

Stato della produzione delle camere GEM per l'esperimento CMS al Large Hadron Collider

L. Benussi^a, S. Bianco^a, R. Campagnola^a, M. Caponero^{a,b}, S. Colafranceschi^c,
S. Meola^{a,d}, E. Paoletti^a, L. Passamonti^a, D. Piccolo^a, D. Pierluigi^a, A. Russo^a, G. Saviano^{a,e},
R. Tesaro^a

➤ **In vista dell'aumento di luminosità previsto per HL-LHC (3000 fb⁻¹ di luminosità integrata), le prestazioni di trigger e identificazione dei muoni di CMS saranno fondamentali. E' necessario estendere l'accettanza nella regione $1.6 < |\eta| < 2.4$, posizionando nuove camere GEM GE2/1 con una rate capability richiesta di 2 kHz/cm², risoluzione temporale di 8-10 ns e una risoluzione angolare di almeno 500 μrad**

➤ **Le GEM sono fogli di Kapton spessi 50 μm, con un deposito di rame di 5 μm con una matrice di canali di moltiplicazione elettronica. Mettendo in cascata i fogli, si può contenere l'amplificazione per singolo stadio, evitando scariche ma mantenendo guadagni elevati (~10⁴)**



Schema del posizionamento in CMS dei moduli GE2/1

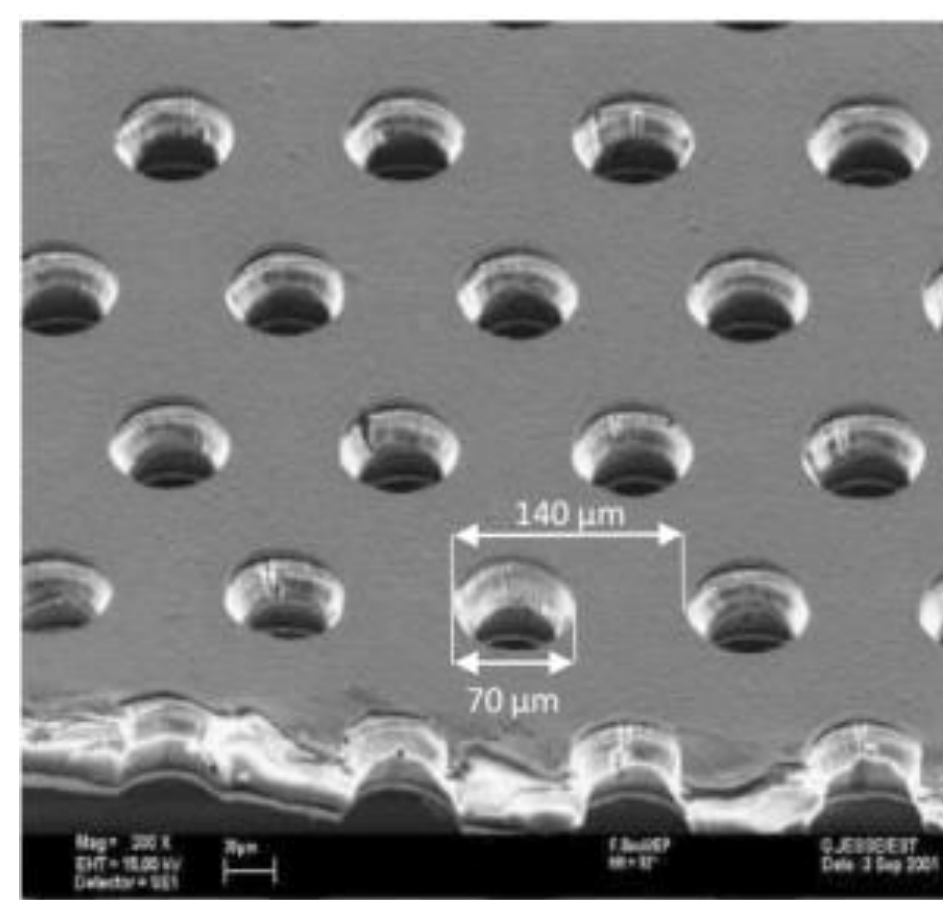
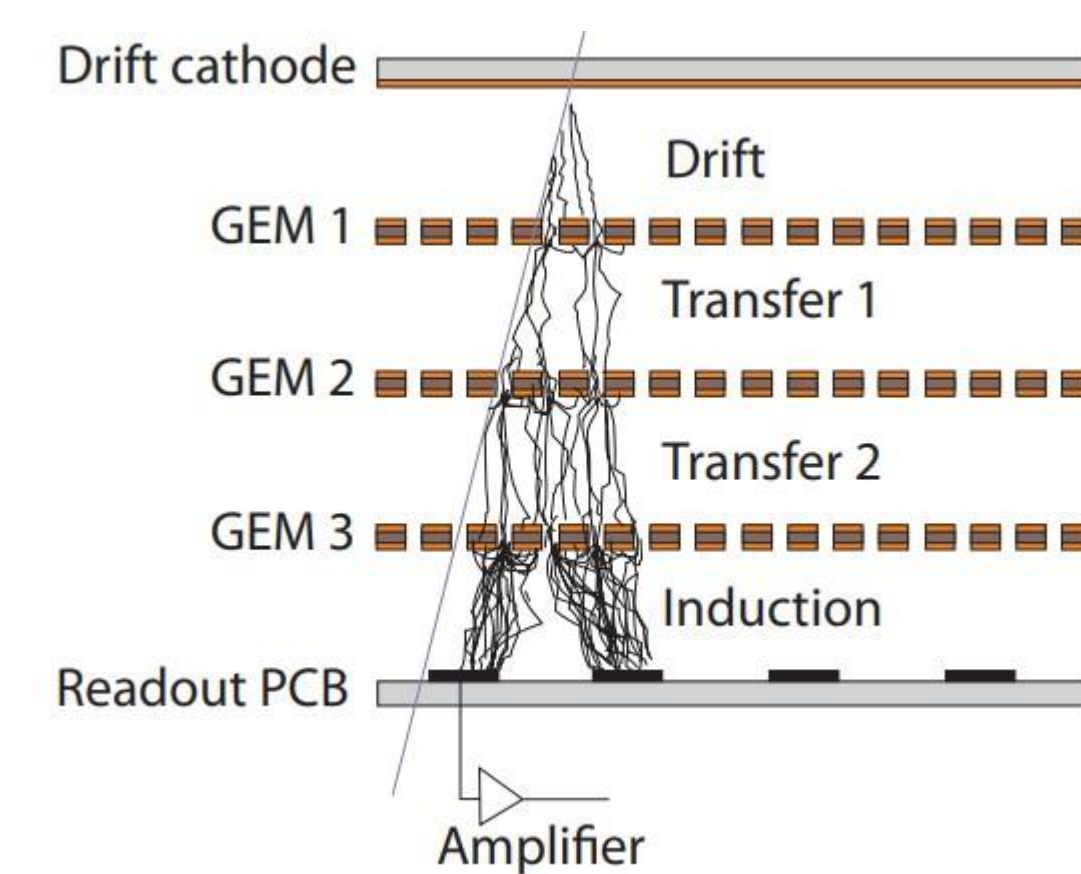


