



Misure di Deuterio e ^3He con AMS-02

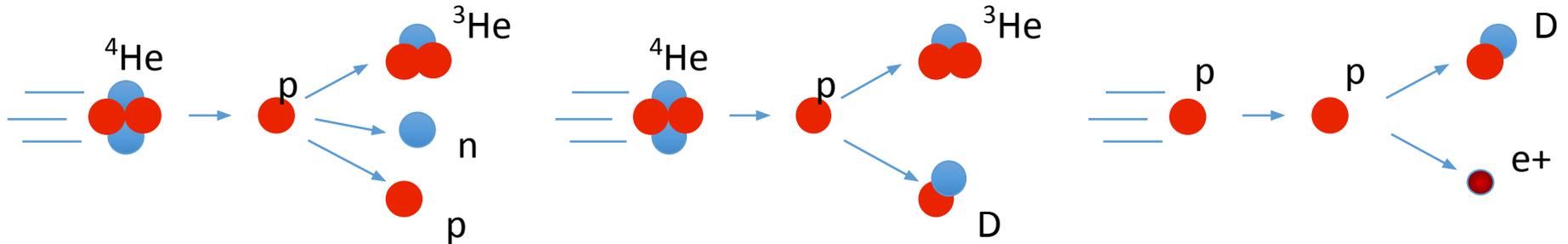
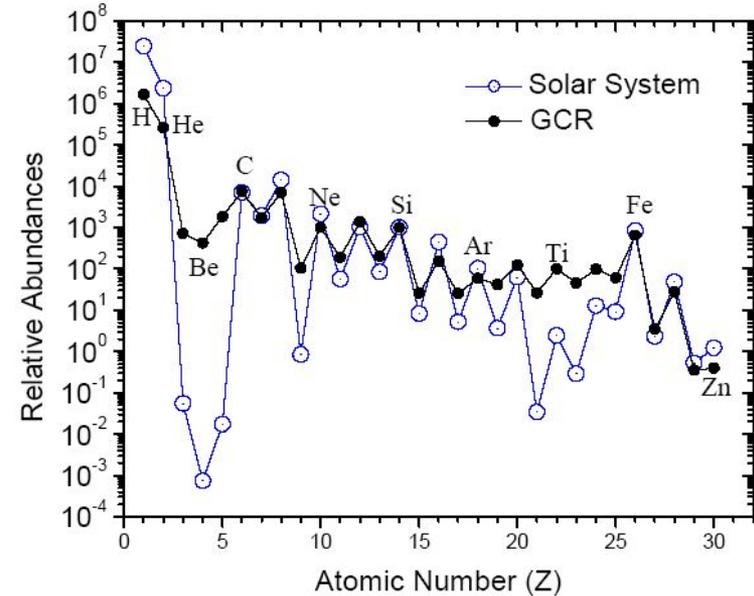
Francesco Dimiccoli – TIFPA
per conto della collaborazione AMS-02

IFAE - Incontri di Fisica delle alte
energie

Milano, 4-6 Aprile 2018

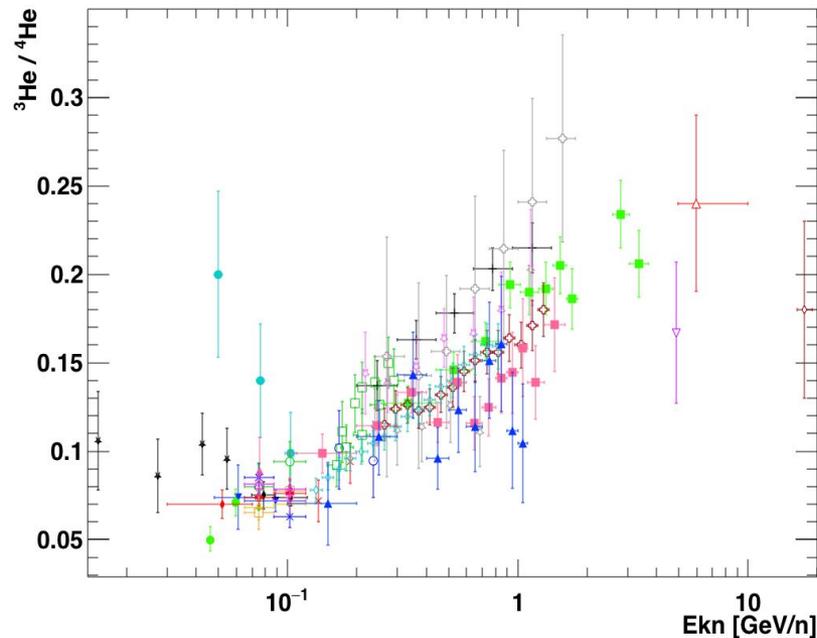
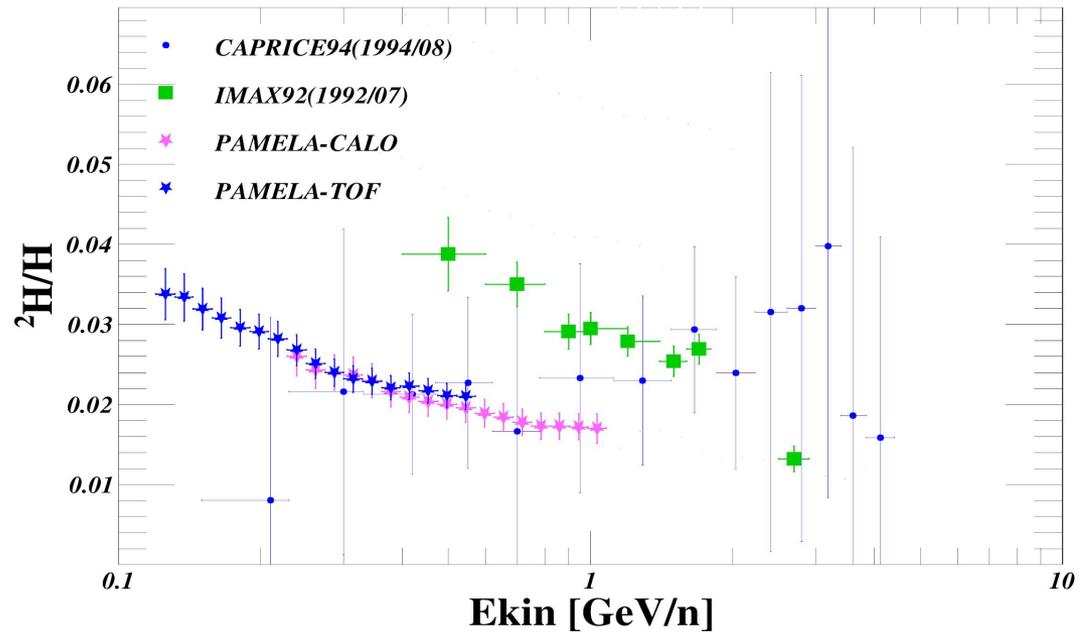
Motivazioni

- Le **abbondanze** di elementi nei Raggi cosmici sono **diverse da quelle osservate nel Sistema Solare**. Le reazioni di **Spallazione** dei RC sul mezzo interstellare sono responsabili delle differenze.
- La **composizione isotopica** di ogni elemento è anch'essa influenzata da queste reazioni
- Entrambi gli osservabili sono utili per studiare la **propagazione** dei RC nella galassia
- Isotopi leggeri sono generalmente prodotti dalla spallazione di nuclei più pesanti (C→B, ${}^4\text{He}\rightarrow{}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}\rightarrow\text{D}$)
- Per il **Deuterio**, la **fusione p-p** ha un ruolo predominante a bassissime energie (<GeV/n)



- **B/C** and ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ sondano **diverse distanze di propagazione**, **D/P** anche più ampio range energetico

