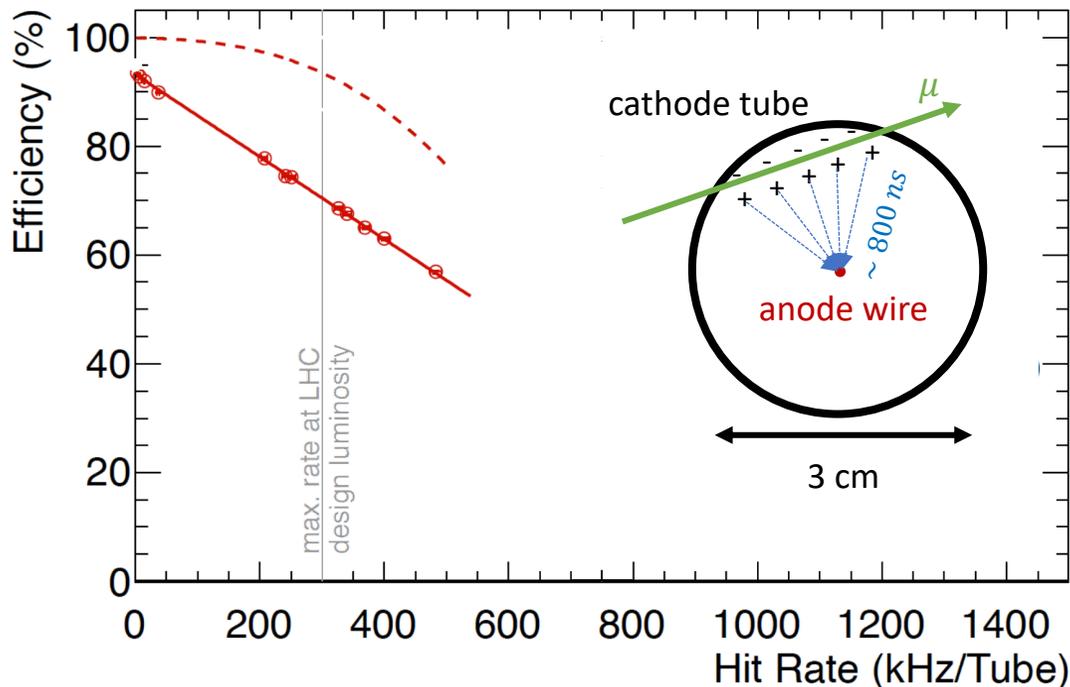
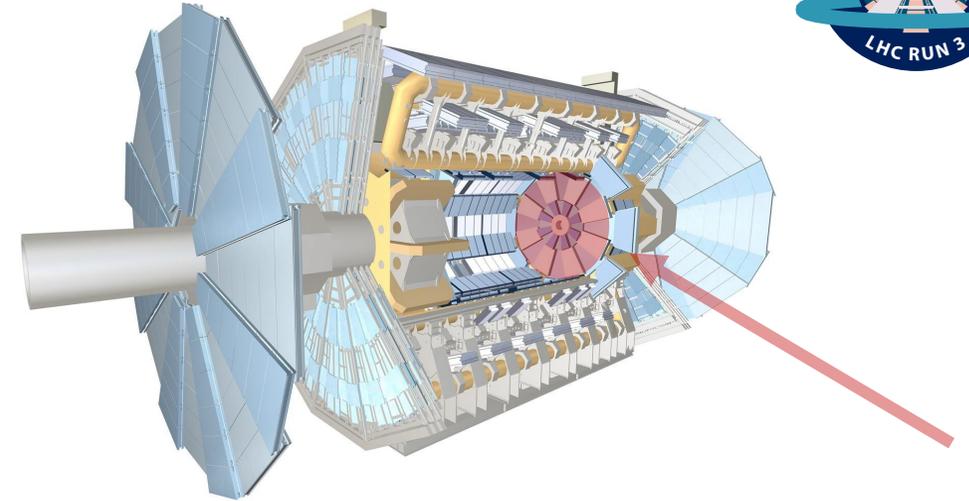
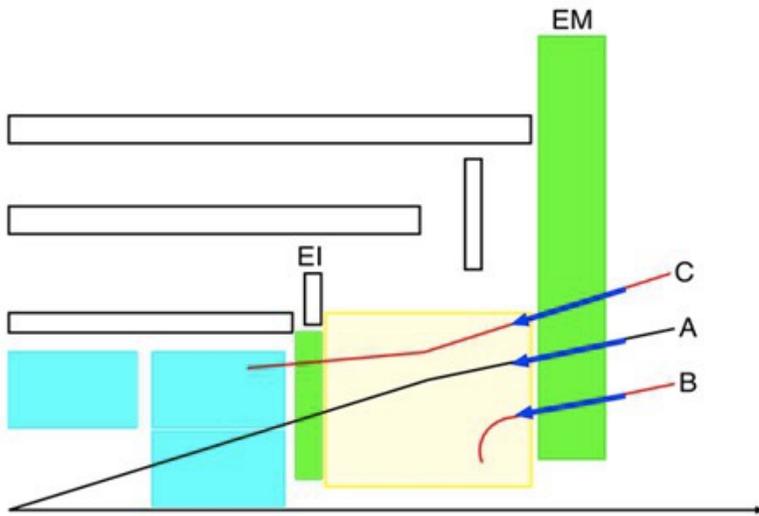


Sulla strada per il Run III di LHC - Le prestazioni della New Small Wheel

Luca Martinelli



Intro – effetti dell'incremento della luminosità istantanea di LHC



➤ Trigger

Con le vecchie Small Wheel è impossibile distinguere tra i vari casi:

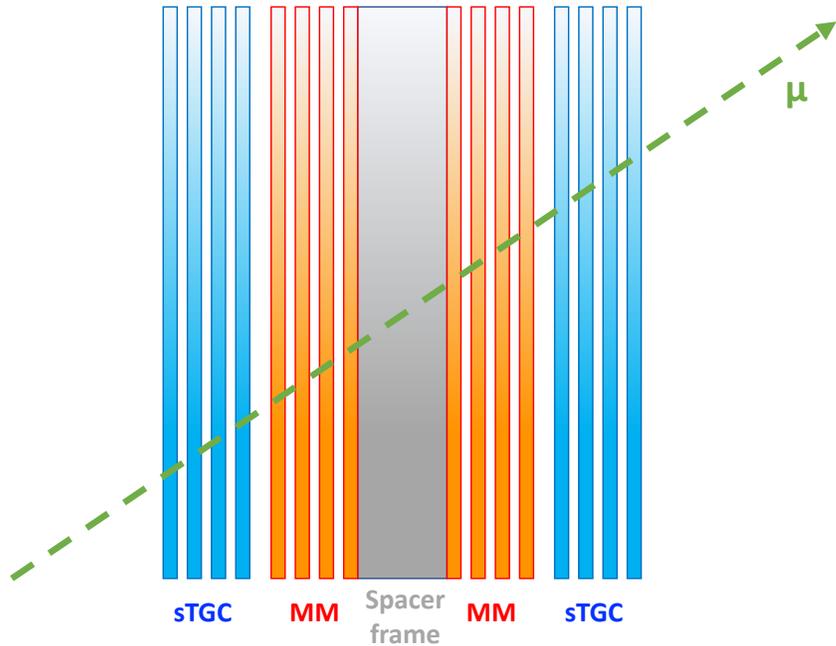
- A. una traccia alto p_T proveniente dal punto di interazione;
- B. una traccia a basso p_T creata nel toroide;
- C. diffusione multipla.

➤ Tracciamento

Con le vecchie Small Wheel l'efficienza di ricostruzione decresce.

Servono nuovi rivelatori per gestire l'alto flusso!!!

Il Progetto di aggiornamento New Small Wheel (NSW)

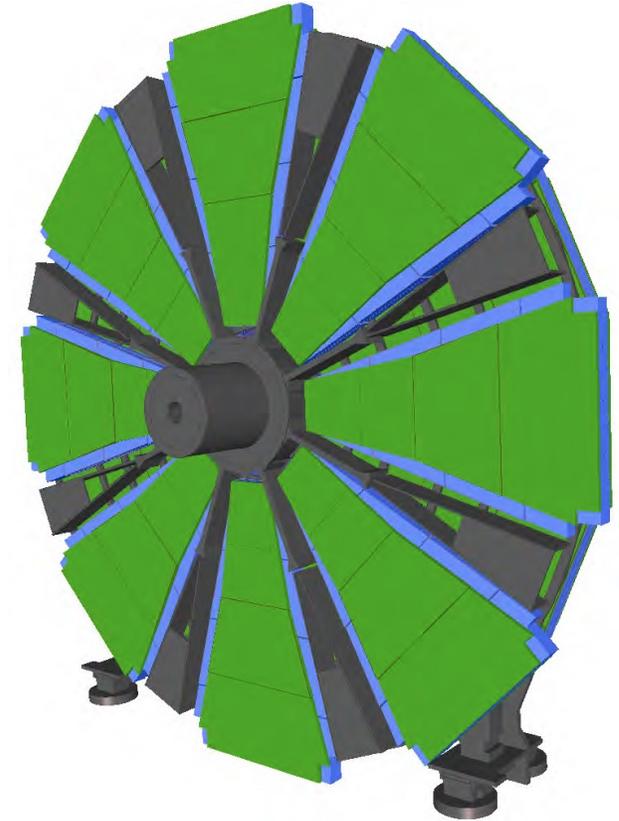


Due tecnologie di rilevamento:

- **MicroMegas** (principalmente per il tracciamento);
- small strip Thin Gas Chambers (principalmente per il trigger).

16 strati per avere ridondanze e ricostruire anche la seconda coordinate.

16 "petali" (8 piccoli + 8 grandi).



$$\frac{\sigma(p_T)}{p_T} < 15\% (@ 1 \text{ TeV})$$

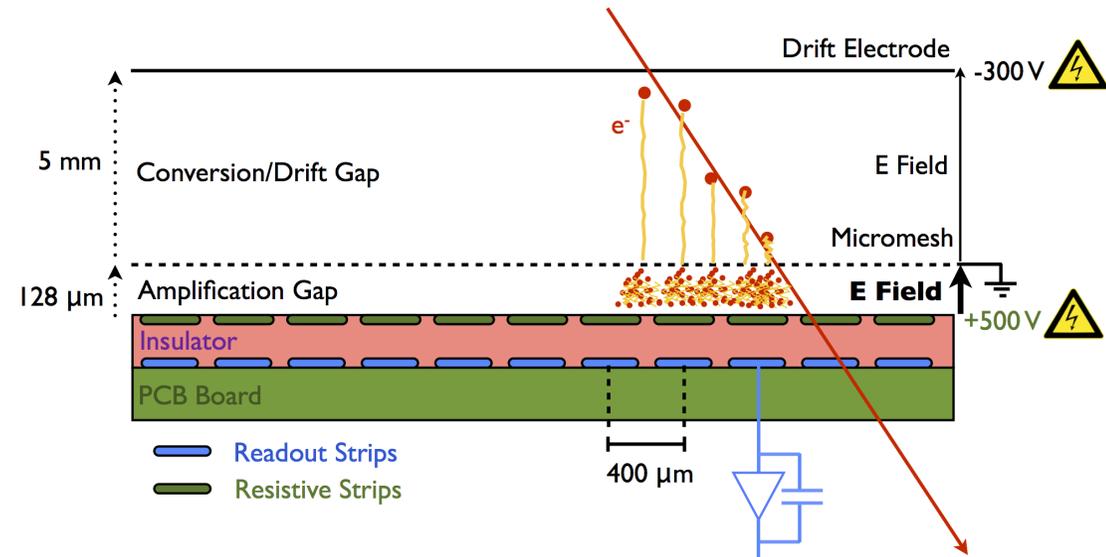
⇒ risoluzione sul singolo punto $\sim 100 \mu\text{m}$

⇒ allineamento degli elementi di lettura $\sim 100 \mu\text{m}$

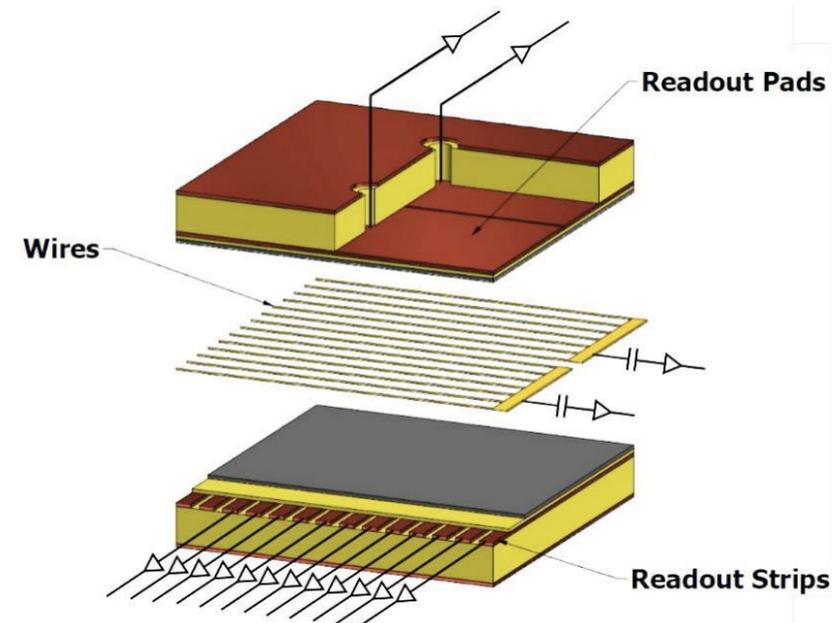
Le due tecnologie della New Small Wheel



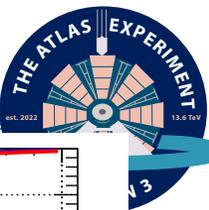
Grande contributo INFN per la costruzione (1/4 dei rivelatori MicroMegas), per il trigger e per tutti i servizi.