Foto al microscopio di un foglio GEM



Schema di un rivelatore a tripla-GEM.

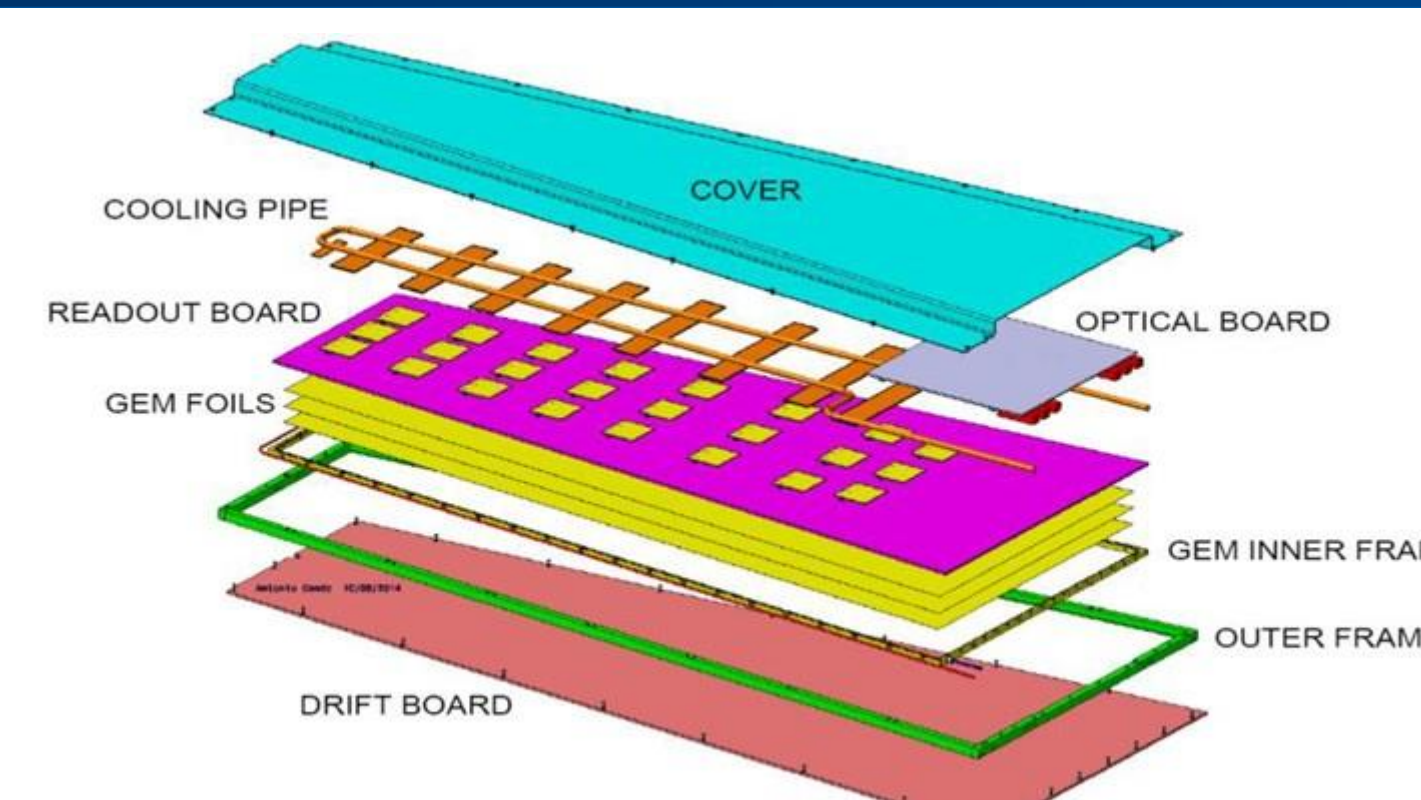
Struttura dei moduli GE2/1

➤ **Il rivelatore è costituito da una pila di tre fogli GEM inseriti tra un elettrodo di deriva e un elettrodo di lettura, tenuti insieme da un telaio (frame) esterno. All'interno del volume viene immessa una miscela di Ar/CO₂ (70:30).**

➤ **Le tre GEM sono impilate ai loro bordi usando sottili frame interni. I fogli GEM sono segmentati in strip per proteggerli da danni irreversibili, riducendo l'energia rilasciata da un'eventuale scarica. I moduli sono divisi in 12 settori composti da 128 strip ciascuno.**

➤ **Per allungare le GEM e mantenere una sufficiente tensione meccanica, si usano viti stringenti inserite negli inserti (pull-out) sui frame interni.**