Misure Disponibili

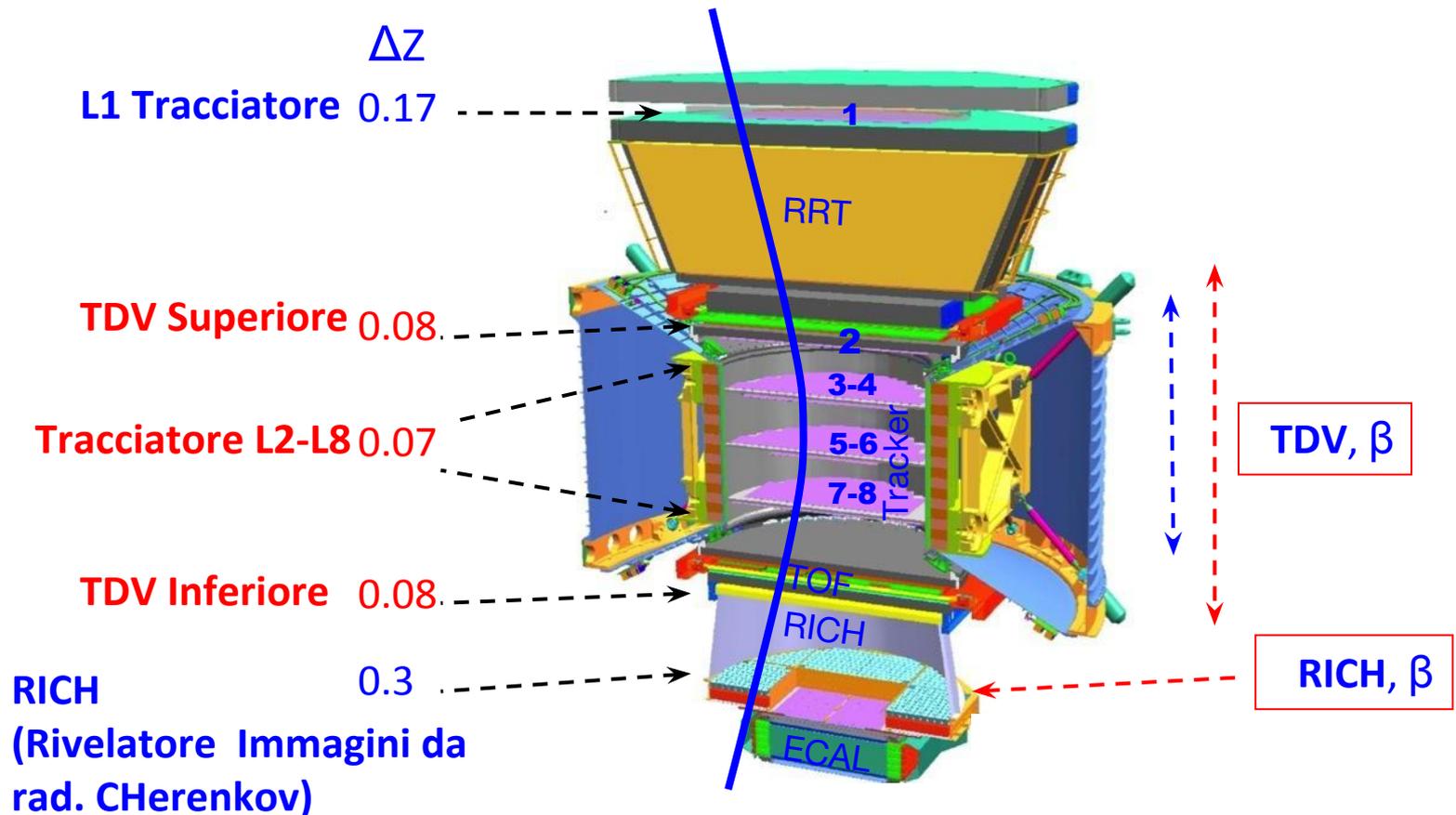


- + AMS01(1998/06)
- × Balloon(1972/07)
- Balloon(1973/08)
- Balloon(1977/07)
- ▽ Balloon(1989/09)
- ⊛ BESS93(1993/07)
- ◇ BESS98(1998/07)
- ◇ CAPRICE98(1998/05)
- CRRES(1990/12-1991/03)
- IMAX92(1992/07)
- ▲ IMP7(1973/05-1973/08)
- ▼ ISEE3-HIST(1978/08-1978/12)
- ISEE3-MEH(1978/08-1984/04)
- ◆ ISEE3-MEH(1979/01-1979/12)
- × ISEE3-MEH(1980/01-1980/12)
- ISEE3-MEH(1981/01-1981/12)
- ISEE3-MEH(1982/01-1982/12)
- △ ISEE3-MEH(1983/01-1983/12)
- ▽ ISEE3-MEH(1984/01-1984/12)
- ⊛ MASS89(1989/09)
- ◇ PAMELA-CALO(2006/07-2007/1)
- ◇ PAMELA-TOF(2006/07-2007/12)
- Pioneer10-HET(1972/03-1973/03)
- SMILI-I(1989/09)
- ▲ SMILI-II(1991/07)
- * Voyager1-HET-Aend(1977/10-197)
- Voyager2-HET(1987/01-1987/12)

- Incertezze relativamente ampie
- Misure in parziale disaccordo
- Ridotto range energetico

AMS e le misure di isotopi leggeri (1)

- AMS-02 è un rivelatore Multiscopo di precisione installato sulla Stazione Spaziale Internazionale dal Maggio 2011
- E' composto da diversi sottorivelatori per l'identificazione ridondante degli elementi nei RC
- La Massa degli isotopi è identificata dalla misura simultanea di Rigidità, Velocità e Carica

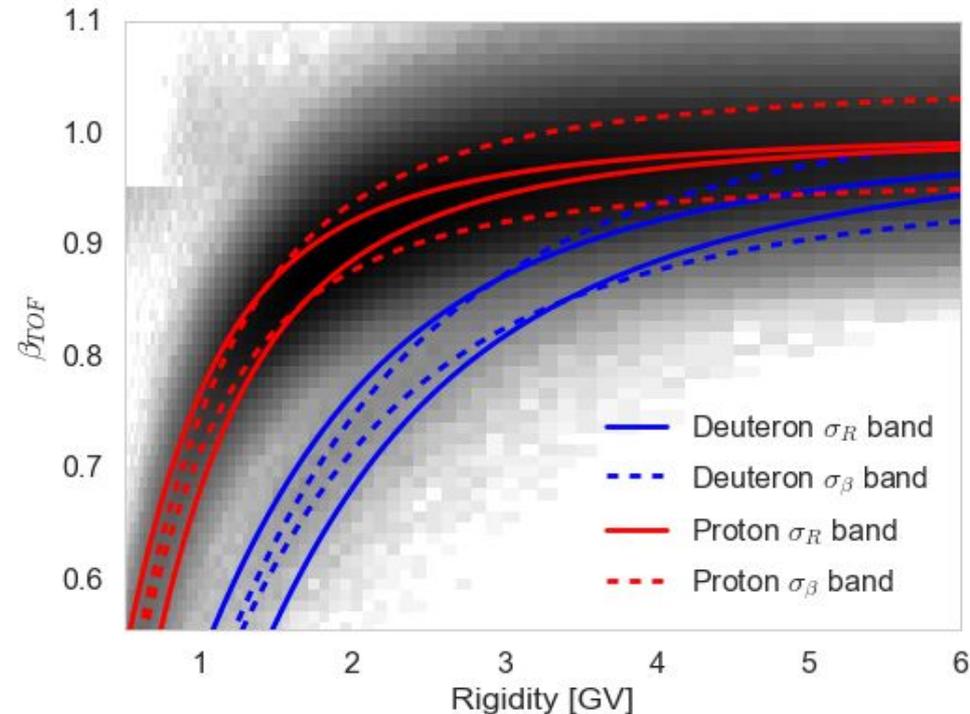


La misura ridondante di Z permette una chiara identificazione degli eventi a $Z=1$ e $Z=2$

AMS e le misure di isotopi leggeri (2)

- L'elemento è identificato dalla misura della carica
- La Massa è identificata dalla misura simultanea di rigidità e velocità: $m = ZR/\gamma\beta$

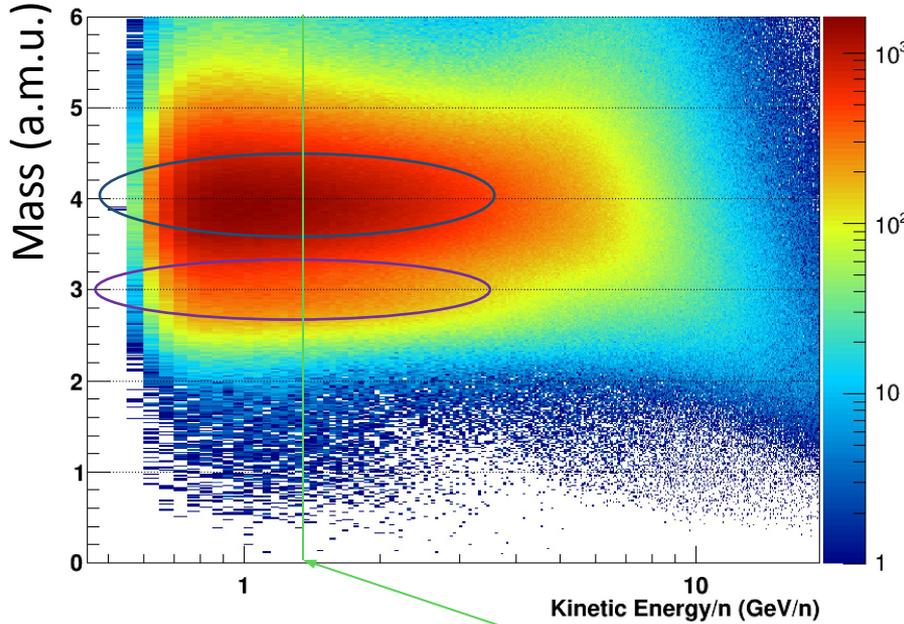
	Risoluzione	Intervallo Efficace
Tracciatore	$\sigma_R/R \sim 8\%$	$0.2 < E_k < 1000$ GeV/n
TDV	$\sigma_\beta/\beta \sim 2\%$	$0.2 < E_k < 0.85$ GeV/n
RICH NaF	$\sigma_\beta/\beta \sim 0.3\%$	$0.7 < E_k < 3.7$ GeV/n
RICH AgI	$\sigma_\beta/\beta \sim 0.1\%$	$2.6 < E_k < 10$ GeV/n



