

# Attività del gruppo CMS Napoli

---

Agostino De Iorio per il gruppo CMS Napoli

Istituto Nazionale Fisica Nucleare  
Università degli studi di Napoli "Federico II"

## Associazione scientifica

- Buontempo Salvatore (DR)
- Cagnotta Antimo (PhD)
- Carnevali Francesco (PhD)
- Cavallo Nicola (PO)
- De Iorio Agostino (AR)
- Fabozzi Francesco (PA)
- Iorio Alberto Orso Maria (RTDB)
- Lista Luca (PO)
- Paolucci Pierluigi (DR)
- Rossi Biagio (R)

## Responsabilità

- S. Buontempo “RPC Project Manager” (L2)
- P. Paolucci “CMS Engagement Office Head” (L1)
- F. Carnevali “Responsible of tools for background studies” (L4)

## Servizi

- Boiano Alfonso
- Cassese Francesco
- Passeggio Giuseppe
- Roscilli Lorenzo
- Vanzanella Antonio

## Laureandi 2022

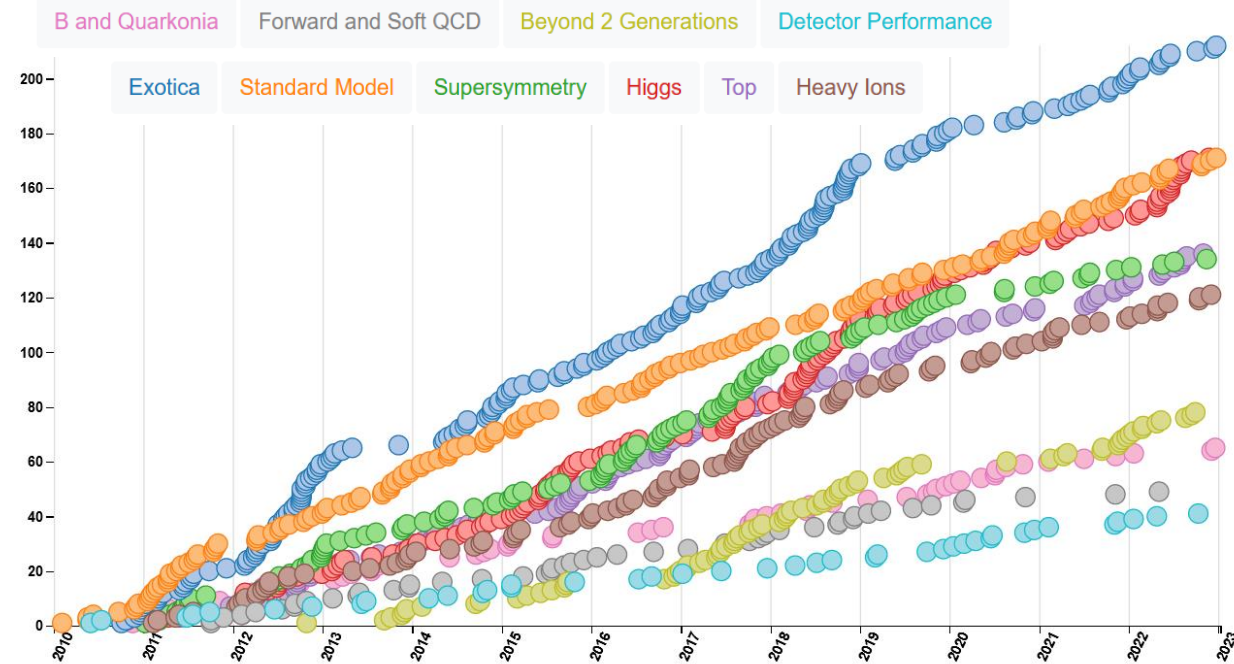
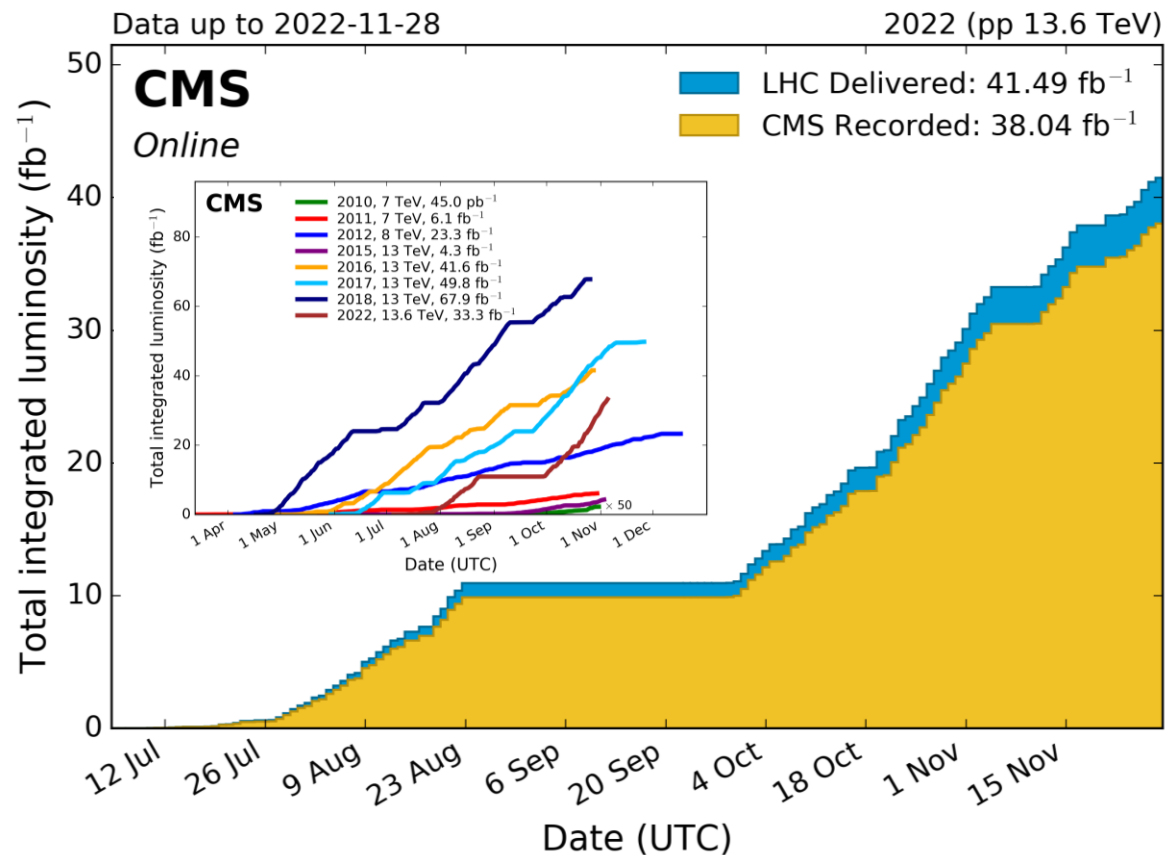
- 3 triennali
- 1 magistrale