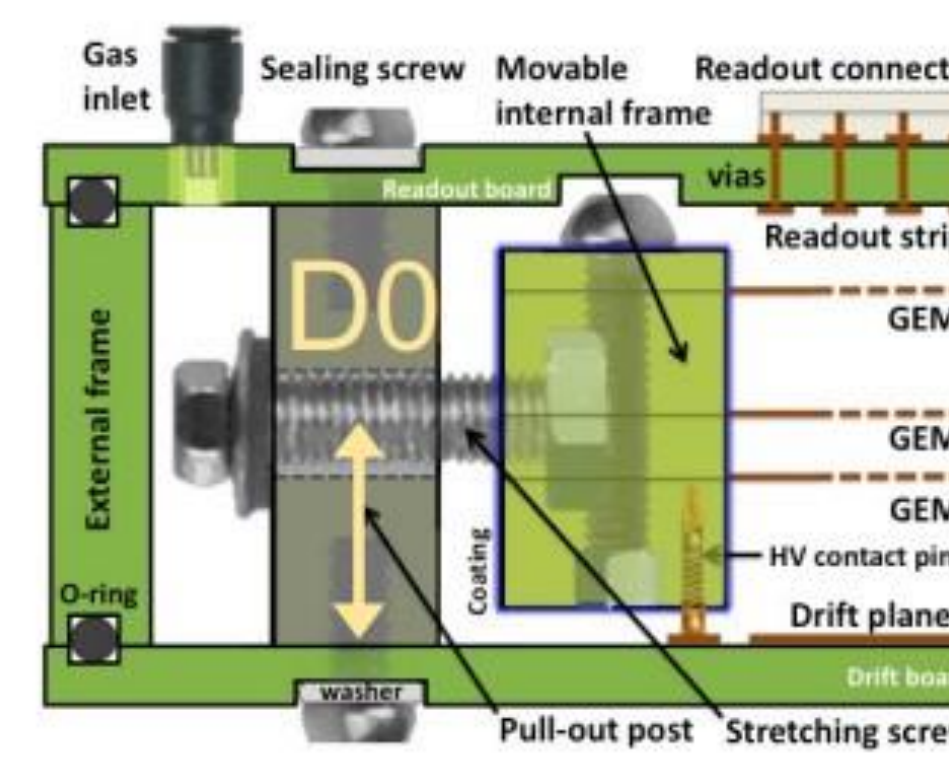
➤ **E' prevista la costruzione di 72 camere (36 per endcap); ogni camera è formata da 4 moduli di differenti dimensioni.**



Esplosione di un modulo GE2/1

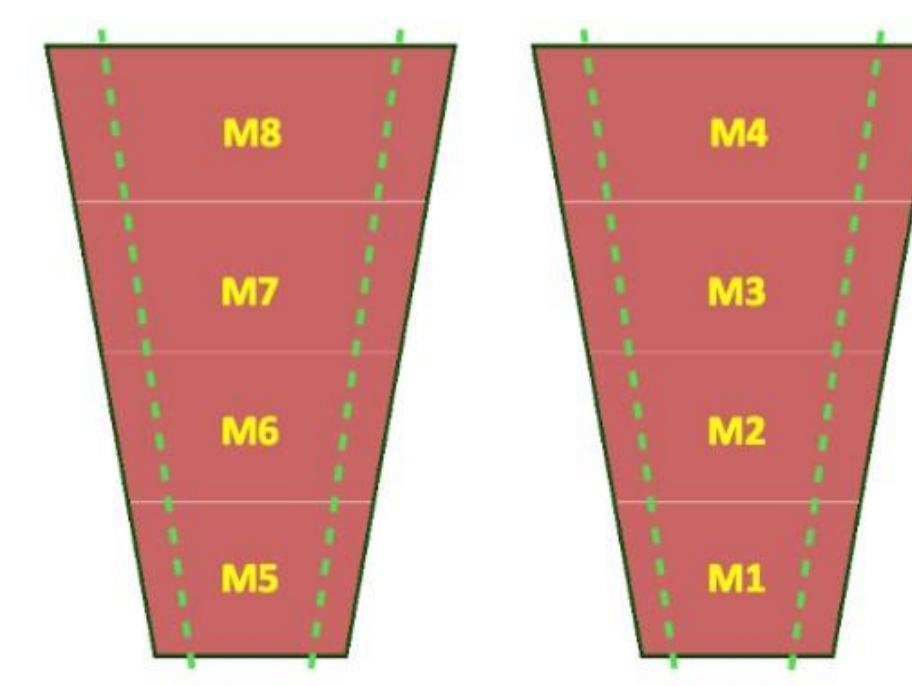


Posizionamento dei fogli sullo stack



Tecnica di tensionamento (sx)

Schema dei 4 tipi di moduli (dx)



Assemblaggio e Controlli Qualità

➤ **I moduli sono assemblati in parte al CERN, in parte presso siti esterni (Frascati, Bari, Ghent, Pechino).**

➤ **Dopo i Controlli Qualità sui singoli componenti presso il CERN (CQ1&CQ2), i kit sono inviati presso i siti di produzione per l'assemblaggio.**

