatori H8500 del prototipo RICH. Centro e destra: sebbene la separazione angolare Cherenkov fra pioni, kappa e protoni diminuisca coll'aumentare del momento, al momento massimo previsto a CLAS12 di 8 GeV/c, la separazione misurata soddisfa il valore di disegno (4 volte la risoluzione angolare). A 6 GeV/c i protoni non sono visibili perchè fuori accettazione.

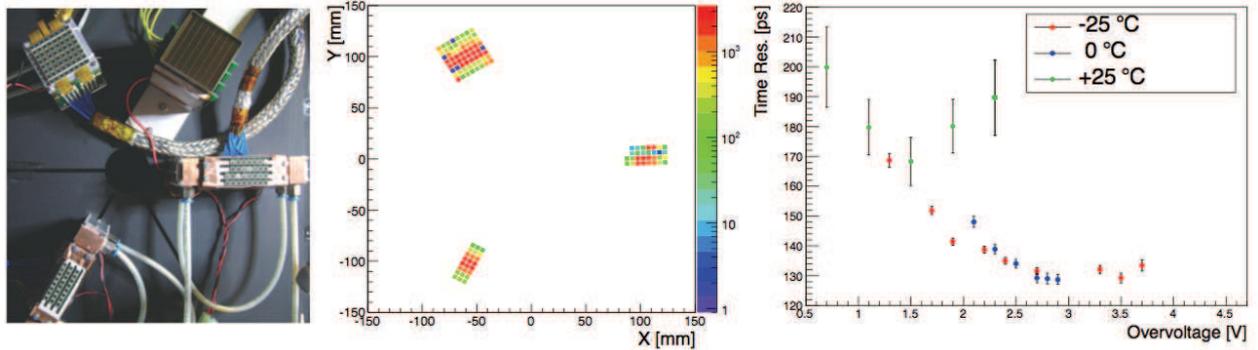


Figure 5: Sinistra: foto del prototipo di rivelatore Cherenkov composta da matrici di SiPM da  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ : una matrice  $8 \times 8$  commerciale e due matrici  $4 \times 8$  montate da tecnici INFN con uno stadio di preamplificazione. Le matrici sono controllate in temperatura tramite celle di Peltier raffreddate ad acqua. Centro: segnale Cherenkov. Destra: risoluzione temporale in funzione della temperatura e dell'overvoltage.

Si aggiungono richieste su consumo e inventario di LNF e Fe. Per quanto riguarda LNF, sono 10k euro di inventario e 5k euro di consumo per la messa a punto di un test-bench automatizzato per la caratterizzazione della superficie degli specchi, formato da una sorgente laser, un sistema di motori a controllo remoto (entrambi già disponibili in laboratorio), una camera CCD, un banco ottico ed un PC per gestire il sistema (questi ultimi tre elementi da acquistare). Per quanto riguarda Fe, sono 7k di inventario e 2.5k di consumo per il completamento del sistema di test meccanizzato dell'aerogel e dell'unità di controllo dell'umidità nel sistema di stoccaggio.

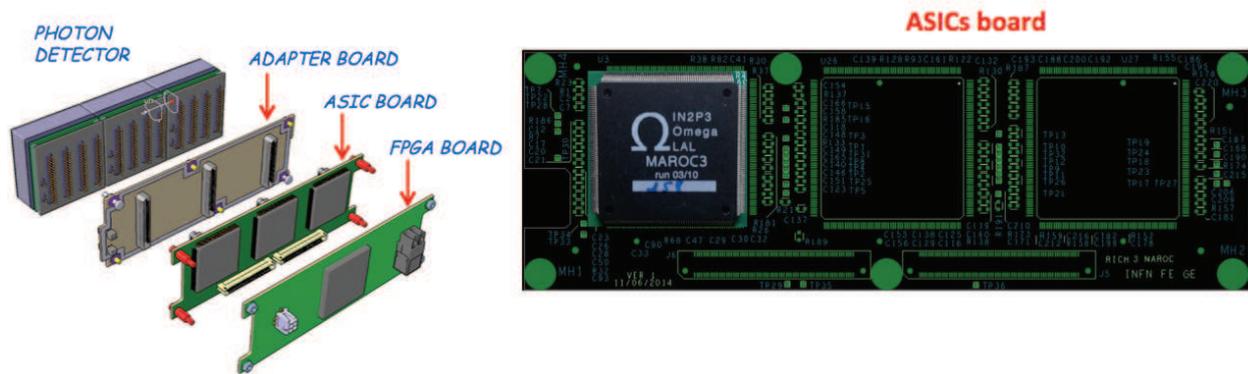


Figure 6: Sinistra: Schema dell'assemblaggio elettronico del front-end del RICH. Destra: schema elettronico della scheda con i chip MAROC3.

## 4 Milestones

1. inizio produzione dell'elettronica di lettura (30 giugno 2015);
2. completamento produzione primi 2 m<sup>2</sup> di aerogel per la sezione a grande angolo (31 dicembre 2015);

## References

- [1] [http://www.lnf.infn.it/~mirazita/RICH/RICH\\_TDR.pdf](http://www.lnf.infn.it/~mirazita/RICH/RICH_TDR.pdf)
- [2] M. Contalbrigo et al. (CLAS12 RICH Group), The Large-area Hybrid-optics CLAS12 RICH Detector: Tests of Innovative Components, submitted to NIMA.