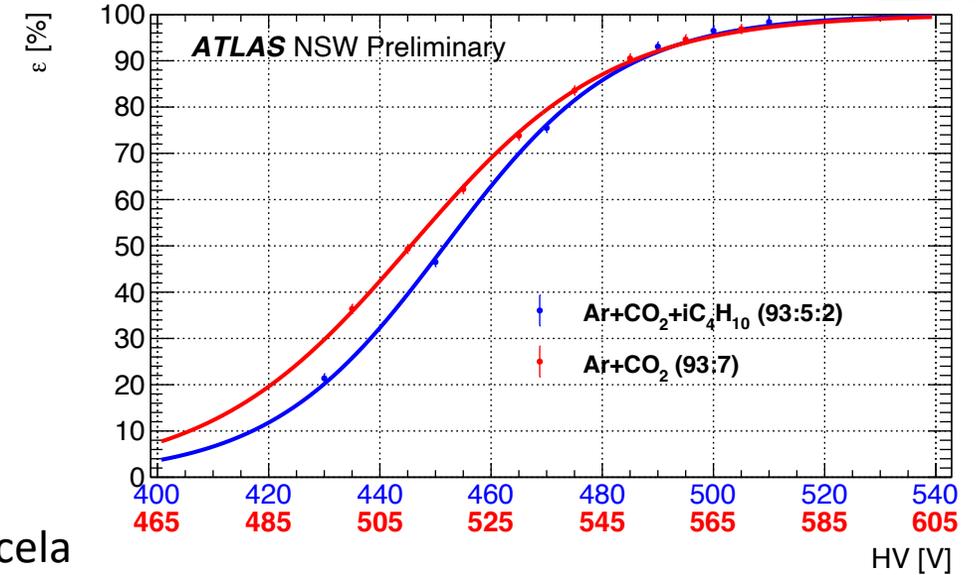
- Detector a gas, $Ar:CO_2:iC_4H_{10}$ (93:5:2) per le MicroMegas, $CO_2:n - pentano$ (55:45) per le sTGC.
- Risoluzione temporale di 20/25 ns per le MicroMegas e ~ 15 ns per le sTGC.
- Risoluzione spaziale $\sim 100 \mu m$ per piano tracciante.
- Risoluzione di qualche mm sulla seconda coordinata per il puntamento al vertice di interazione.



MicroMegas – Problema di stabilità in alta tensione

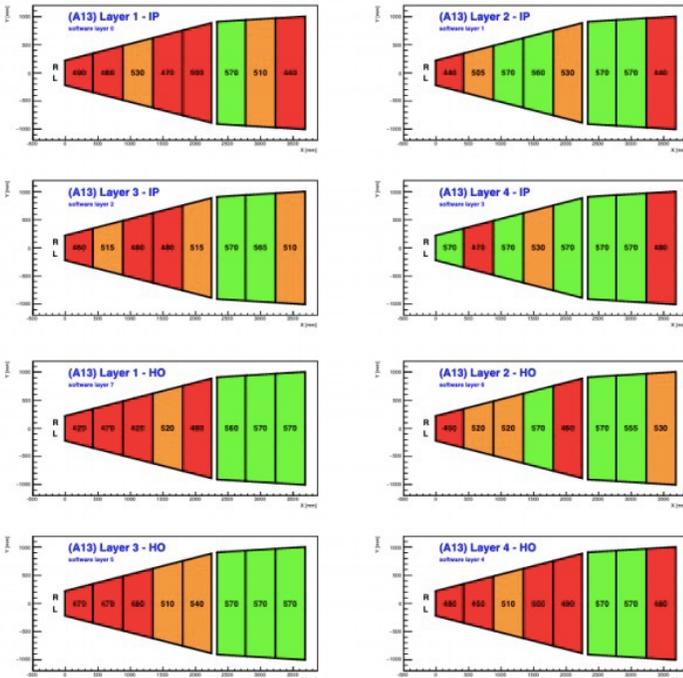


- Comprensione del ruolo critico della resistività degli anodi che ha portato alla passivazione delle aree meno protette.
- Nuova miscela di gas studiata: $Ar:CO_2:iC_4H_{10}$ (93:5:2).
- Migliori prestazioni in termini di alta tensione.
- Stessa efficienza con guadagno inferiore rispetto alla miscela di gas nominale.
- Studi a lungo termine GIF++ (Gamma Ray Facility). Non osservate criticità con luminosità compatibili a 10 anni di HL-LHC.

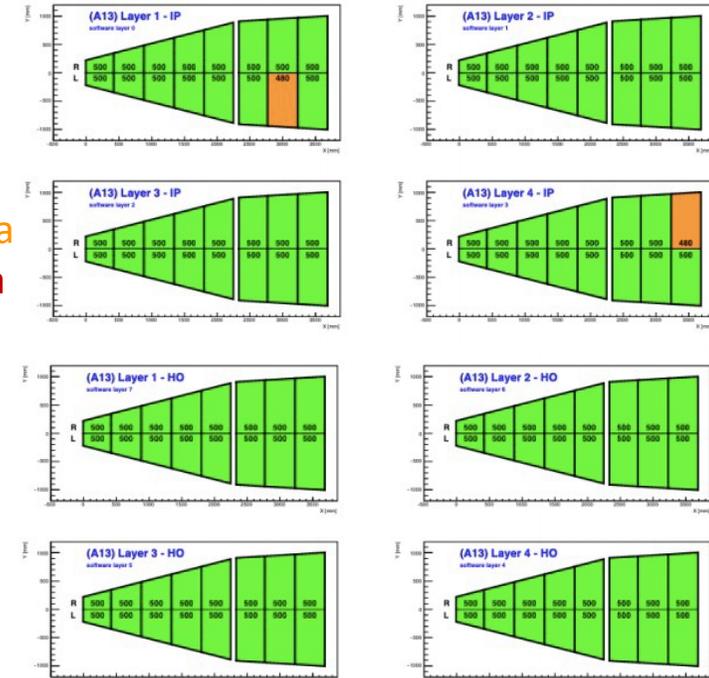
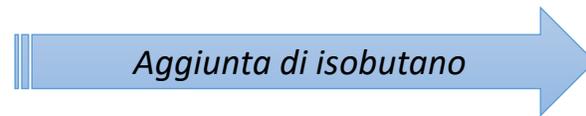


Vecchia miscela
 $Ar:CO_2$

Nuova miscela
 $Ar:CO_2:iC_4H_{10}$



Verde: ok, tensione nominale
Arancio: lievi problemi, tensione abbassata
Rosso: gravi problemi, tensione abbassata



La New Small Wheel durante l'installazione



Installazione del settore
(disallinamento massimo di 3 mm)



Primo settore installato
(5 Dicembre 2019)



Conessioni
gas



Test perdite
gas

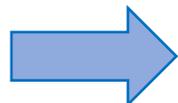


Flussaggio
gas



Validazione
alta tensione

Connessione
raffreddamento +
Bassa tensione



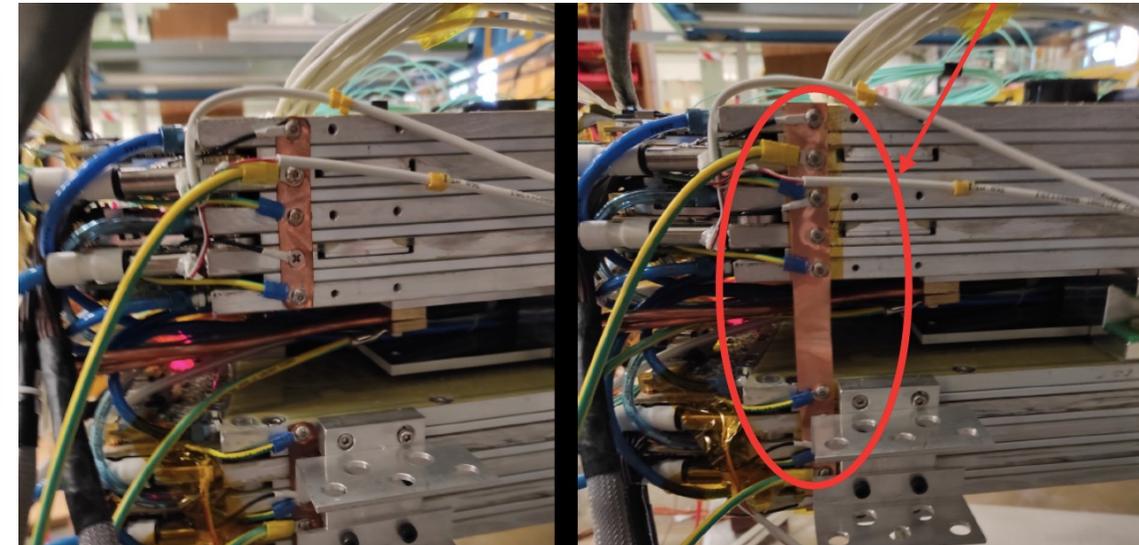
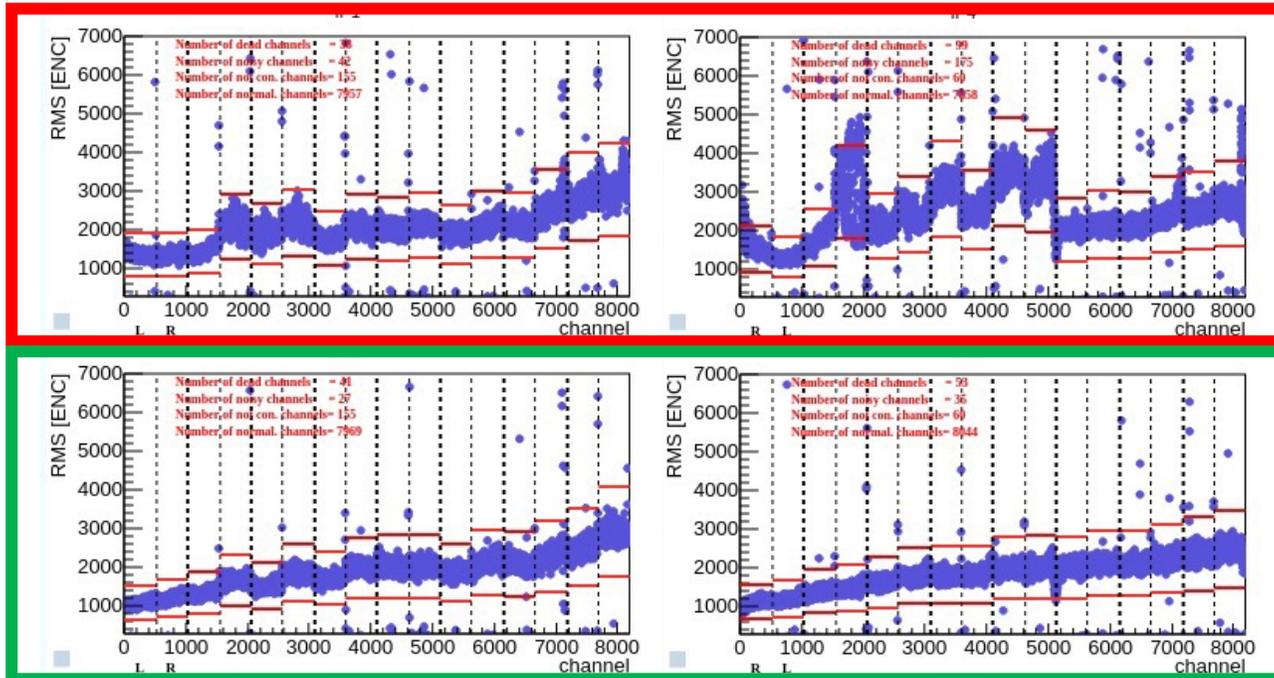
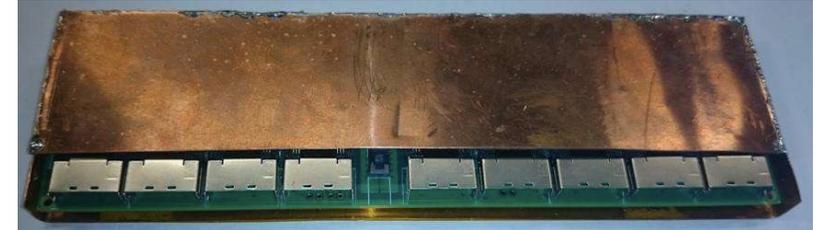
Connessione delle
fibre



Commissioning
elettronica e trigger

Il rumore sulle camere

- Le attività di commissioning hanno portato alla scoperta di un aumento del rumore nei settori su ruota (sia sTGC che Micromegas).
- La modifica dello schema di messa a terra e l'aggiunta di una messa a terra sul rivelatore hanno ridotto i livelli di rumore.
- Aggiunta di gabbie di Faraday su alcune schede elettroniche specifiche.
- Rumore **prima** e **dopo** le modifiche sulle camera MicroMegas.



I passi per installare la prima NSW



Sett 2019 – CERN open days
(prima del COVID!)