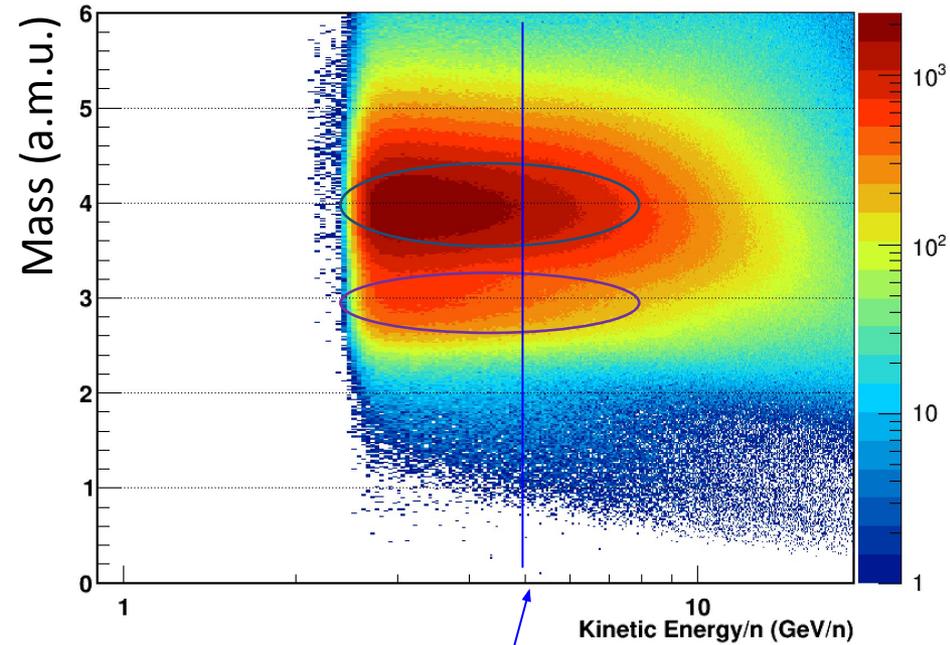
- Risoluzione in Massa: Dominata dalla risoluzione in R a basse energie, e dalla risoluzione in velocità ad alte
- A causa delle risoluzioni, l'identificazione evento-per-evento non è possibile -> Estrazione dei contributi isotopici dalle distribuzioni in massa

He: Distribuzioni di massa

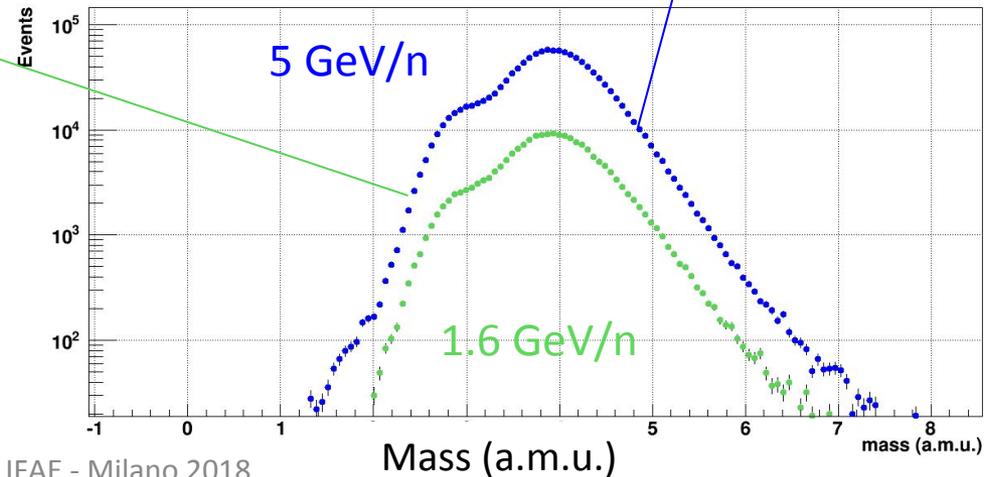
RICH NaF



RICH Aerogel

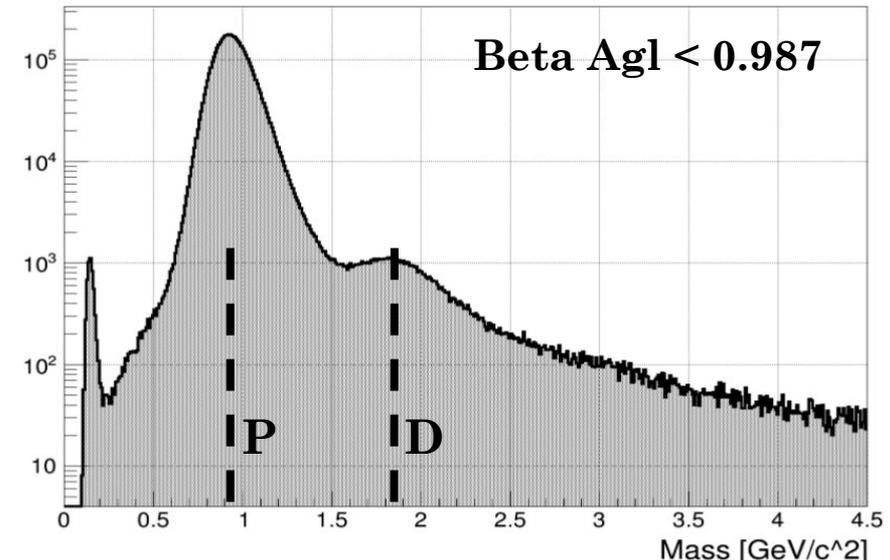
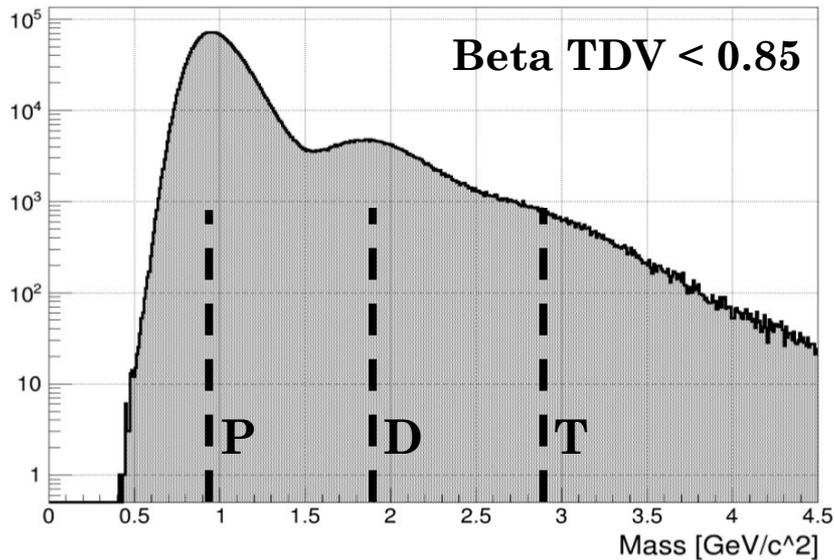
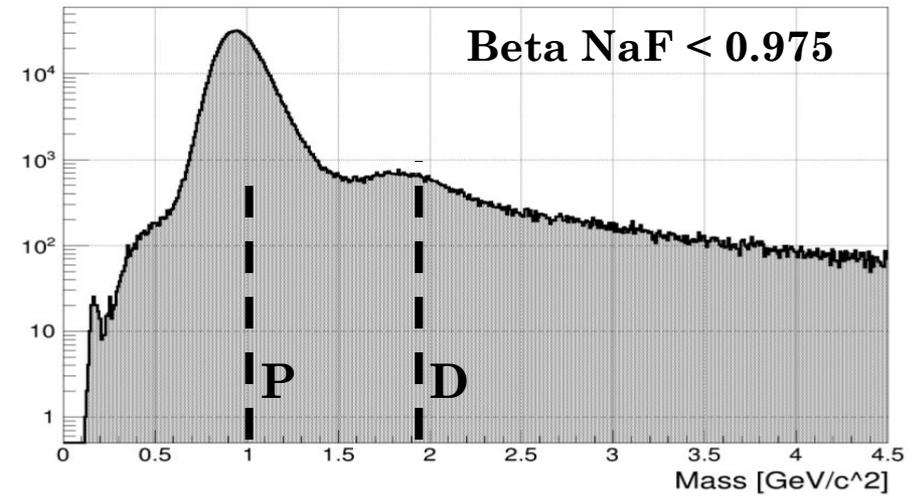