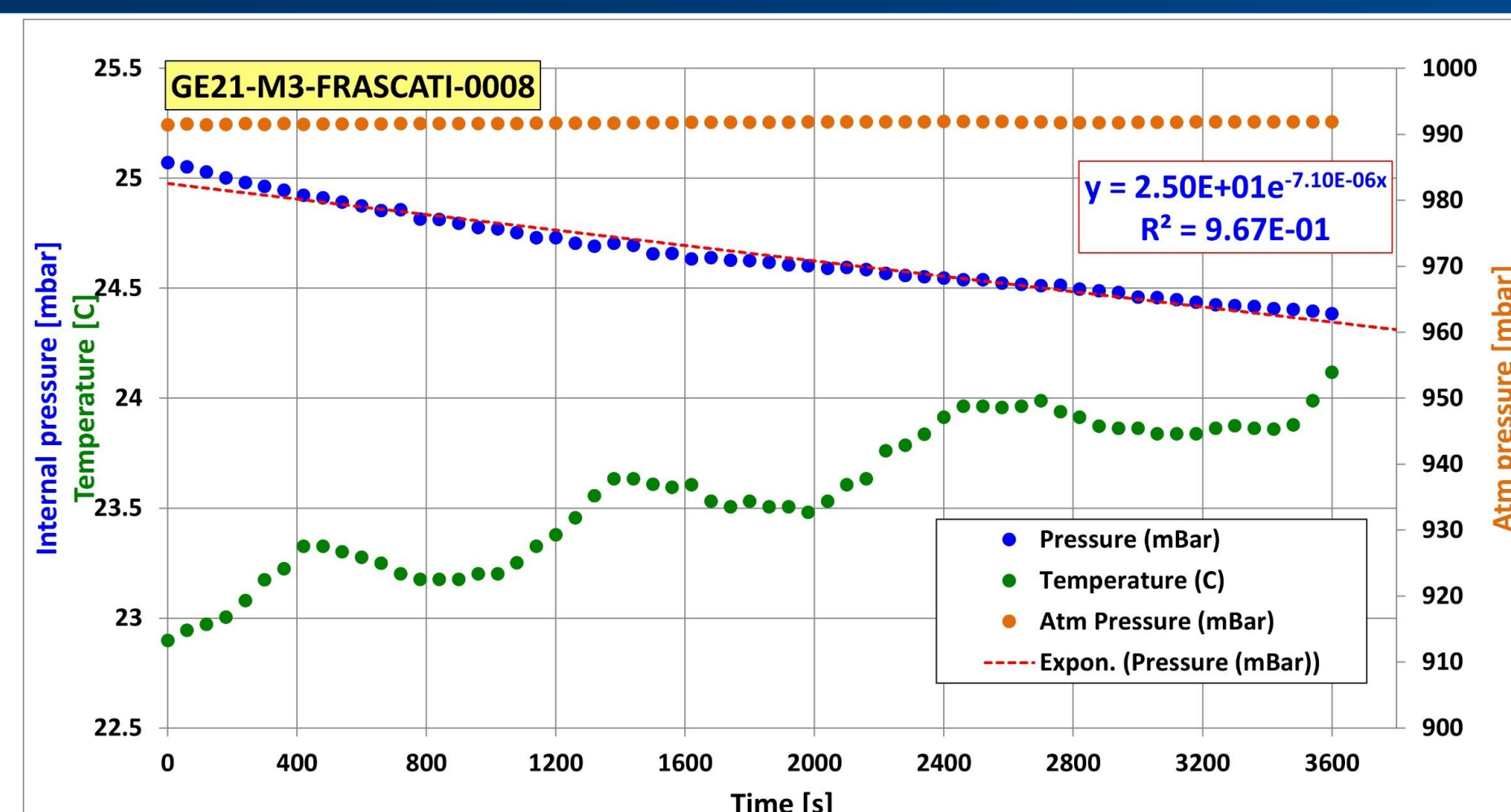
➤ **Dopo la fase di assemblaggio, iniziano i test di Controllo Qualità dei moduli:**

• **CQ3: test di tenuta gas, si monitora la caduta di pressione presente all'interno del modulo in funzione del tempo (ammesso max Δp(t) < 7mbar/h).**