Giugno 2021 –
prima NSW completata



Luglio 2021 –
Trasporto



Luglio 2021 –
Inserimento in caverna NSW-A

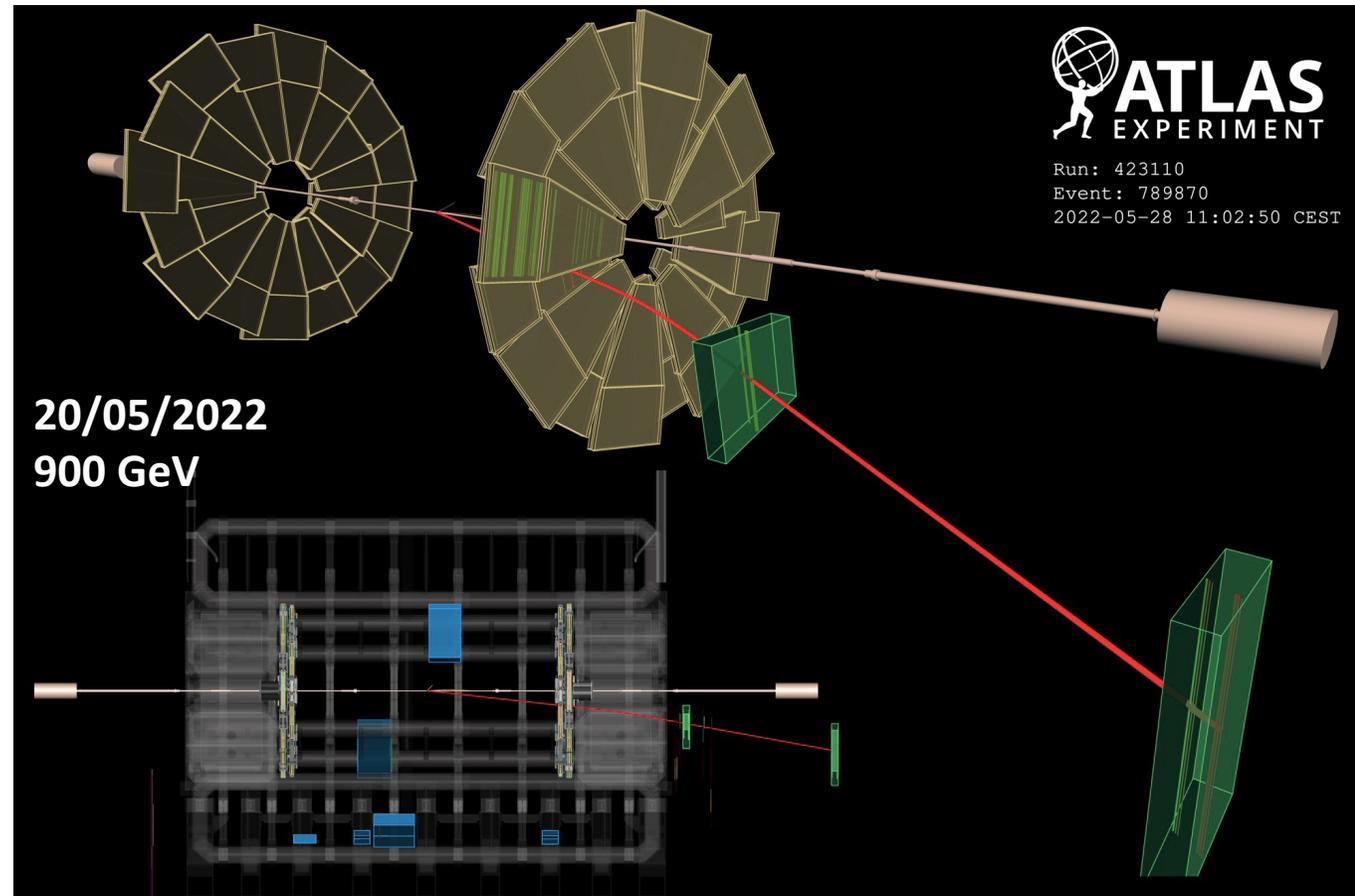
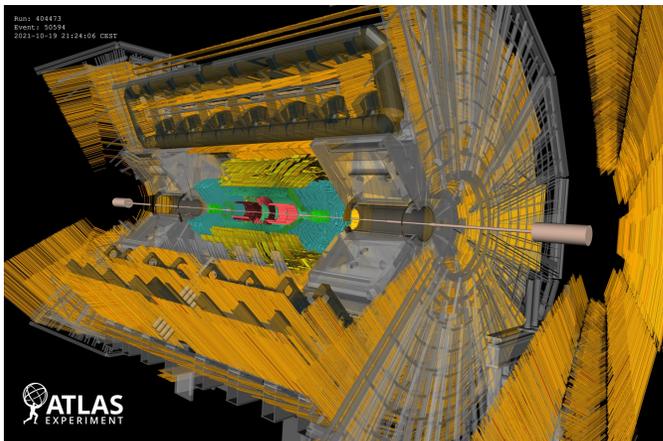
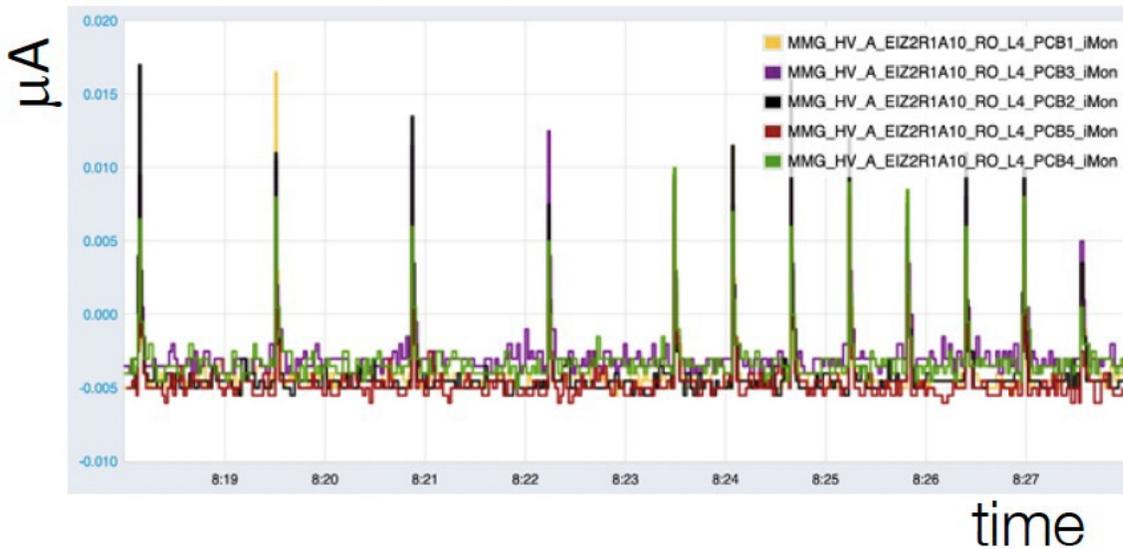


Luglio 2021 –
finalmente in ATLAS

I primi segnali, i primi muoni



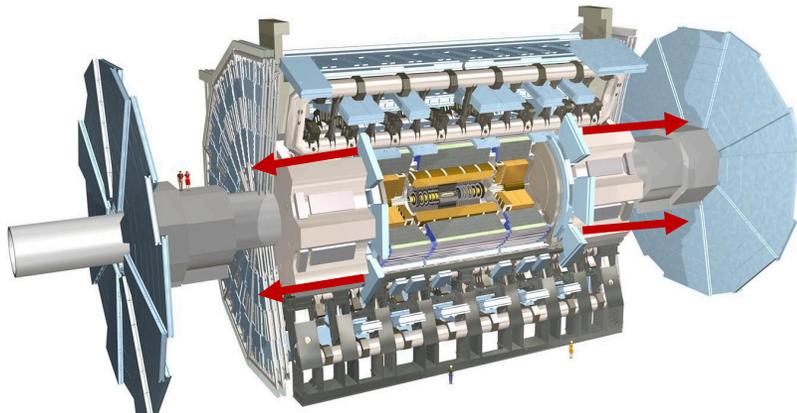
Dagli splash del fascio da LHC (7 maggio 2022) alle prime collisioni del Run 3 di ATLAS.



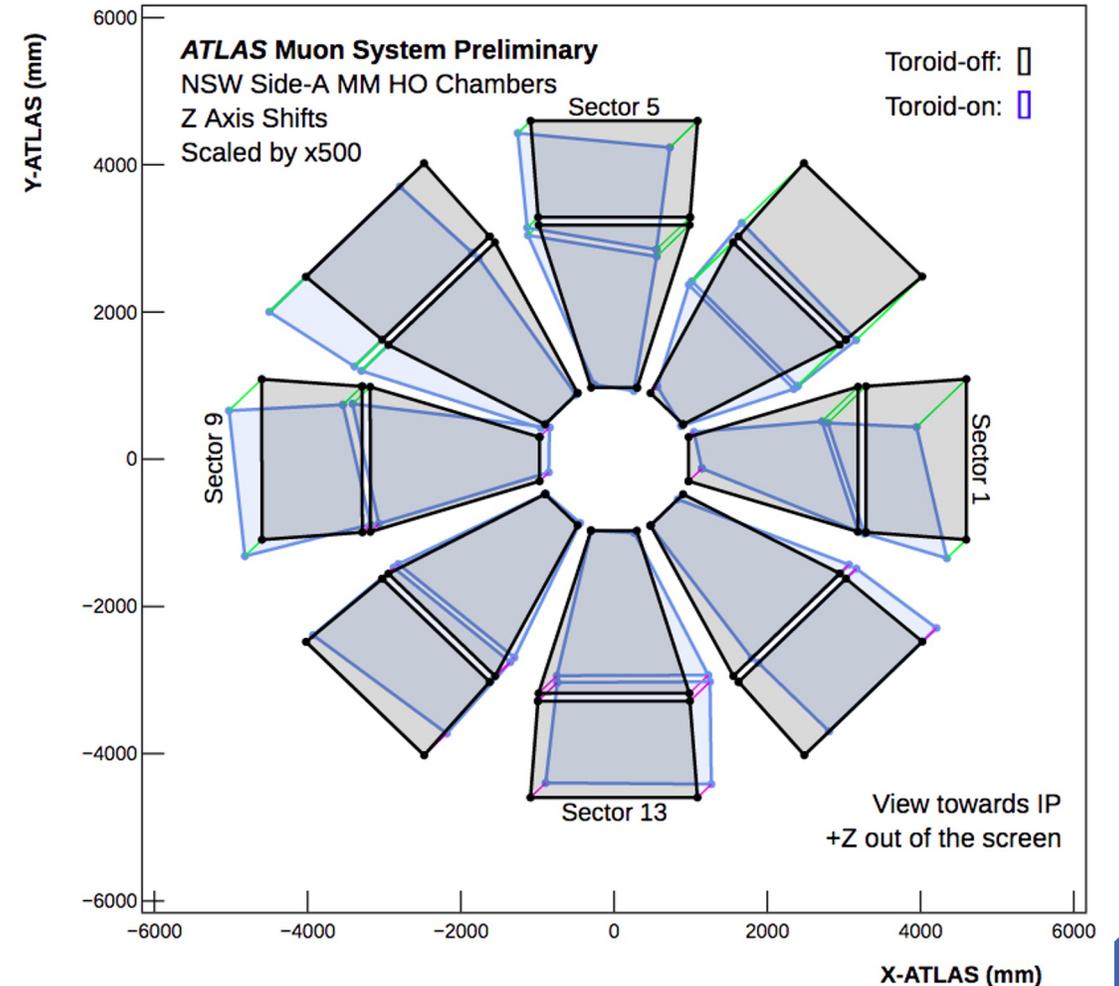
Allineamento della New Small Wheel



- Movimenti/deformazioni monitorati dal sistema di allineamento ottico.
- Entrambe le ruote si inclinano verso l'esterno del rivelatore quando il toroide è attivo.
- In media 1 mm di spostamento, ma fino a 2,7 mm.
- Il campo magnetico è il principale responsabile degli spostamenti lungo l'asse del fascio.
- Stesso comportamento per la vecchia Small Wheel.
- Miglioramenti sulla conoscenza dell'allineamento utilizzando tracce ricostruite senza campo magnetico.
- La conoscenza dell'allineamento attuale porta contributi dell'ordine dei 200 μm sulla traccia.