- ^3He visibile in tutto l'intervallo RICH come spalla della distribuzione di ^3He
- No TDV



Deuterio: Distribuzioni di massa

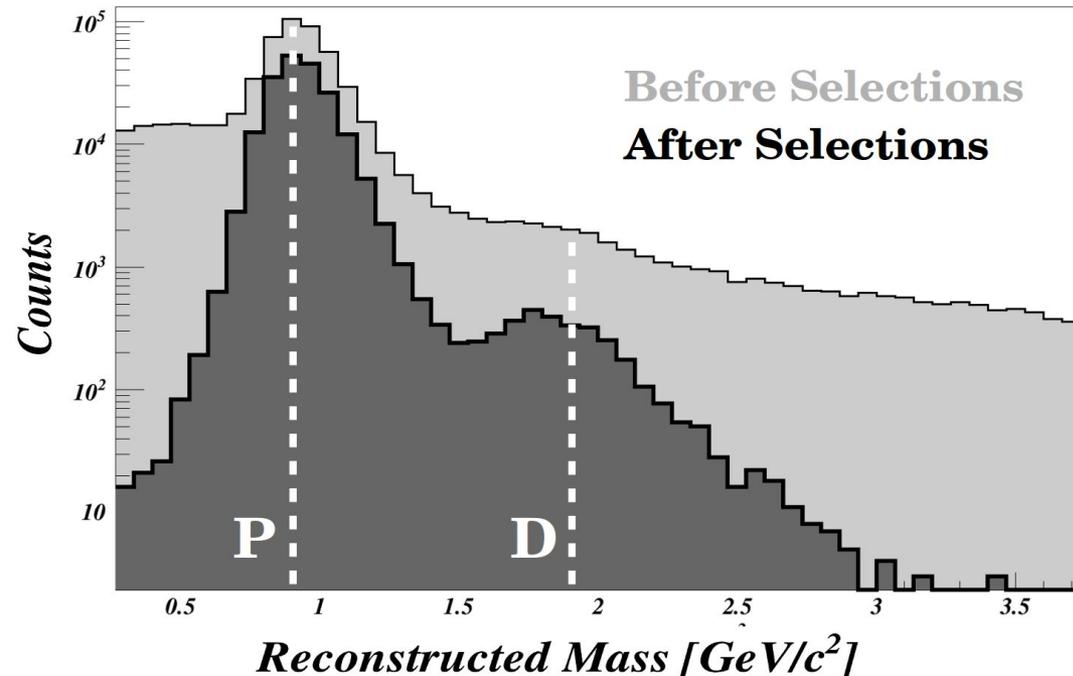
- I deutoni formano un **picco distinguibile** con ogni sotto-rivelatore
- Segnale sovrapposto a code di interazione con **bassa velocità = alta massa** ricostruita



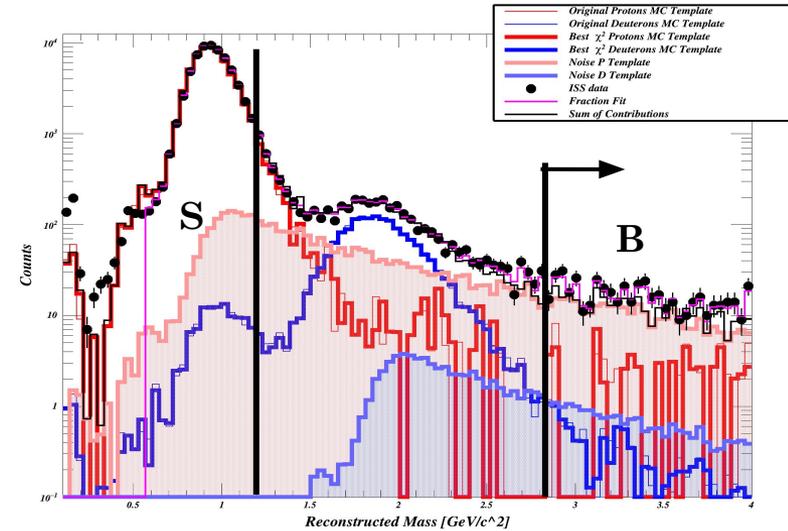
Deuterio: Pulizia del segnale

- Solo eventi a singola traccia
- Concordanza tra le cariche misurate TDV superiore e inferiore
- Buon χ^2 delle tracce ricostruite
- RICH: Selezione BDT contro interazioni

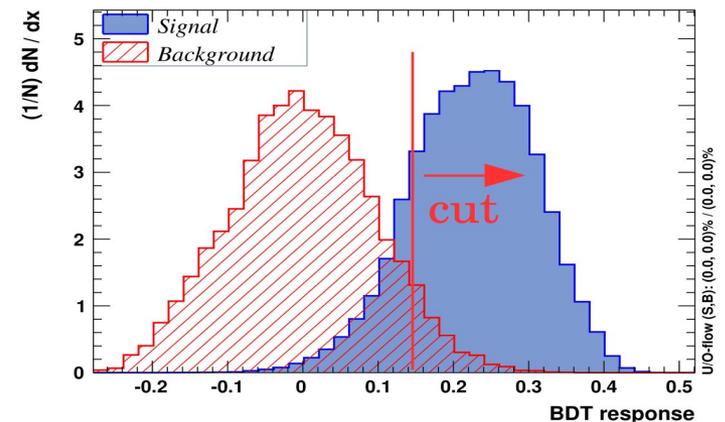
RICH NaF



RICH: Selezione BDT allenata sui dati



TMVA response for classifier: BDT



Strategie per l'analisi degli isotopi (1)

- **Analisi in intervalli stretti di velocità (Beta)**
- Calcolo della massa tramite,

$$\frac{1}{m} = \frac{\gamma\beta}{Z} \frac{1}{R}$$

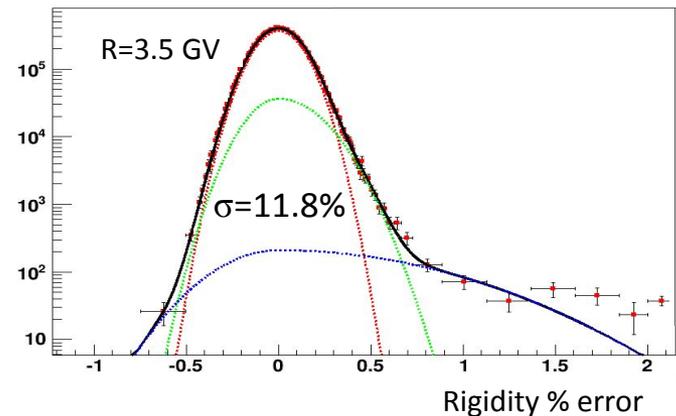
dove $1/R$ e β hanno errori gaussiani

- **He:** La distribuzione in massa risultante è attesa essere la convoluzione tra le distribuzioni di $1/R$ e β .
- Al prim'ordine, è una Gaussiana con sigma data da:

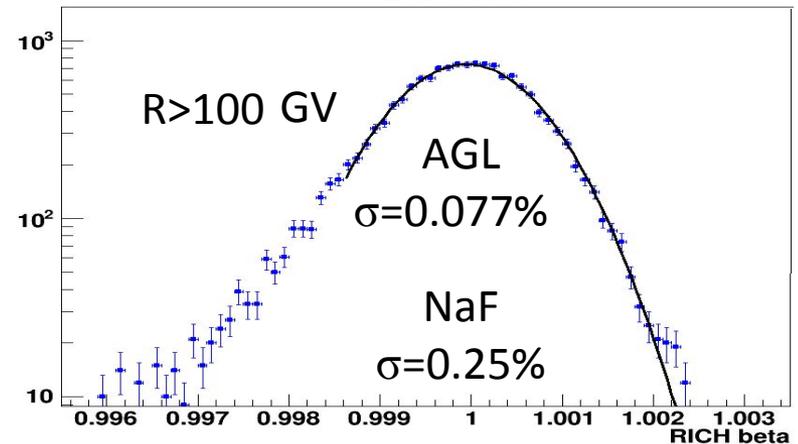
$$\frac{\sigma_{1/m}}{1/m} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{1/R}}{1/R}\right)^2 + \left(\gamma^2 \frac{\sigma_\beta}{\beta}\right)^2}$$