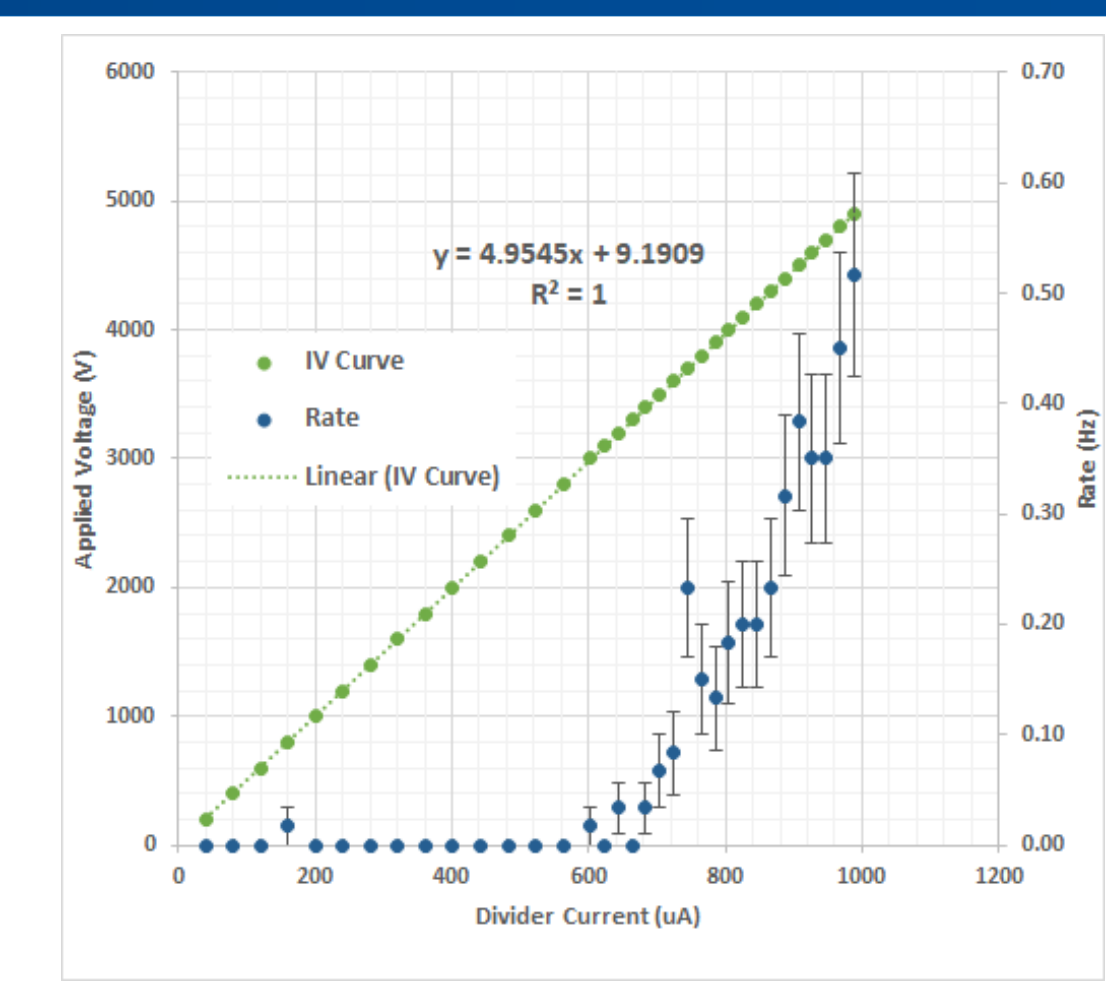
• **CQ4: si determina la caratteristica I-V del rivelatore, per identificare eventuali malfunzionamenti e difetti nel circuito HV che alimenta il modulo.**

• **CQ5: misura del guadagno effettivo in funzione della corrente fornita al modulo e dell'uniformità di guadagno su tutto il rivelatore, utilizzando un fascio di raggi X per irraggiare tutti i settori di cui è composto il modulo.**

➤ **I moduli sono inviati al CERN per i Controlli di Qualità finali sull'elettronica e per la validazione delle performance del modulo (CQ6,CQ7,CQ8).**