Spostamento in Z (x500 -> esagerazione!)
spostamento Z > 0: verde spostamento Z < 0: magenta

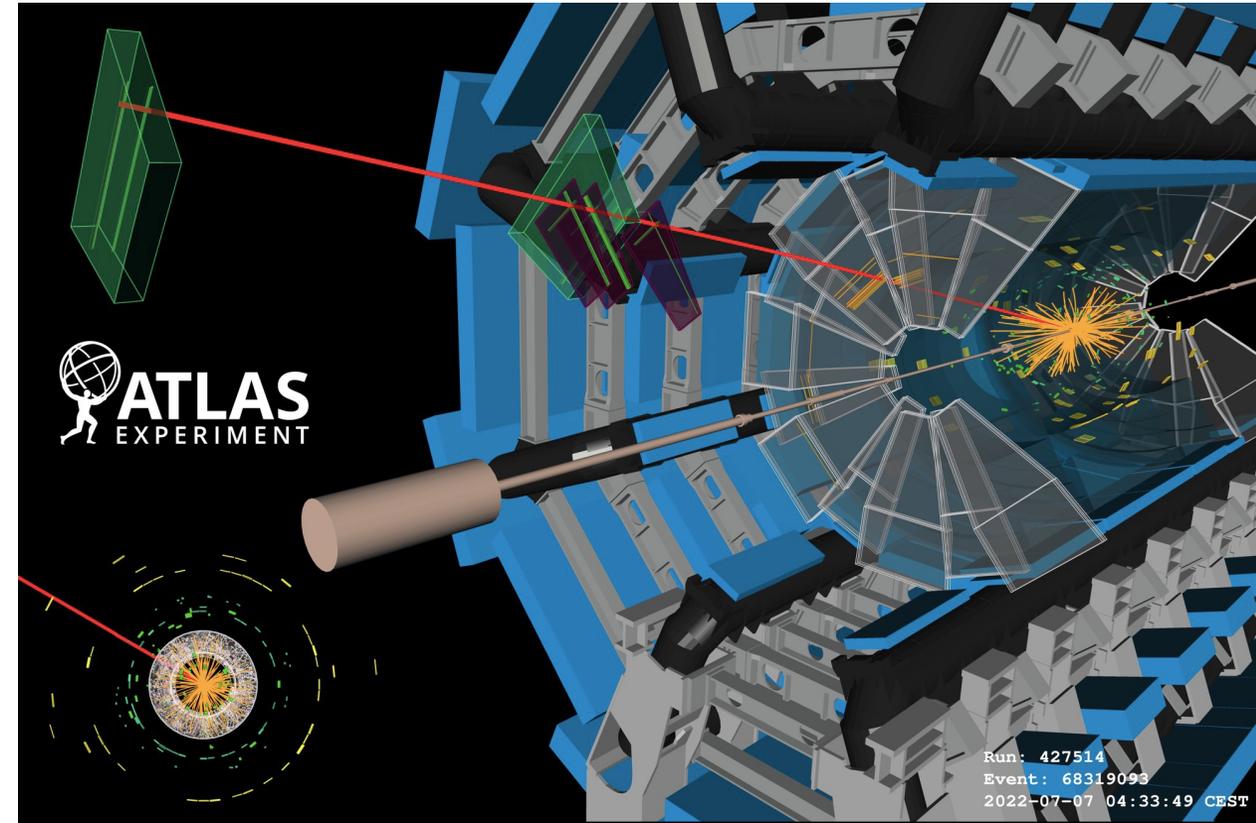
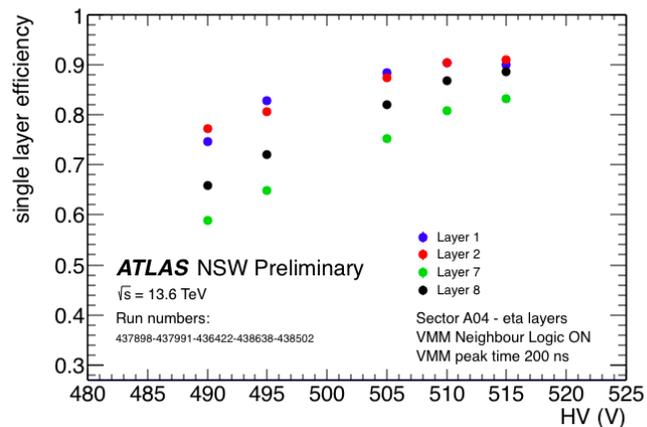
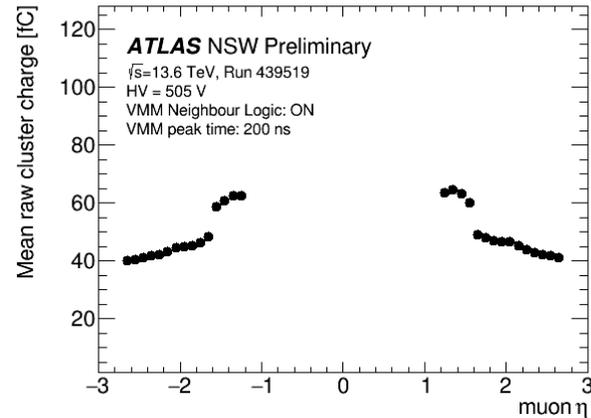
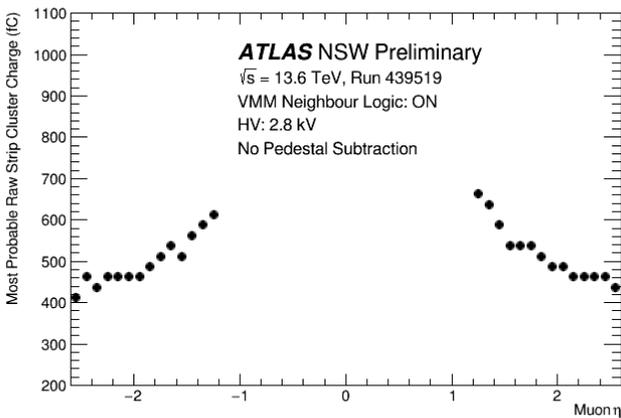


Un anno di commissioning dentro ATLAS...



Studio delle prestazioni dei rivelatori della New Small Wheel:

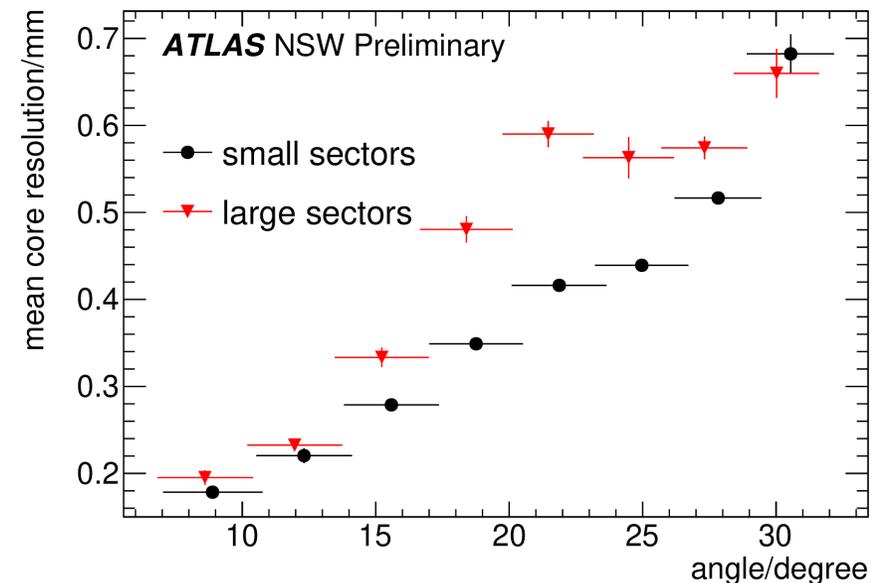
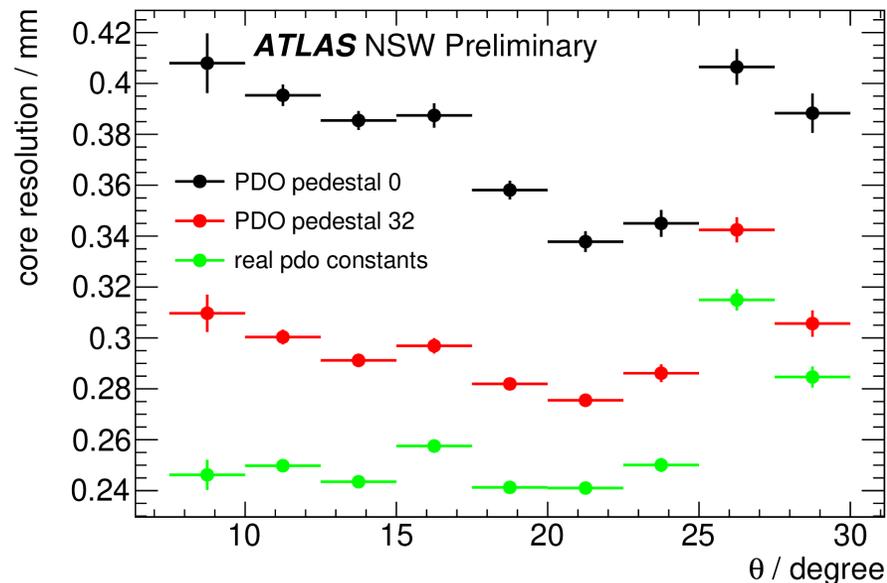
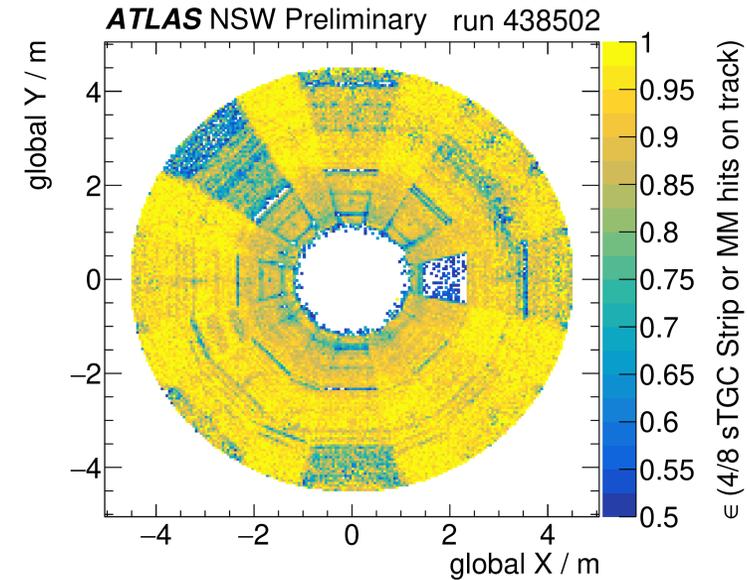
- carica dei cluster;
- dimensioni dei cluster;
- efficienza in funzione della tensione applicate.

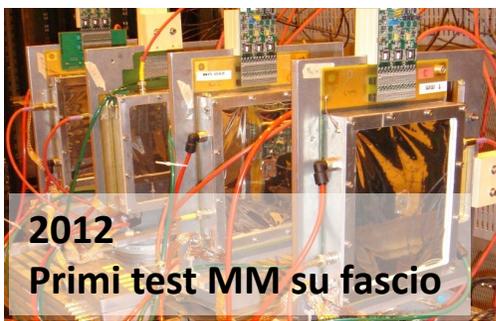


...ma finalmente ci siamo, pronti per il 2023!

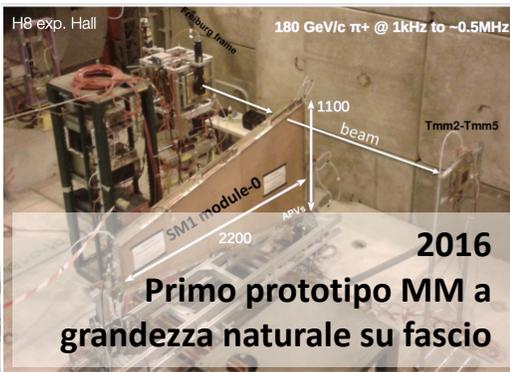


- **Efficienza** di ricostruzione richiedendo 4/8 MicroMegas o 4/8 sTGC prossima a 1 per più di 1/3 del 2022.
- **Risoluzioni** ancora non ottimali (allineamenti contribuiscono in maniera importante) ma che permettono di avere 100/150 μm di risoluzione della traccia.





2012
Primi test MM su fascio



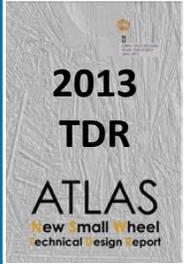
2016
Primo prototipo MM a grandezza naturale su fascio



2019-2021
Integrazione e commissioning al CERN



08/11/2021
NSW-C in ATLAS



2013
TDR
ATLAS
New Small Wheel
technical design report



2014
Primo prototipo sTGC a grandezza naturale su fascio



2017-2021
Produzione delle camere



12/07/2021
NSW-A arriva ad ATLAS



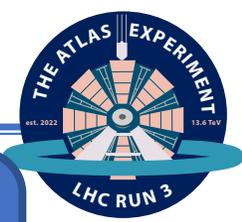
2022
Primi muoni ricostruiti



- La New Small Wheel è stato uno dei più grandi progetti di aggiornamento degli esperimenti ad LHC.
- Più di 10 anni sono stati necessari per portarlo a termine, con diverse problematiche affrontate, tra cui anche il COVID.
- La New Small Wheel è ora in ATLAS!
- Ci sono ancora problemi da risolvere (sia lato rivelatori che lato acquisizione) ma allo stato attuale la New Small Wheel raccoglie dati e viene usata per la ricostruzione dei muoni.