$E_k = 3 \text{ GeV}/n$	$\approx 9\%$	$\approx 0.1\%$
$E_k = 10 \text{ GeV}/n$	$\approx 12\%$	$\approx 13\%$

Risoluzione $1/R$ da MC

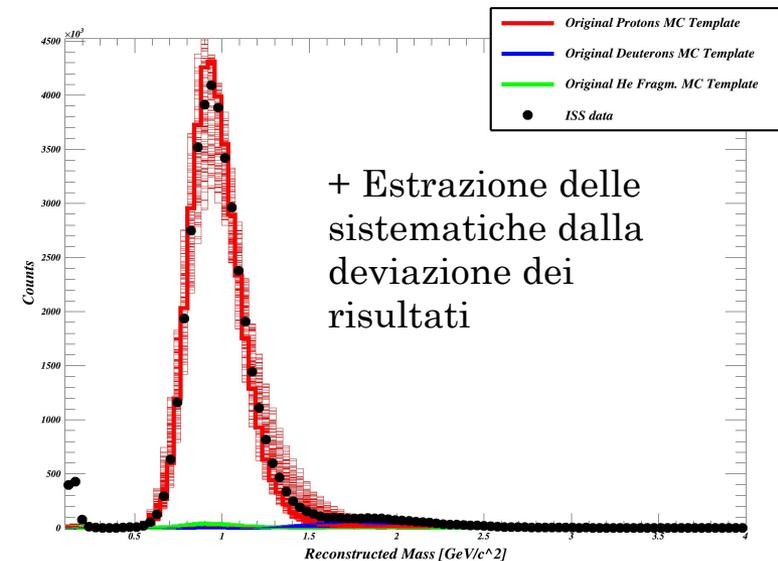
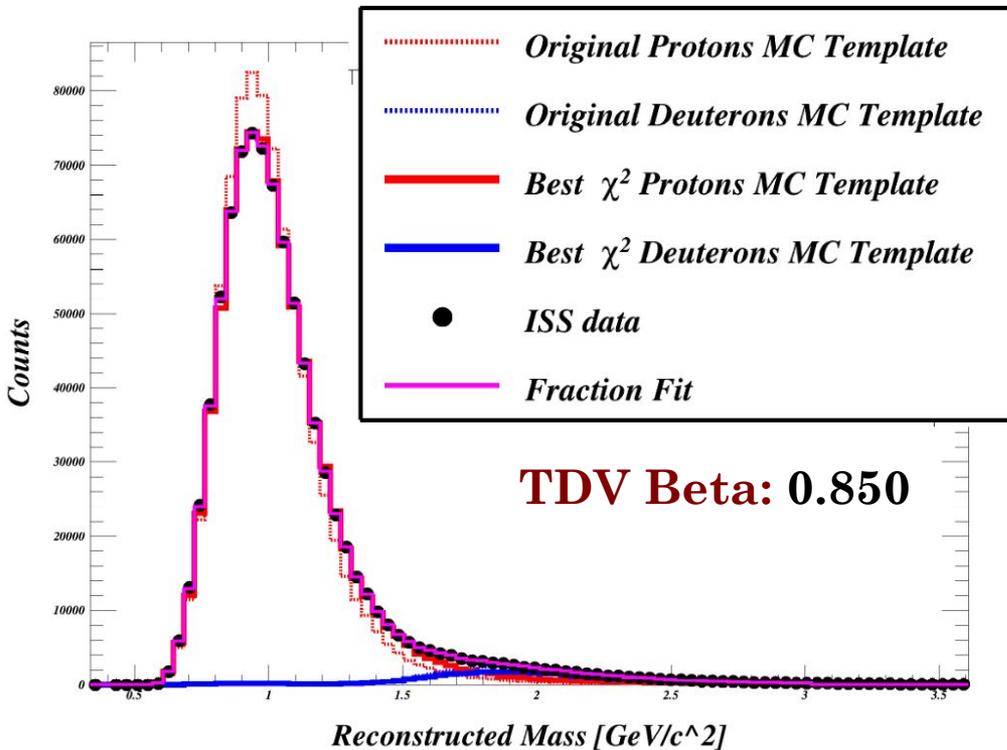
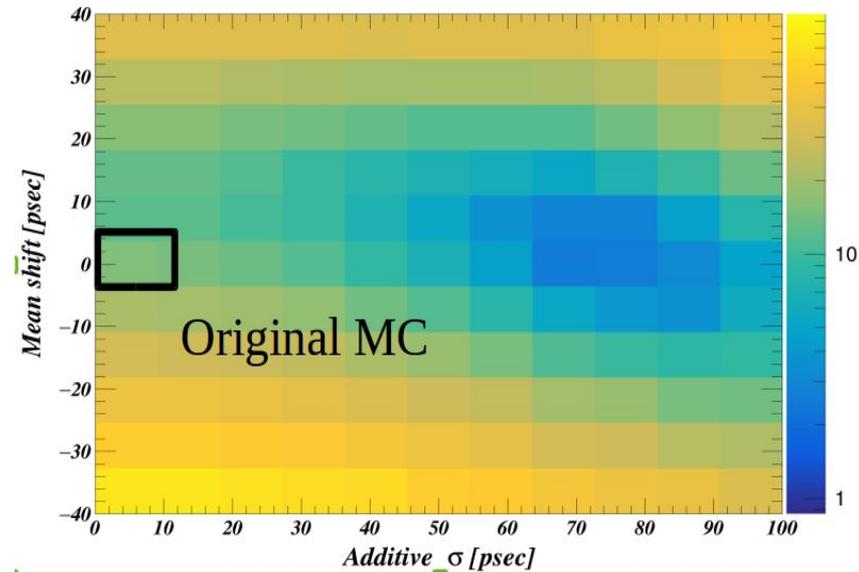