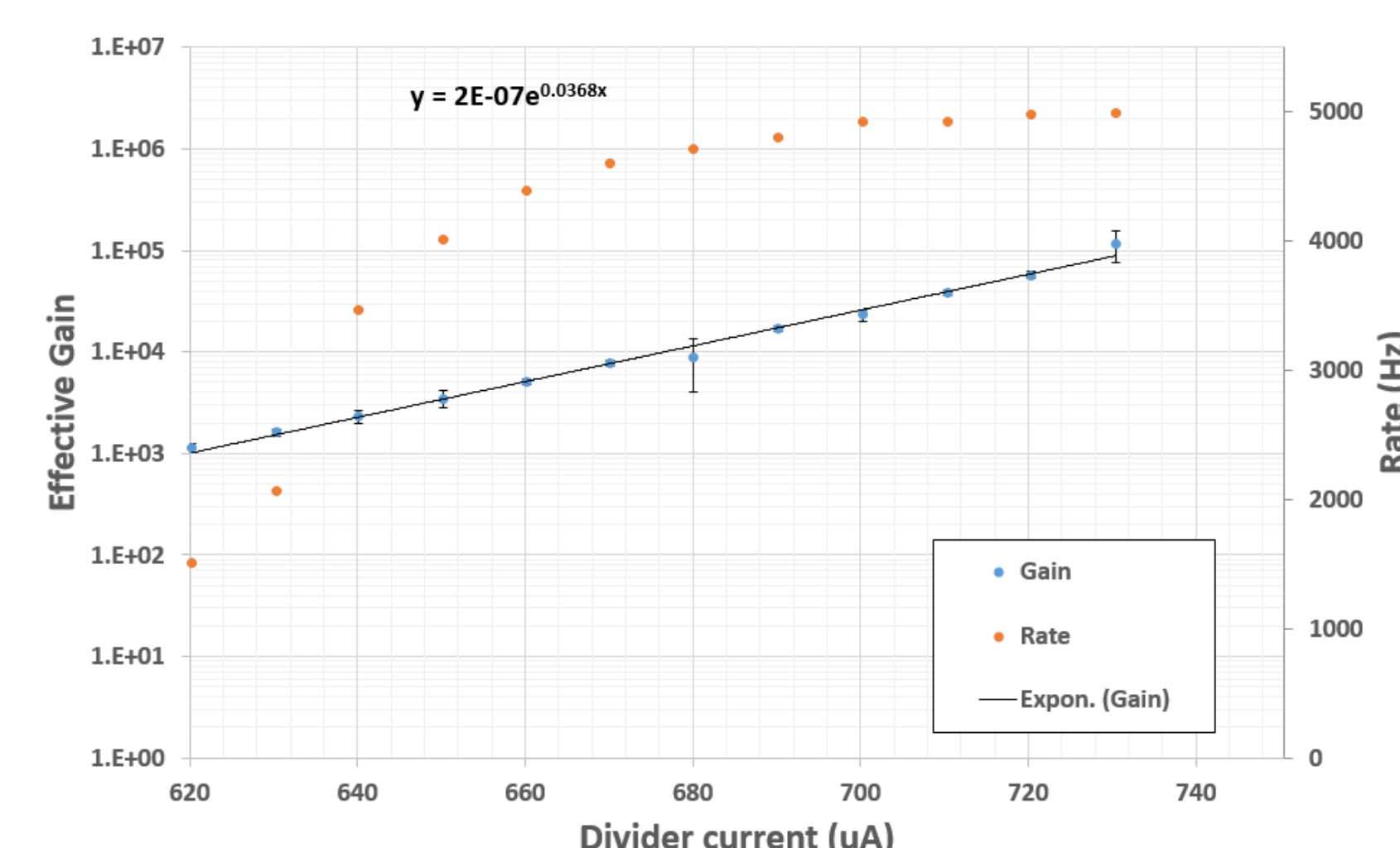


CQ3: andamento di pressione interna al modulo, pressione e temperatura atmosferica in funzione del tempo



CQ4: Caratteristica I-V del modulo

CQ5: Guadagno effettivo in funzione della corrente
Guadagno di esercizio: 1-2 x 10⁴



Stato attuale e programmazione futura

➤ **Al momento sono stati assemblati 51 moduli (10 M1, 10 M2, 9 M3, 10 M4, 6 M5, 5 M6, 1 M8) di cui 41 presso il CERN e 10 presso i siti di Frascati e Bari.**

➤ **Il gruppo di Frascati ha contribuito all'implementazione dei sensori ottici FBG (Fiber Bragg Grating) usati per il controllo della temperatura di esercizio, un parametro critico per l'efficienza del rivelatore.**

La produzione delle camere GEM continuerà fino alla fine del 2024. Ad essa seguirà la fase di montaggio su CMS