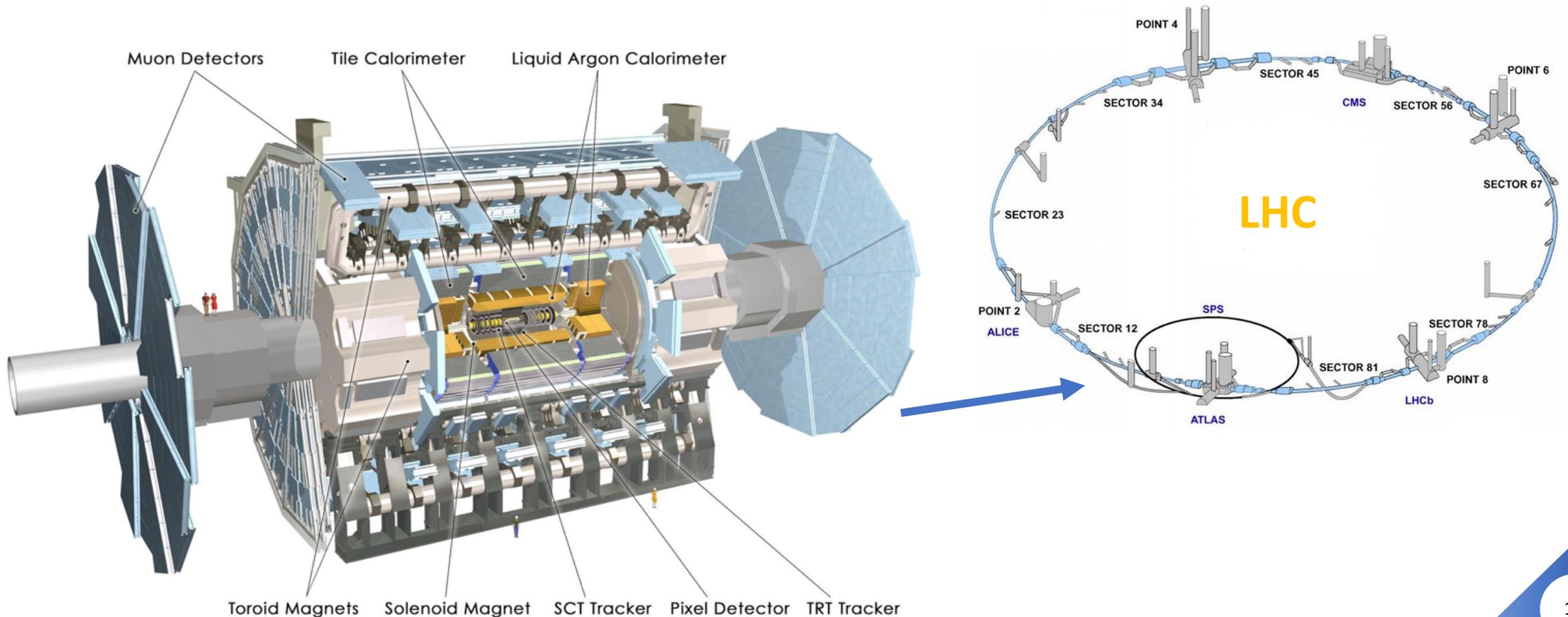
MATERIALE ADDIZIONALE

Il rivelatore ATLAS

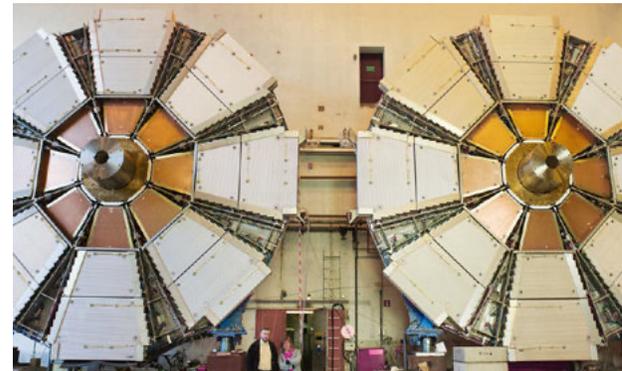
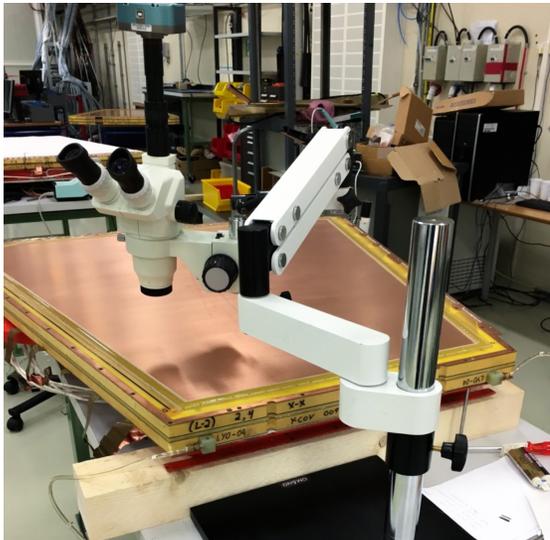
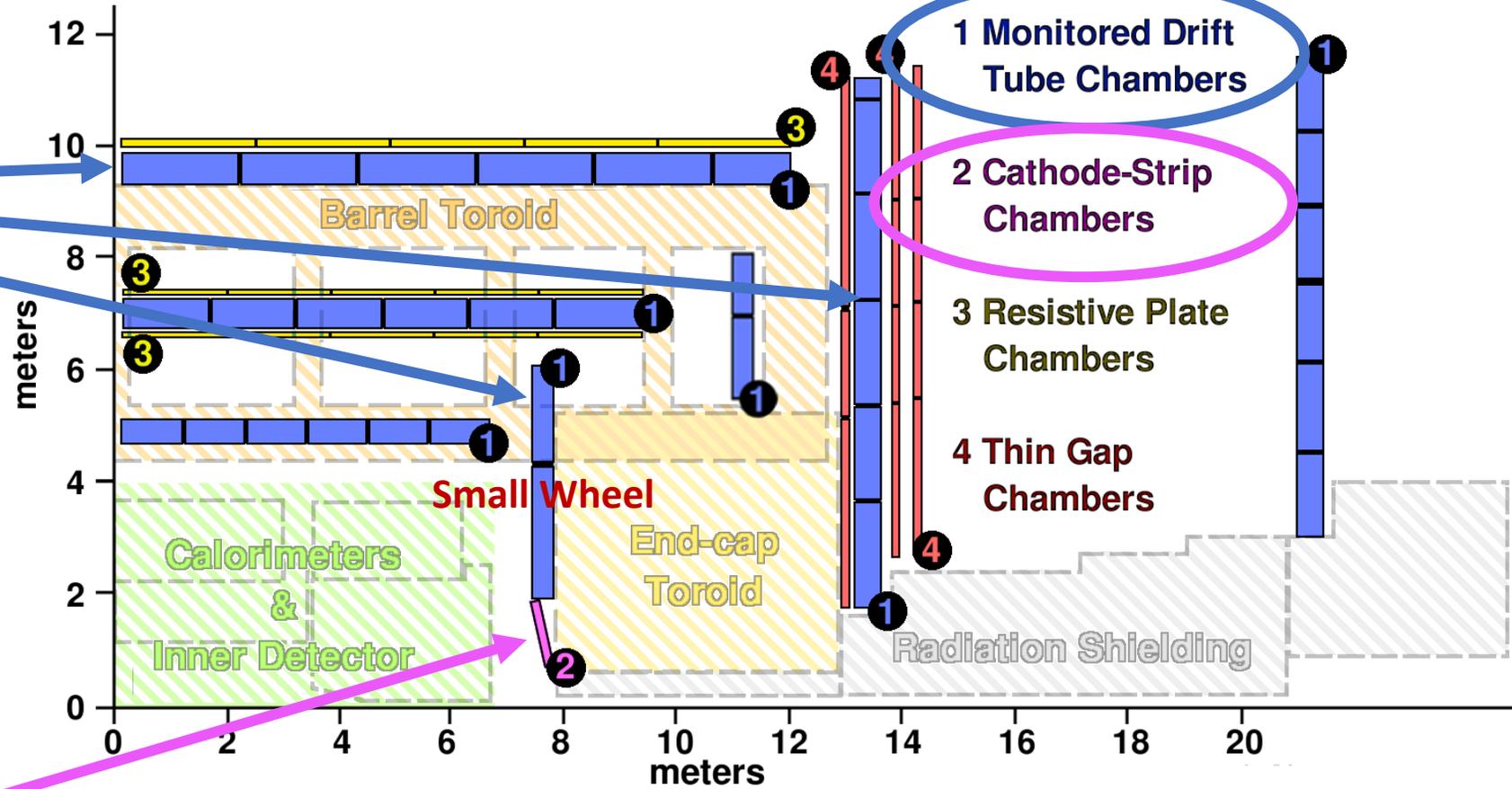
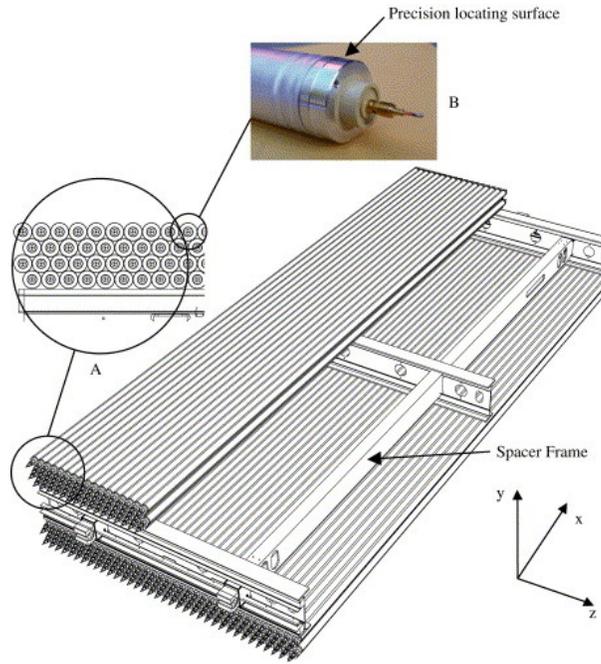


Rivelatore costruito per l'identificazione e ricostruzione di più processi:

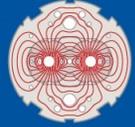
- misura con precisione di quantità del Modello Standard
- ricerca di nuova fisica oltre il Modello Standard