Risoluzione RICH Beta da Dati ISS



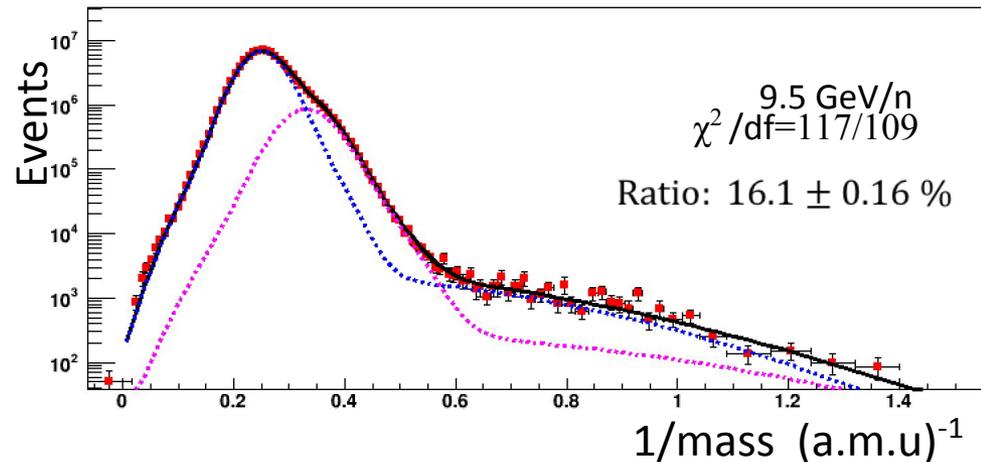
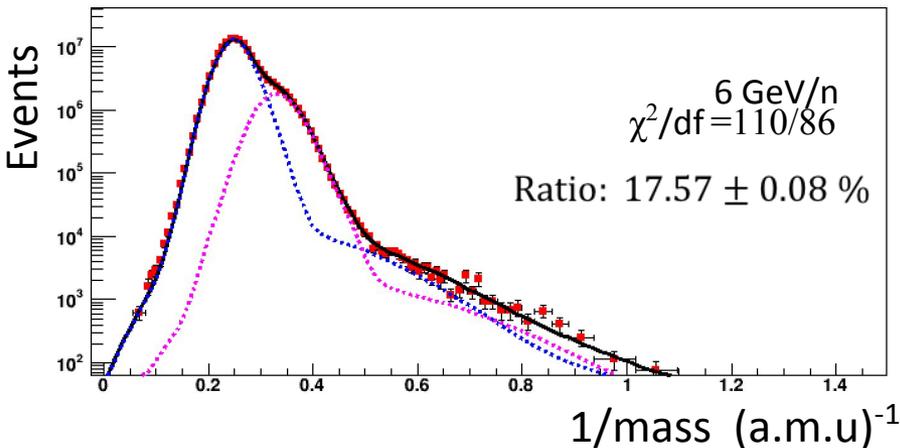
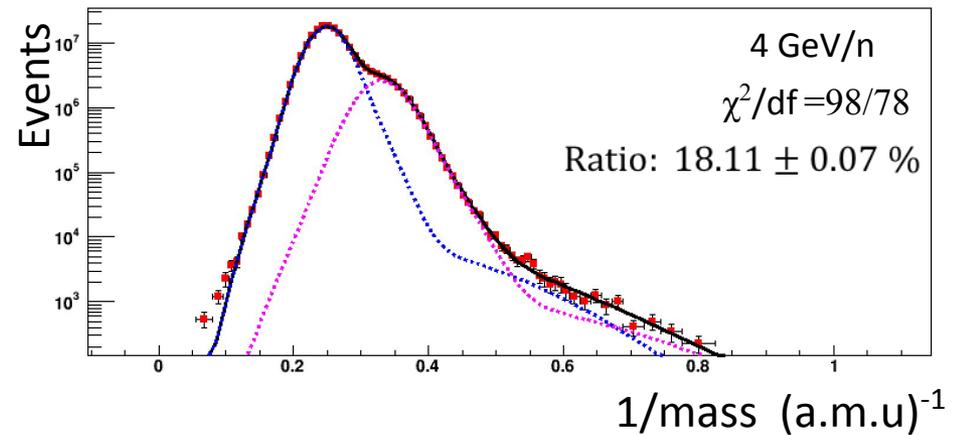
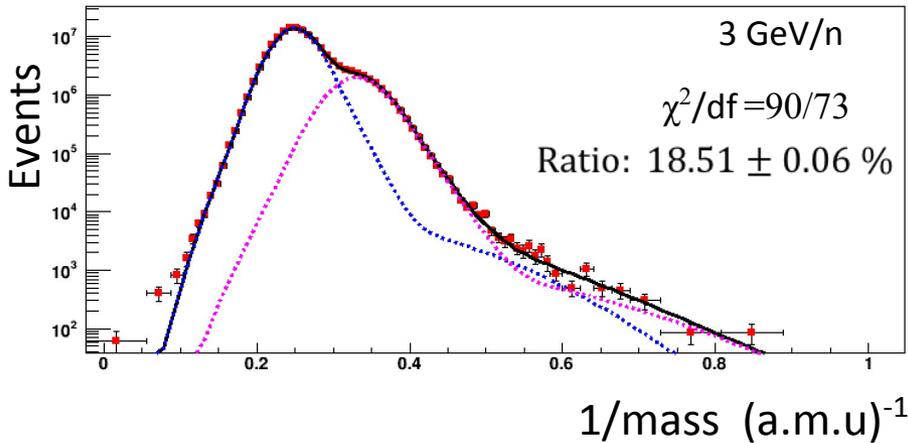
Strategie per l'analisi degli isotopi (2)

- **Deuterio:** La precisione richiesta dall'analisi e le code richiedono l'uso di simulazioni Monte Carlo
- **Messa a punto fine** della risoluzione in velocità nella simulazione per ottimizzare l'accordo



Estrazione del segnale di ^3He

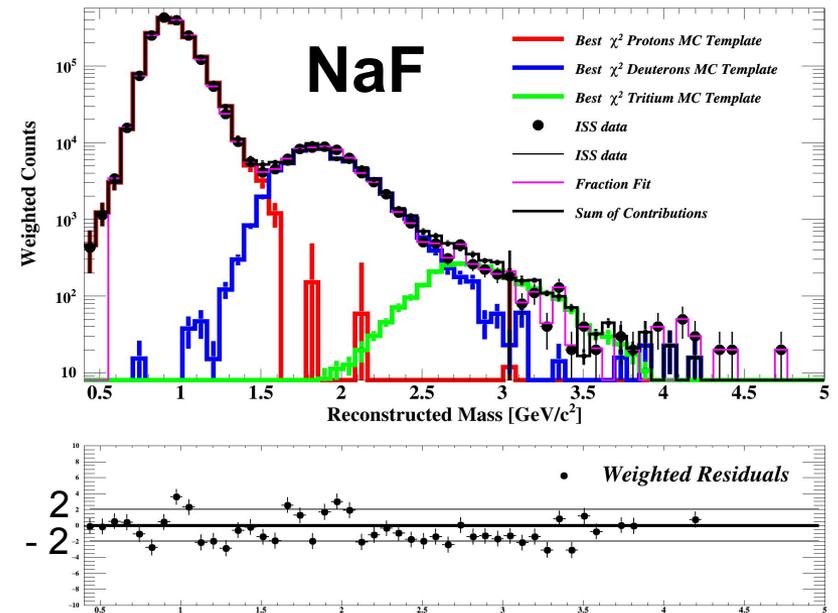
- **Strategia:** Due modelli ottenuti con la stessa espressione analitica: ^4He e ^3He
- **La forma del modello dell' ^3He** è fissata dall' ^4He e dal rapporto delle masse:
 - **picco:** m_3/m_4 x **picco** distribuzione ^4He
 - **sigma:** m_3/m_4 x **sigma** distribuzione ^4He



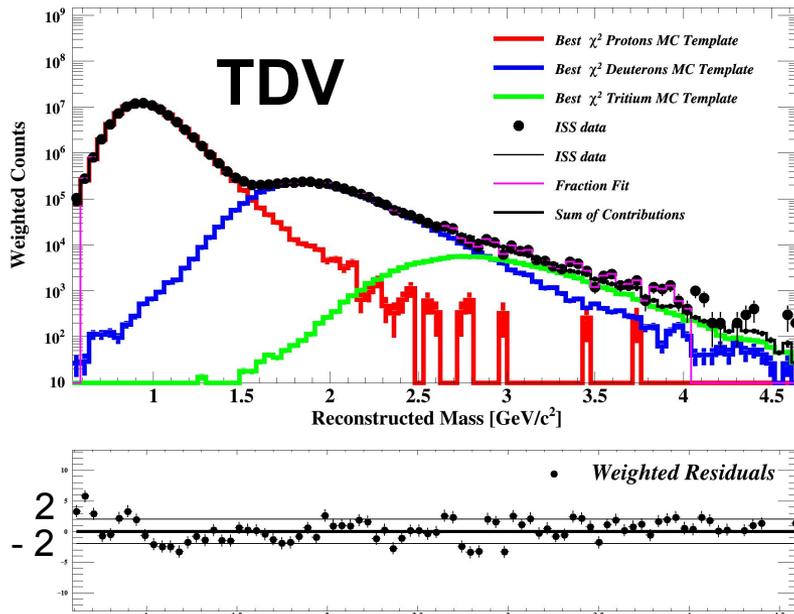
Estrazione del segnale di D

- Estrazione del contributo tramite **forme-tipo** da simulazioni di **P, D e T**
- **Trizio assente** nei raggi cosmici primari, proveniente da **frammentazione nella parte superiore dello strumento**