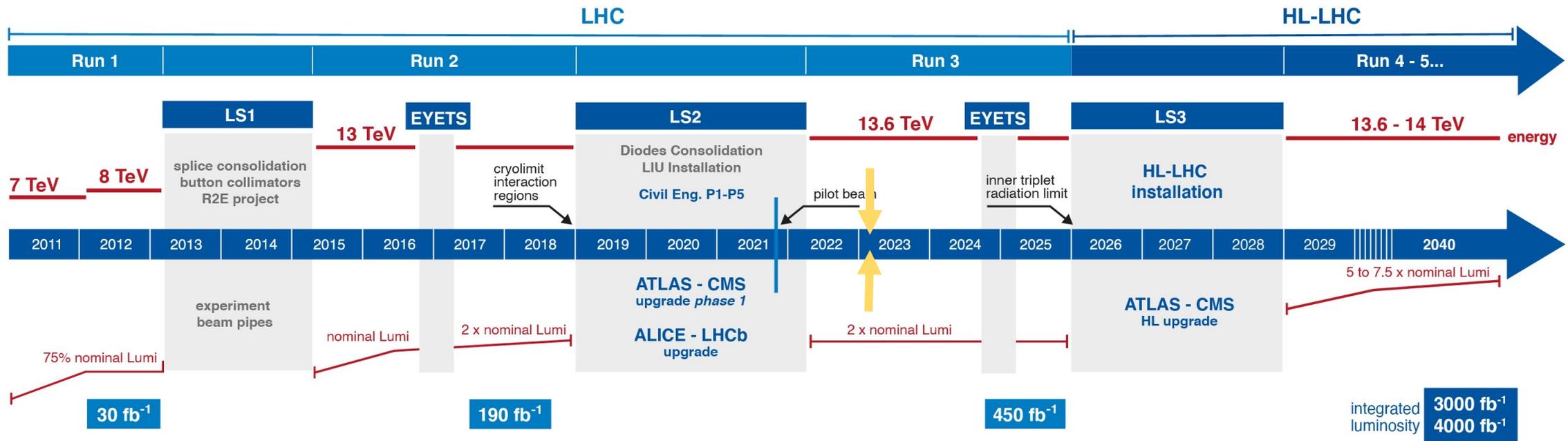
Lo Spettrometro di ATLAS - Run2

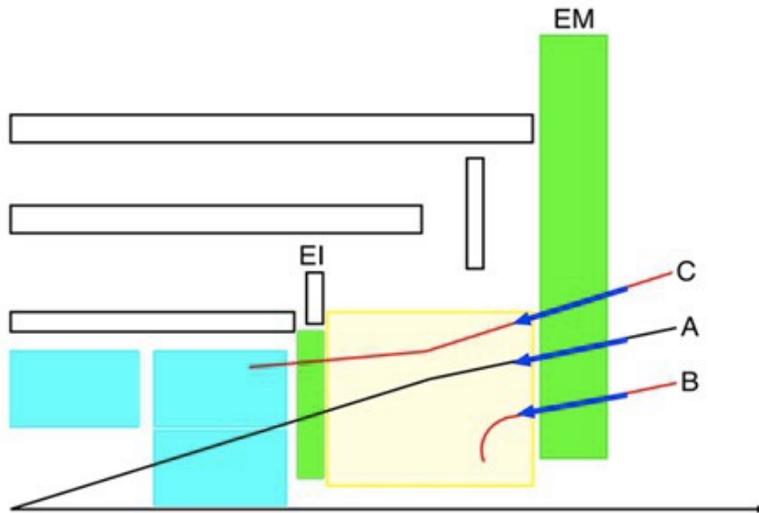


Il Progetto di aggiornamento di LHC



LHC / HL-LHC Plan

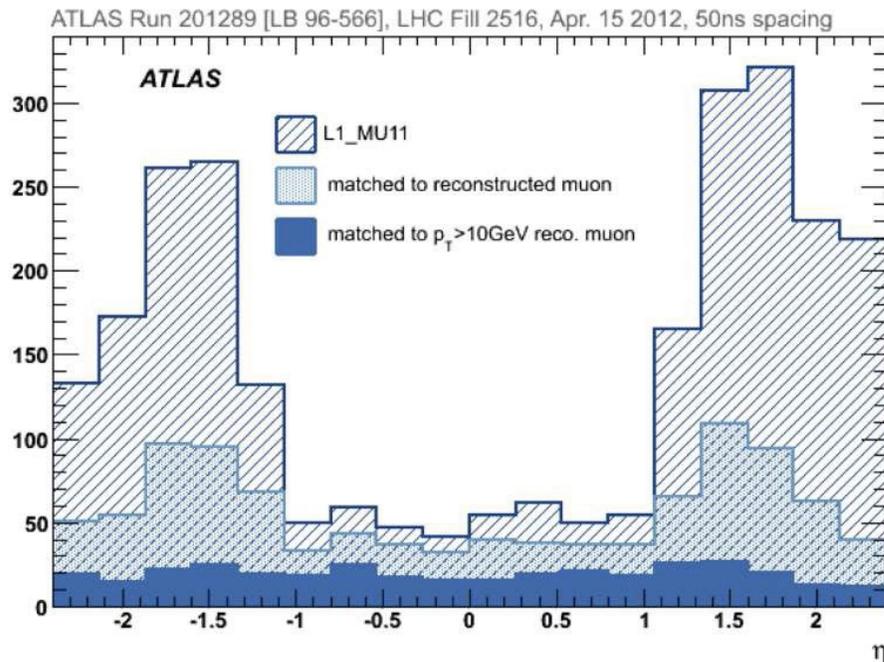




➤ Trigger

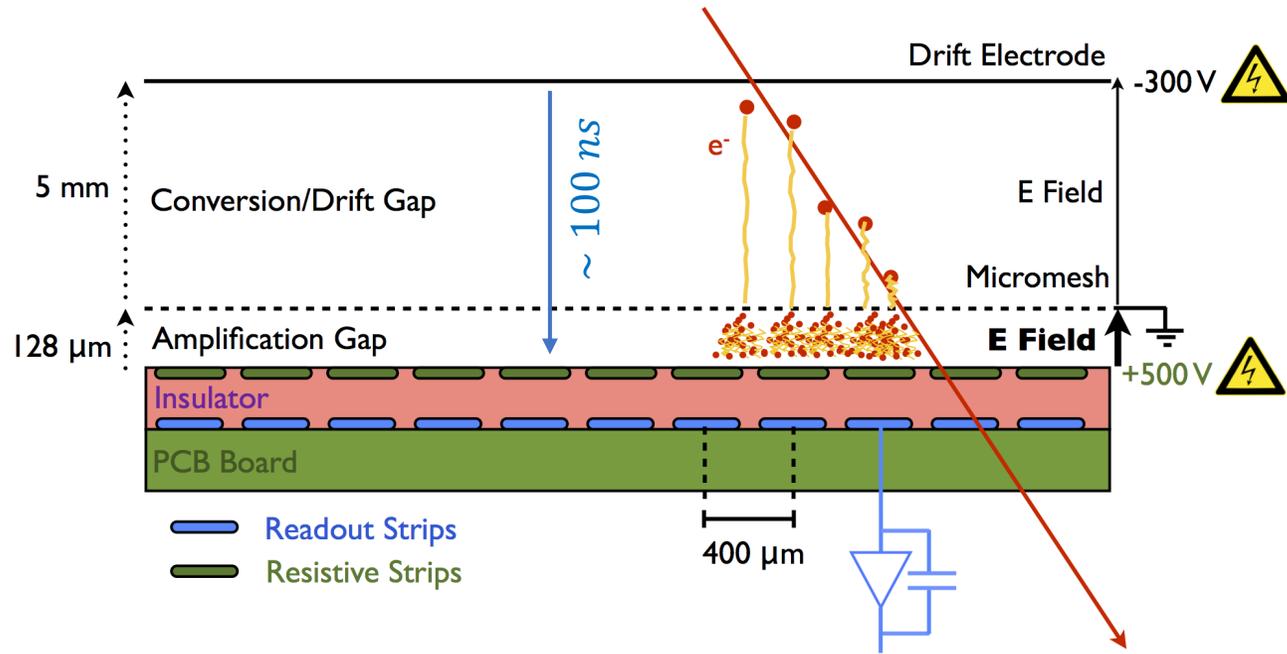
➤ Con la vecchia Small Wheel è impossibile distinguere tra i vari casi:

- A. una traccia alto p_T proveniente dal punto di interazione;
- B. una traccia a basso p_T creata nel toroide
- C. diffusione multipla

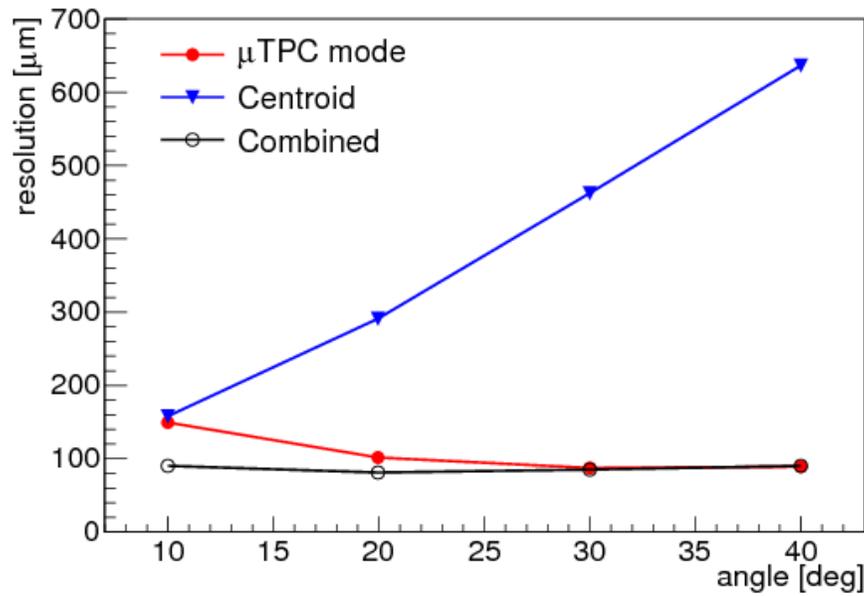


- Il trigger di livello 1 nell'End-Cap è dominato da finti muoni.
- Con $3 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ per il trigger dei muoni, ci aspettiamo una frequenza di $\sim 60 \text{ kHz}$, che supera la larghezza di banda disponibile ($\sim 15\text{kHz}$).
- Segmenti con alta risoluzione di puntamento verso l'IP
- Corrispondenza con i segmenti della Big Wheel

Principio di funzionamento delle camera MicroMegas

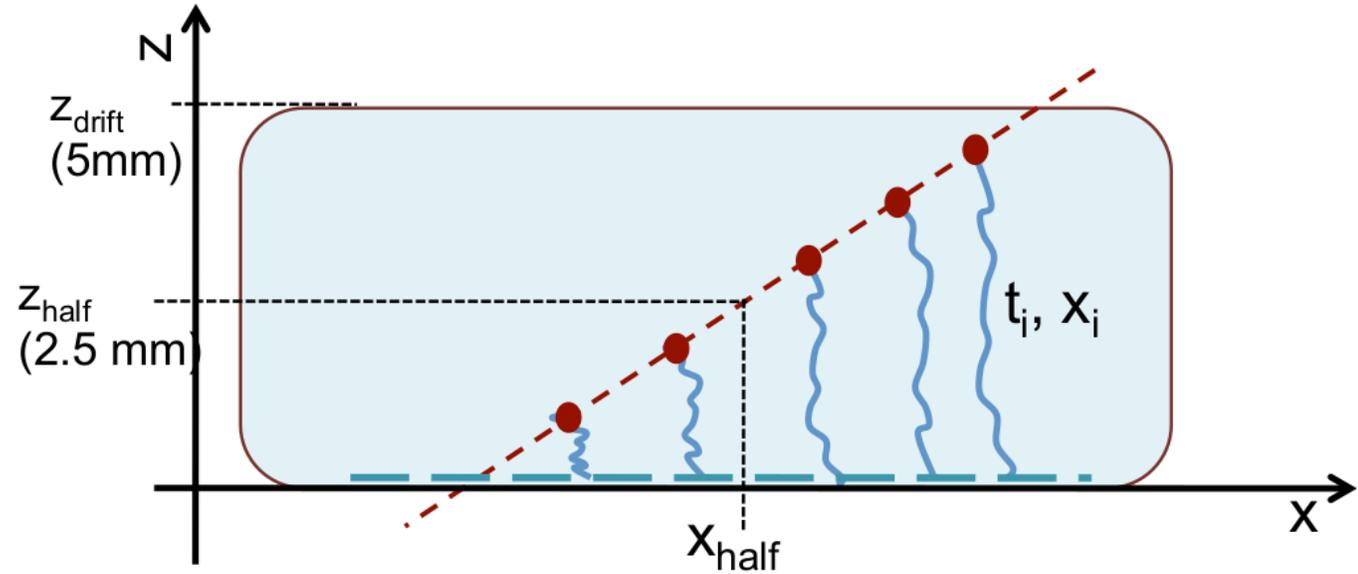
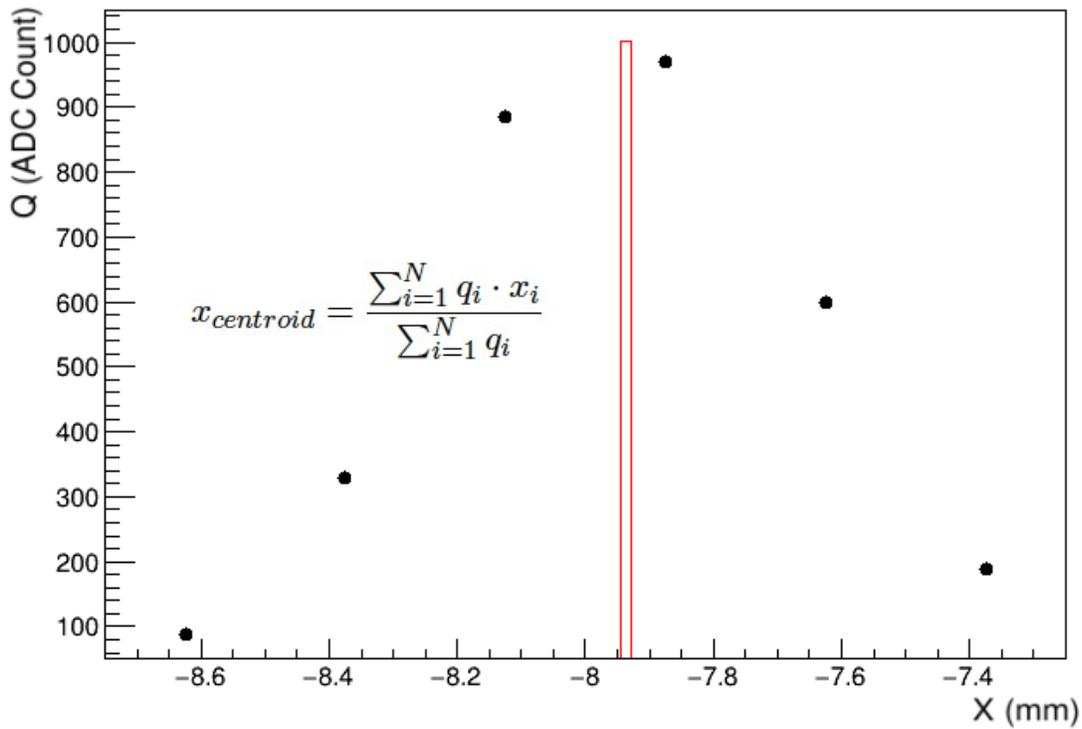


- Piano catodico di deriva
- Regione di conversione (e di deriva) [5 mm] con basso campo elettrico ($E \sim 600 \text{ V/cm}$)
- Rete metallica a terra
- Gap di amplificazione di $128 \mu\text{m}$ (mantenuto alla stessa altezza grazie alla tensione della rete e ai “pilastri” che la sostengono). Campo elettrico elevato ($E \sim 50/60 \text{ kV/cm}$)
- Strisce resistive (per ridurre la probabilità di scarica)
- Strisce di lettura (per leggere il segnale di carica)

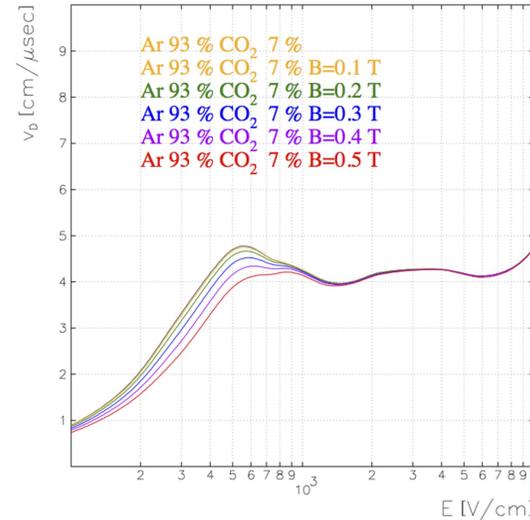
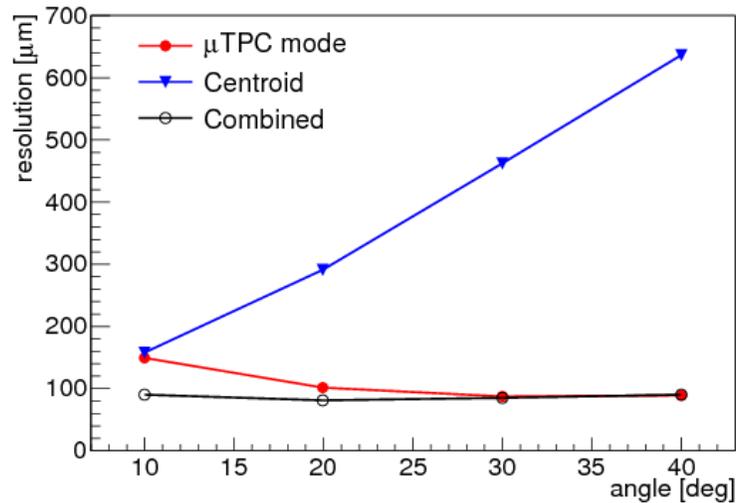


Evacuazione rapida di ioni positivi \Rightarrow capacità ad alto rate
 Due metodi per ricostruire la posizione del muone \Rightarrow risoluzione piatta in funzione dell'angolo ($\sim 100 \mu\text{m}$)

Metodi di ricostruzione della posizione con le MicroMegas



$$Z_{half} = v_{drift} * t$$



Integrazione di un settore

Il Settore MM trasportato da BB5 al bld.191



Integrazione di un settore piccolo



Trasporto sTGC

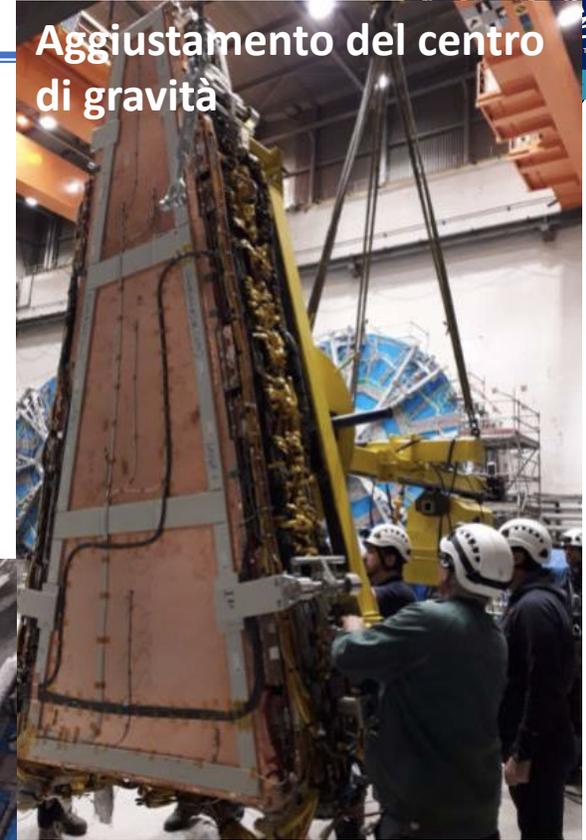
Ultime misure sul settore



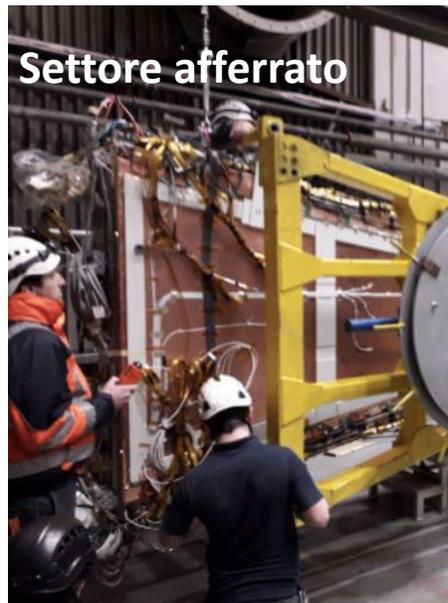
Movimentazione del settore



Aggiustamento del centro di gravità

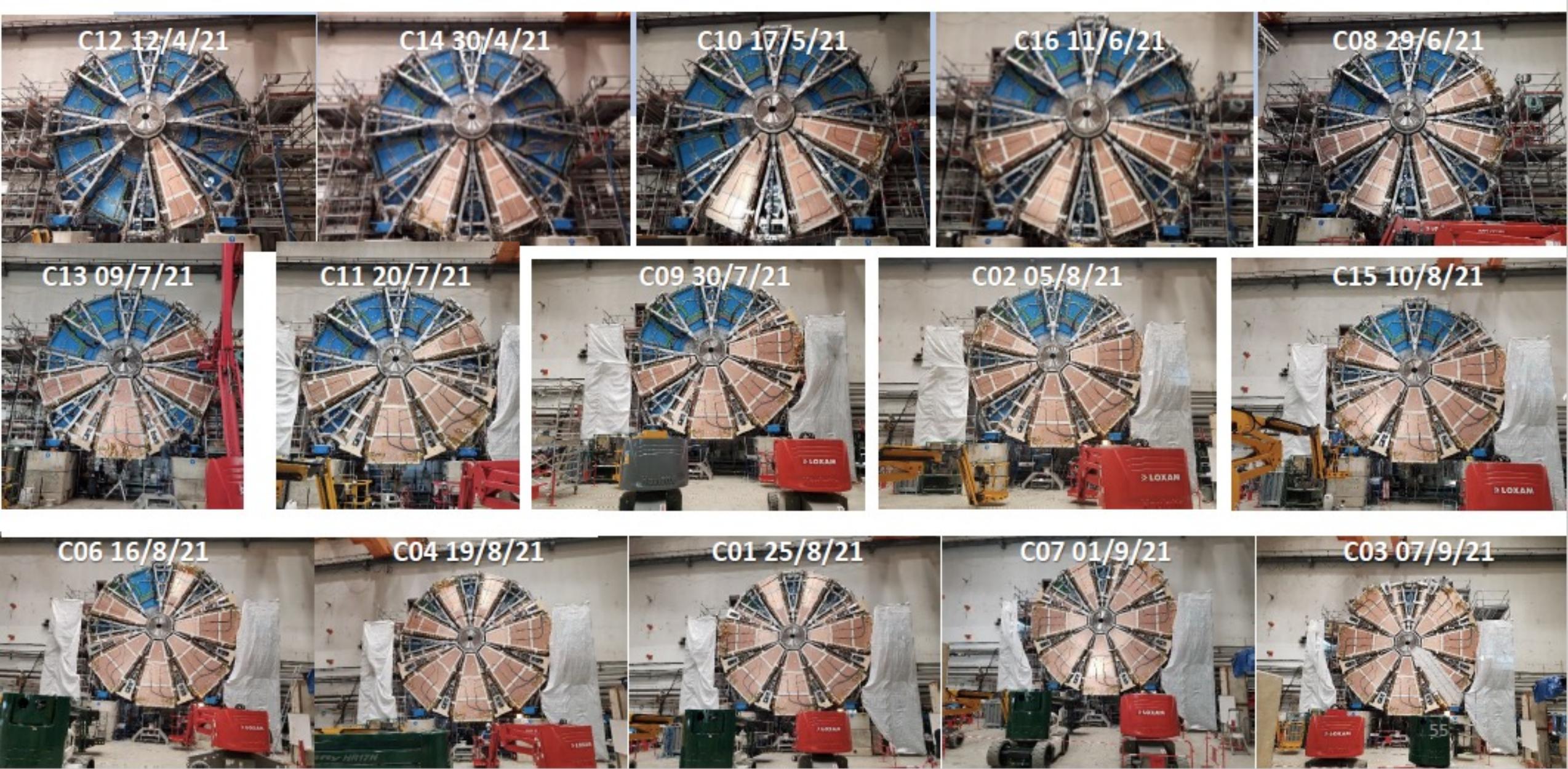


Orientazione angolare

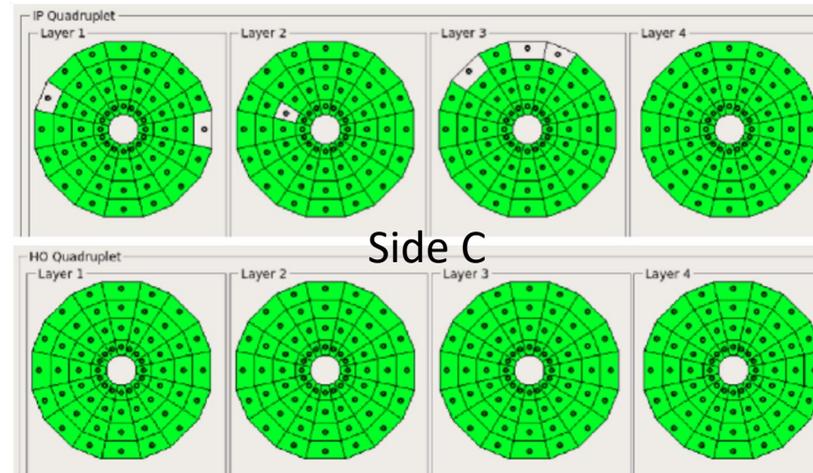
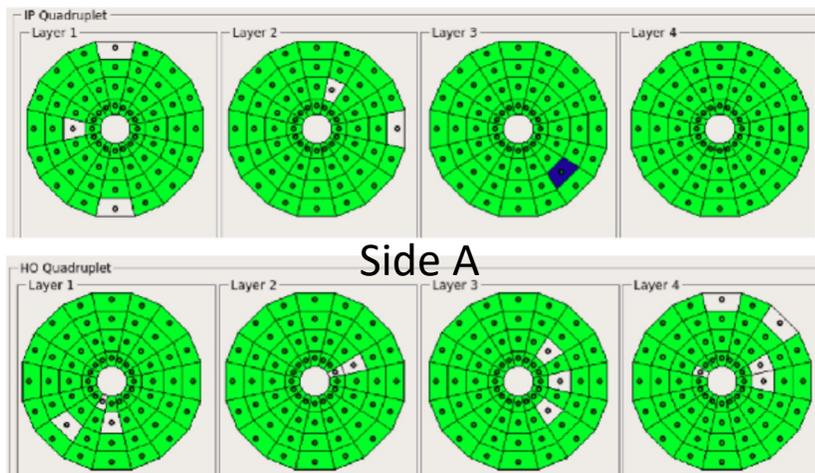
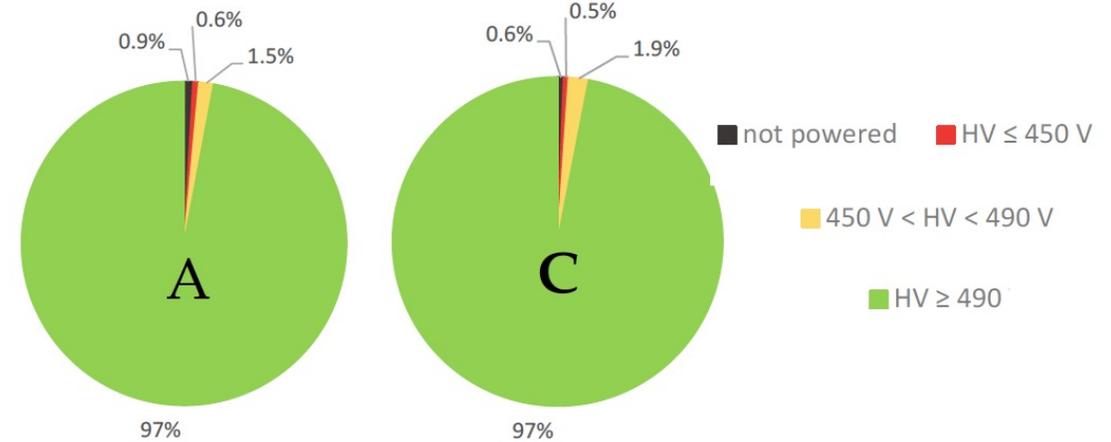
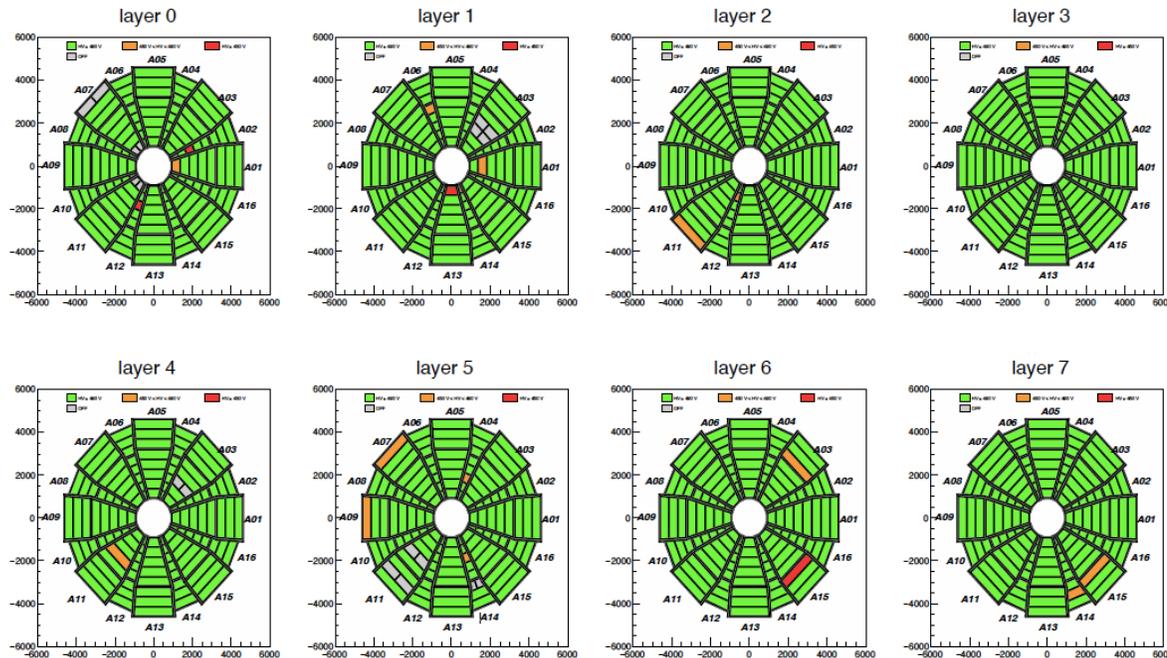