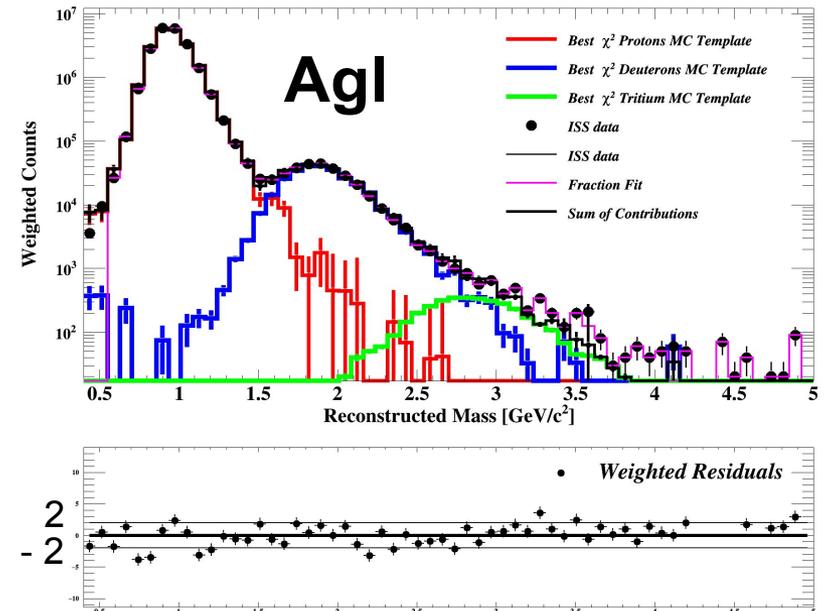
Kin. Energy: 0.945 GeV/n



Kin. Energy: 0.560 GeV/n



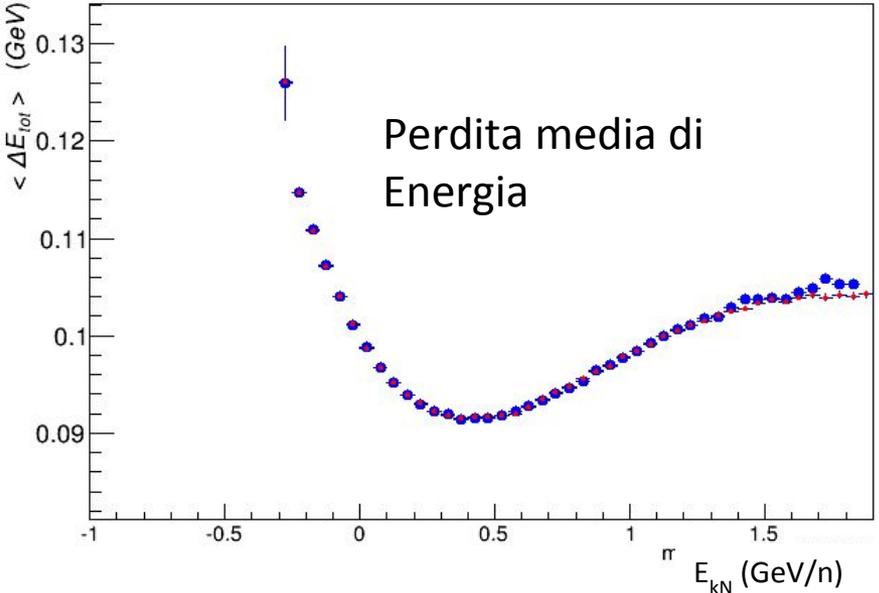
Kin. Energy: 4.043 GeV/n



Correzioni per il rapporto flussi di He

Ionizzazione

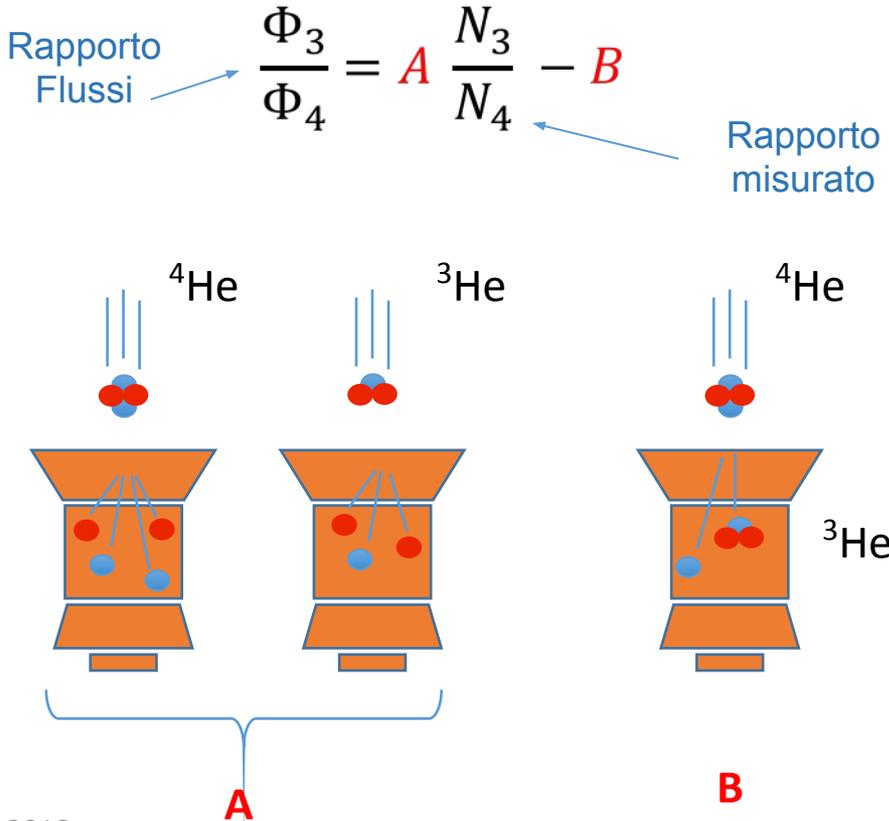
- **Da MC:** perdita media di energia nella parte superiore dello strumento
- Correzione per lunghezza percorso effettivo
- Calcolo dell'energia cinetica in **cima allo strumento**



Efficienza e Frammentazione

Da MC si estraggono correzioni per

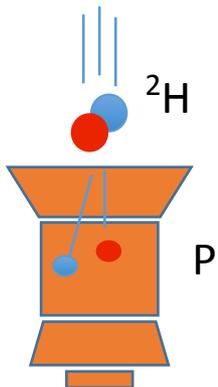
- A. Differenze di efficienza per ^4He e ^3He
- B. produzione di ^3He da $^4\text{He} \rightarrow ^3\text{He}$



Correzioni per il rapporto flussi di He

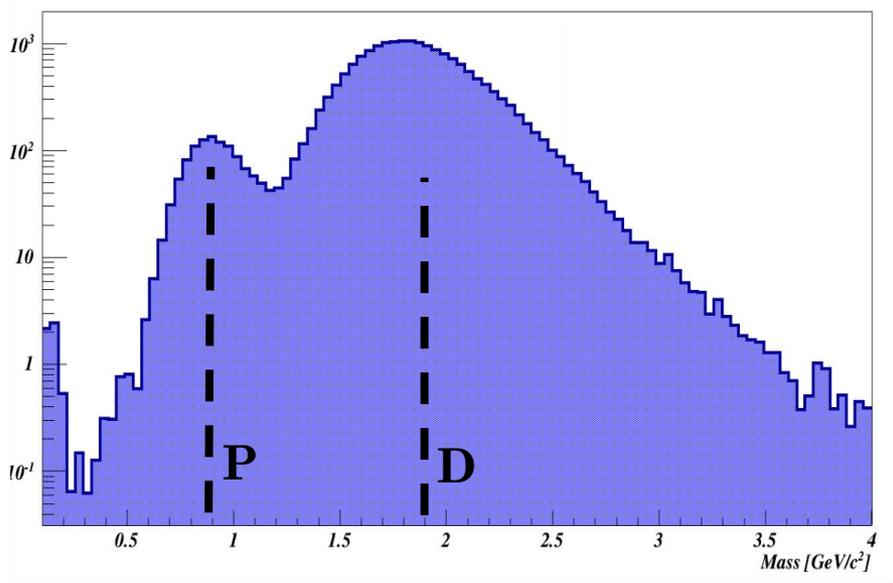


Frammentazione D->P



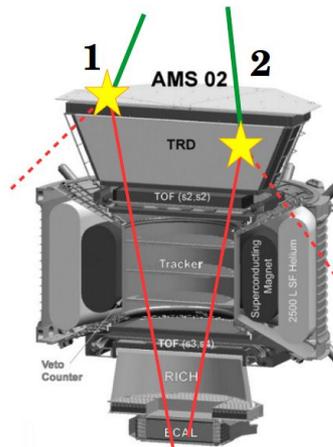
- **Da MC:** stima della frazione di eventi di deuterio persi in frammentazione

Simulazione D: Distribuzione TDV



Frammentazione He->Q=1

Estrarre lo spettro di massa dei frammenti direttamente dai dati:

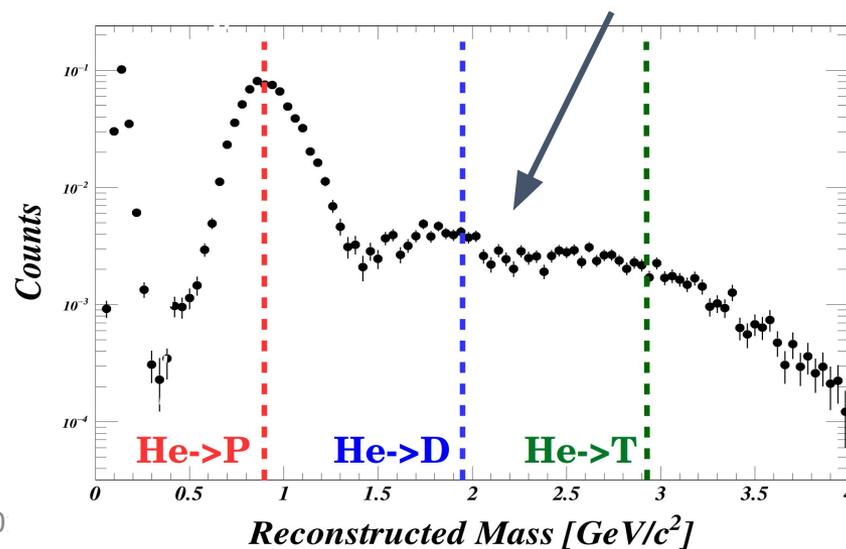


1. Frammentazione **in cima** allo strumento
2. Frammentazione **all'interno** dello strumento

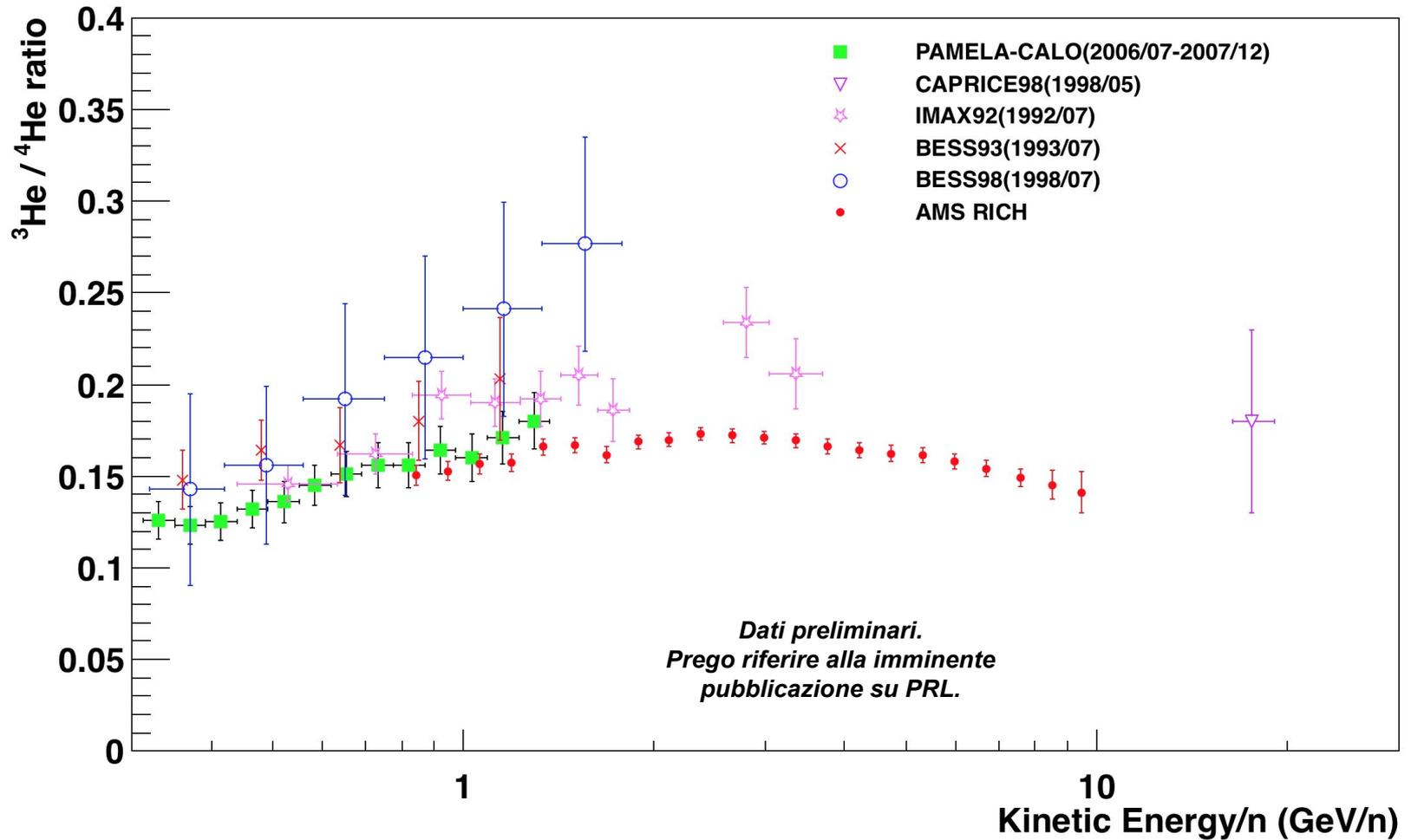
Selezioniamo:

Q = 2 all'altezza del L1

Q = 1 nel tracciatore interno

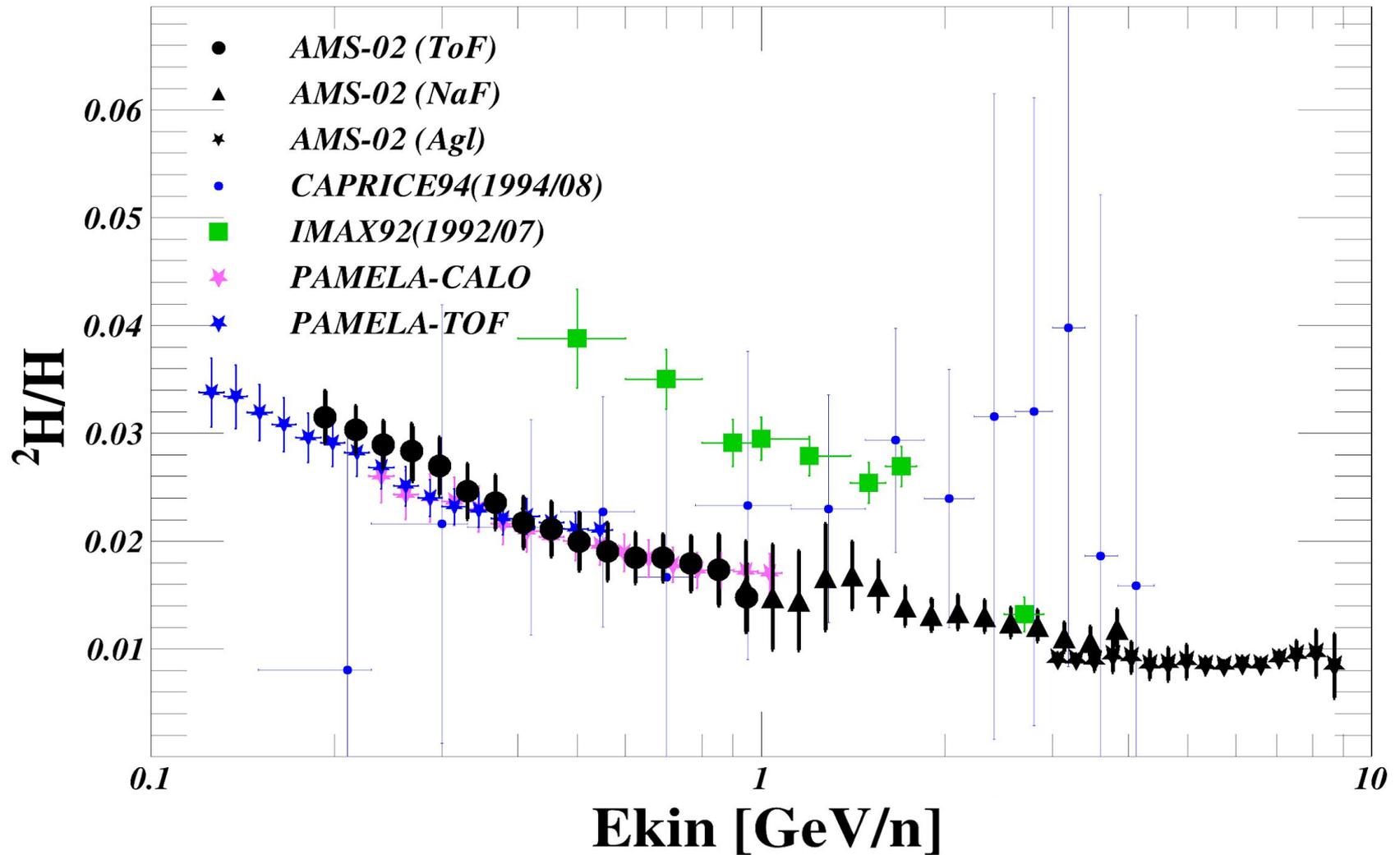


Risultati preliminari ^3He



Barre di errore: stat + sys

Risultati preliminari D



Preliminare - barre di errore: stat. + sist. (conservativa)

In sintesi:

- Sono state discusse e presentate **nuove misure** preliminari dei rapporti ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ e **D/P** nei raggi cosmici, nell'intervallo energetico da E_k **0.2 a 10 GeV/n**
- Le misure si estendono in un intervallo energetico dove **le misure precedenti sono frammentarie e inconsistenti**
- Le misure sono dominate da **incertezze sistematiche** dovute alle **interazioni all'interno dello strumento**: Ulteriori studi sono in corso e **ridurranno** tali incertezze

**Grazie per
l'attenzione**