Settore afferrato





Status attuale dell'alta tensione



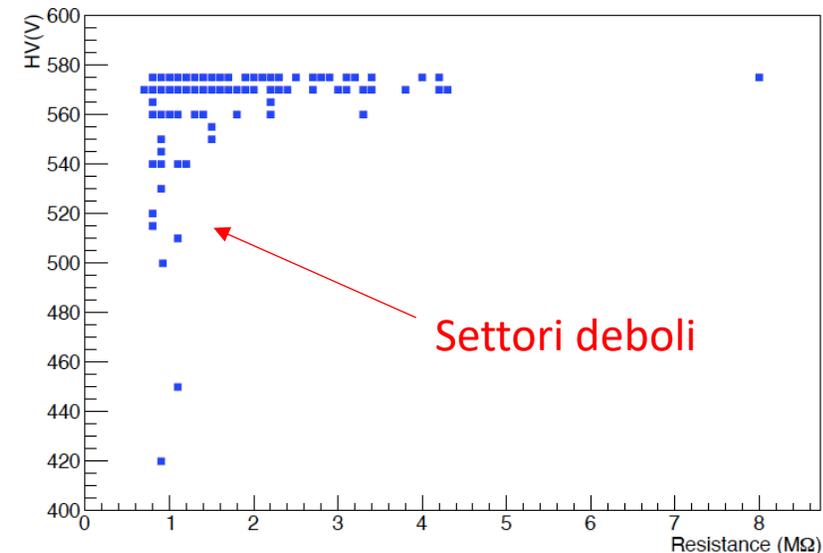
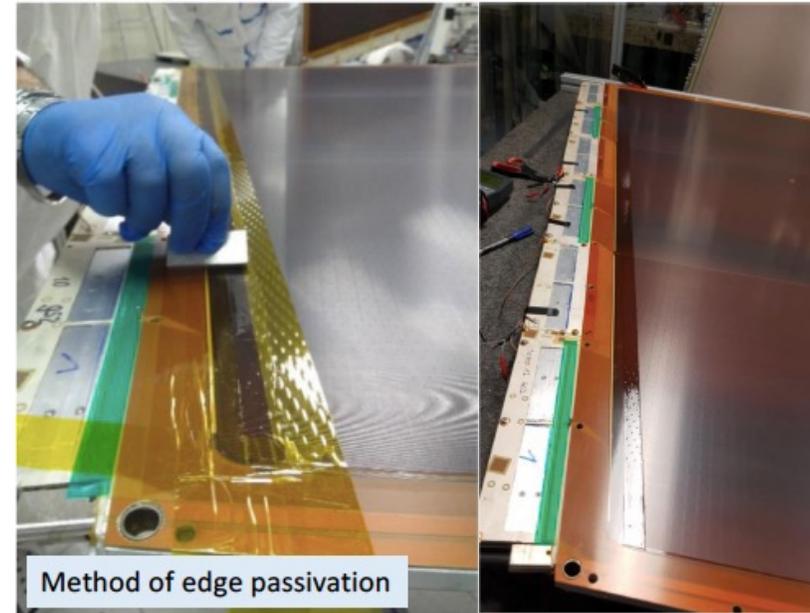
Il 2% (22/1024) delle camere non riesce a funzionare alla tensione nominale

I problemi di alta tensione delle MicroMegas



I principali problemi che incidono sulla stabilità dell'alta tensione sono stati identificati come:

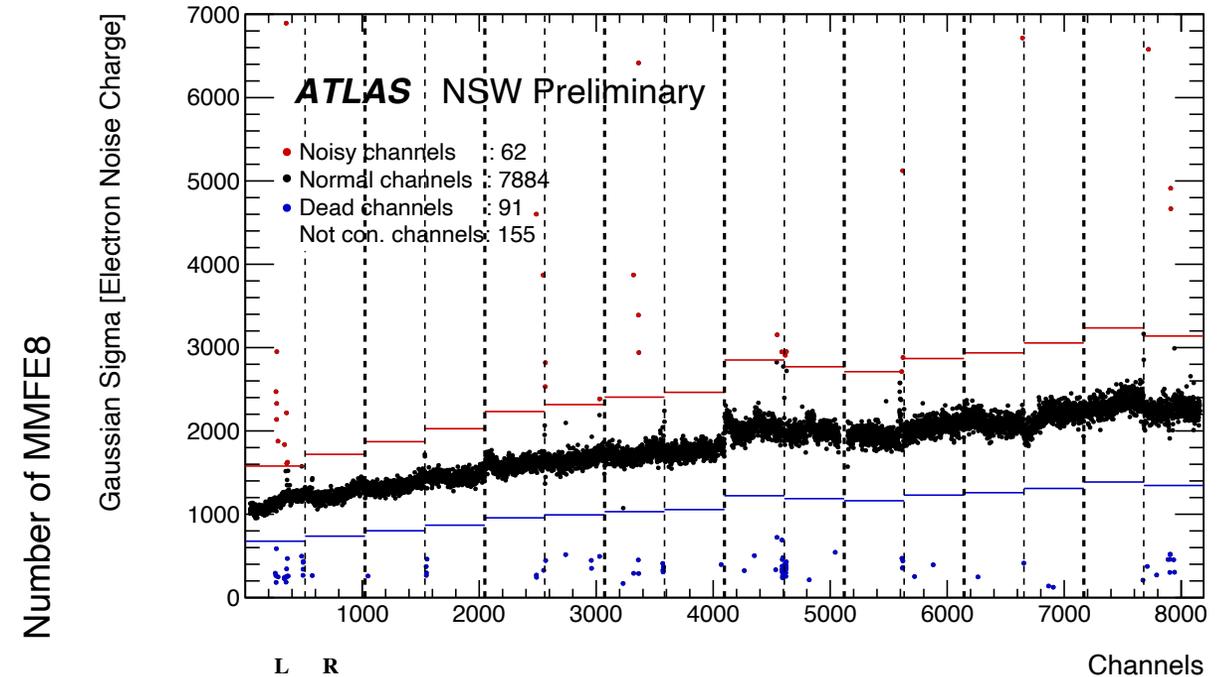
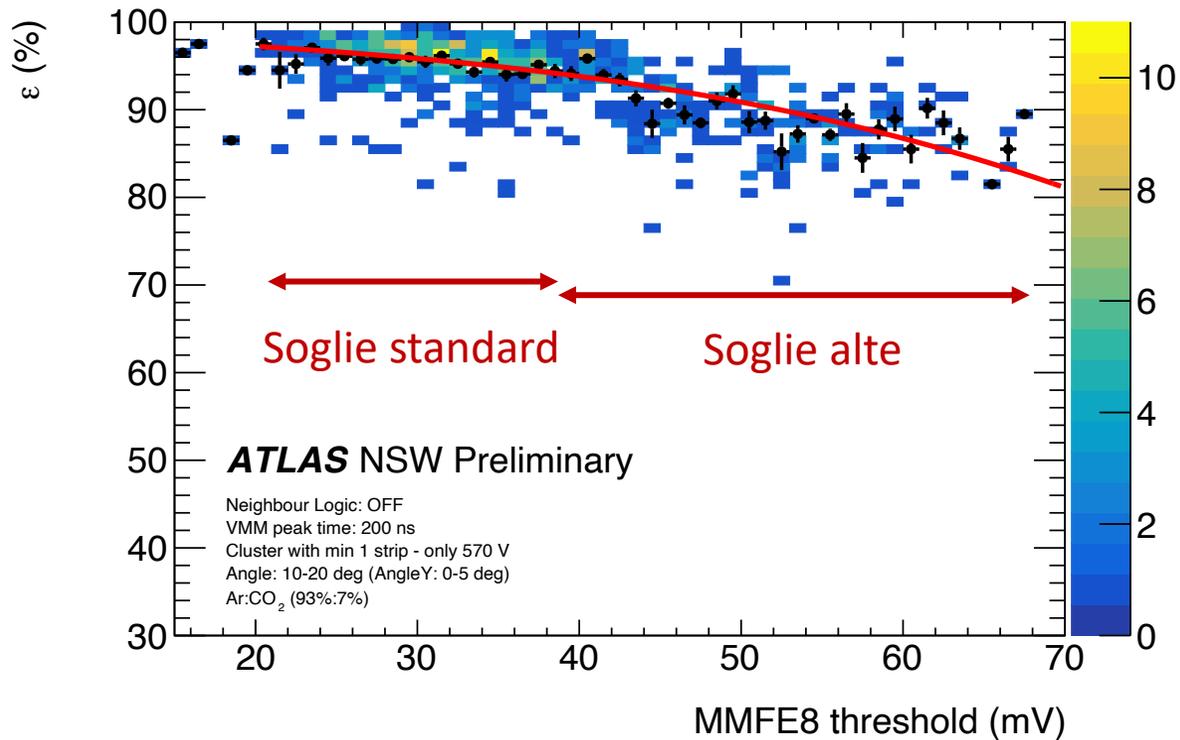
- Contaminazione ionica residua di pannelli e schede dovuta alla lavorazione e alla manipolazione industriale => migliorare le procedure di pulizia.
- Possibili effetti delle imperfezioni meccaniche della rete (mesh) di alluminio => carta vetrata per ridurre le imperfezioni
- Chiara correlazione delle correnti con l'umidità => monitorare l'umidità e aumentare il flusso
- Bassa resistenza dello strato resistivo:
 - Forte dipendenza dal layout (problema di progettazione)
 - Chiara correlazione tra settori difettosi tensione e resistenza minima => passivazione dei bordi
- Nuova miscela del gas
- Nuovo schema per la distribuzione della tensione con 3x canali per gestire separatamente i canali deboli

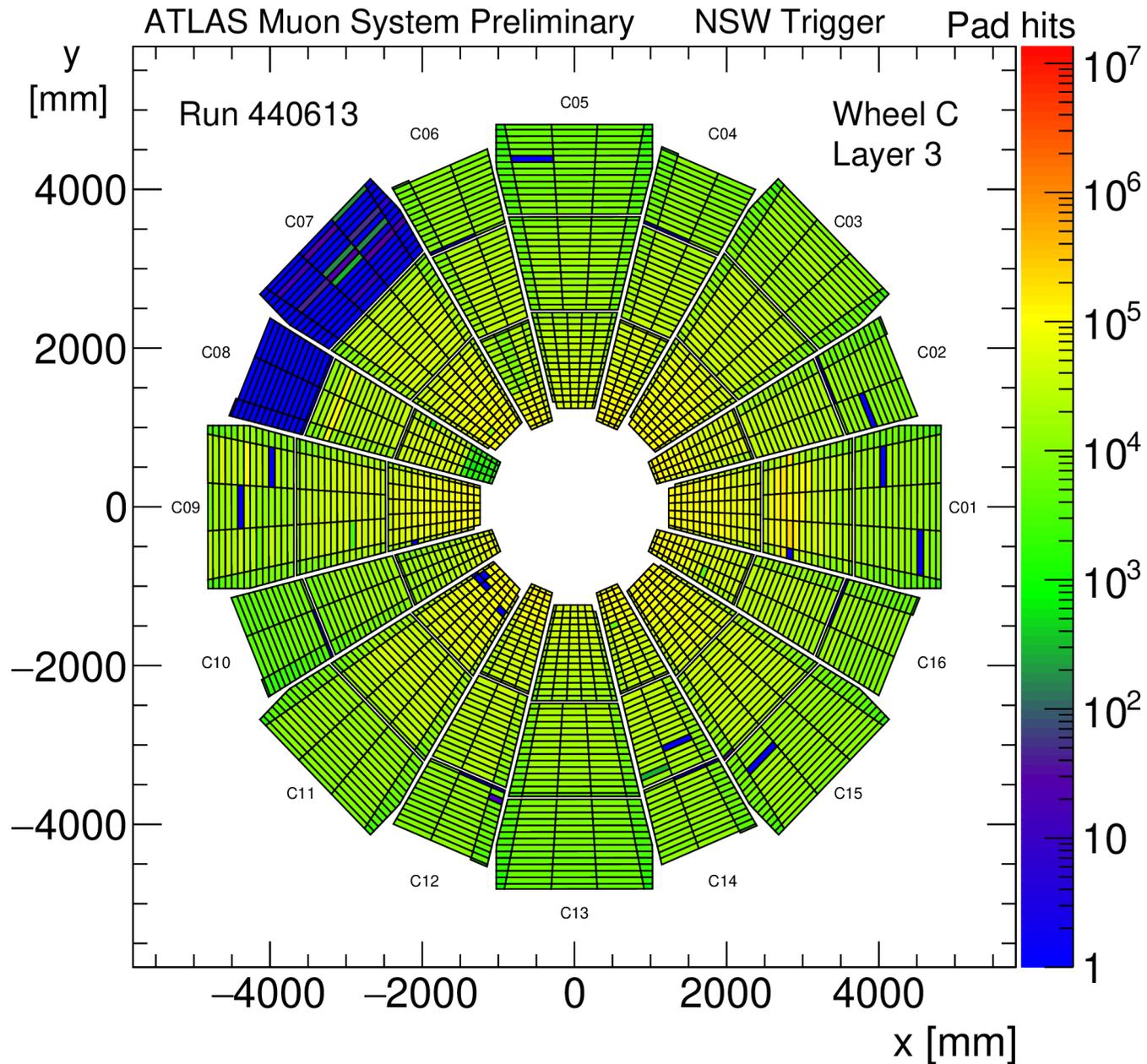


Performance delle MicroMegas – Rumore



- Il rumore aumenta con il numero del canale a causa degli effetti capacitivi tra le strisce (previsto).
- Studi effettuati presso lo stand di raggi cosmici (situazione controllata) mostrano che aumentando le soglie di carica delle strisce, l'effetto sull'efficienza del singolo piano è trascurabile.





- L'occupazione delle pad delle sTGC durante durante uno dei run di ATLAS.
- Le aree con un'occupazione significativamente più bassa possono avere diverse cause, tra cui un'alta tensione ridotta, problemi nell'elettronica del front-end e problemi nella lettura del pad.