Maggiori info sulla pagina:  
[CMS Napoli](#)

# Highlights da CMS

L'attività di Run 3 è iniziata a Luglio ed è terminata il 28 Novembre

Efficienza di raccolta dati: ~92%



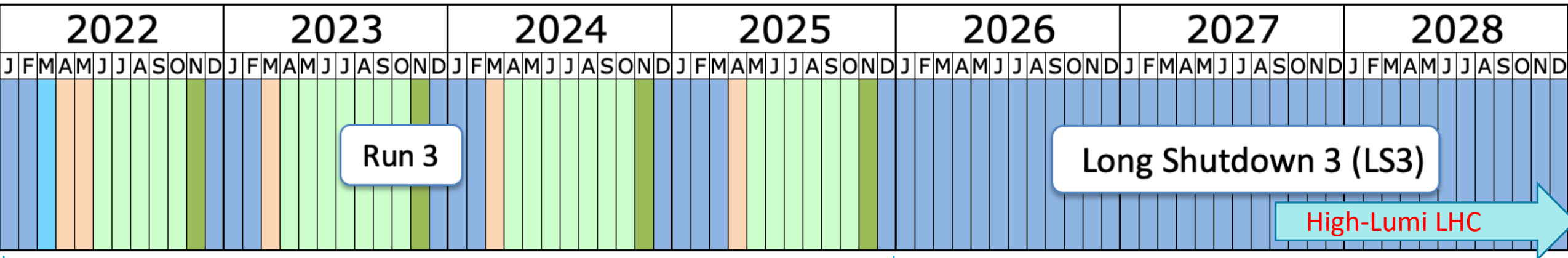
CMS ha sottomesso un totale di 1178 al 27/12/2022

Prima misura alla nuova energia:

- First measurement of the top quark pair production cross section in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13.6$  TeV

[link](#)

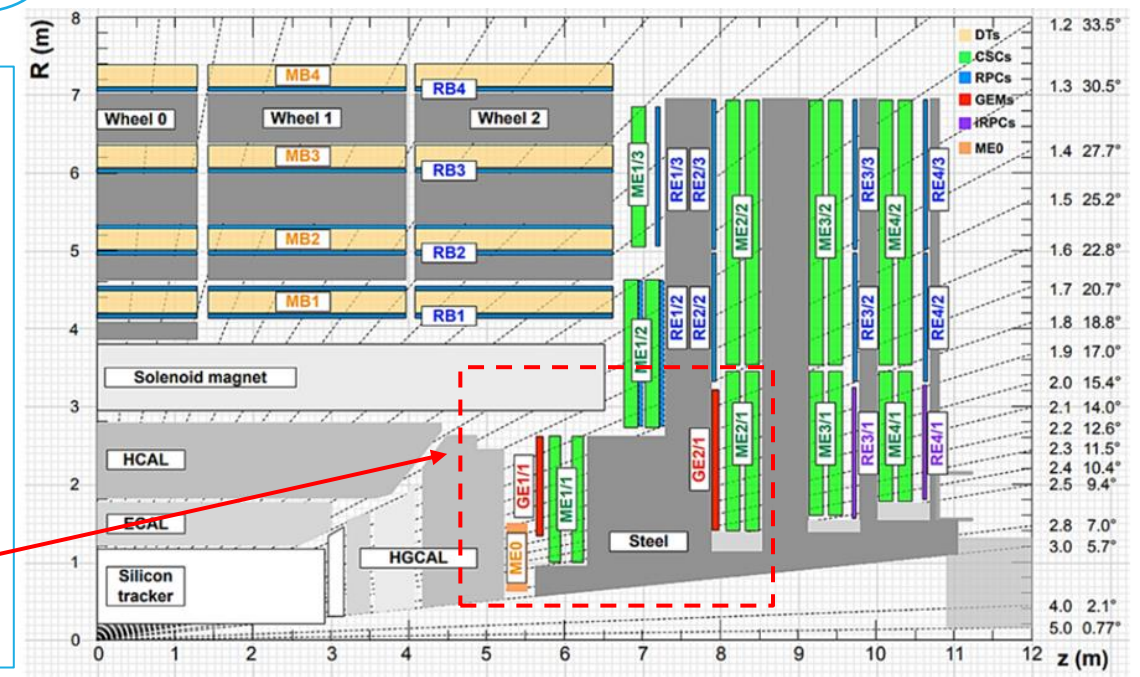
# Piani futuri di CMS a LHC



- Presa dati per altri 3 anni
- Per il 2023 la ripresa delle attività è prevista per Aprile fino ad ottobre con interazioni pp
- Ci si aspetta di raccogliere:
  - 60 fb per il 2023
  - 300 fb per il Run 3

- Shutdown/Technical stop
- Protons physics
- Ions

- Installazione di nuovi sistemi di rivelatori per una migliore ricostruzione degli eventi
- Tra gli altri due nuovi sistemi per la rivelazione di muoni



# Overview delle attività di analisi del gruppo di Napoli

## Nella collaborazione CMS:

- Search for single T production in  $tZ(\nu\nu)$  decay mode **Publicata** (A100)  
→ Francesco F., Orso [JHEP 2205 \(2022\) 093](#)
- Search for  $W'$  boson in  $tb$  final states **In review** (A100)  
→ Agostino, Orso
- Search for T VLQ in  $tH/tZ$  final states **In corso** (A100)  
→ Francesco C., Orso
- Search of DM in  $top+invisible$  final states **In corso** (A100)  
→ Antimo



## Con gruppi teorici:

- The Radiative Flavor Template at the LHC: Lepton non-universality and  $g-2$  [arXiv:2210.07131](#)  
→ Orso, Agostino, Francesco C., Antimo, R. Calabrese, S. Morisi, F. Sannino, G. Cacciapaglia
- Top-flavor scheme in the context of  $W'$  searches at LHC [Phys.Rev.D 104 \(2021\) 055006](#)  
→ Orso, Agostino, Francesco C., Antimo, R. Calabrese. S. Morisi et al.

# Ricerca di nuova fisica: il VLQ T

Cos'è un vector-like-quark T?

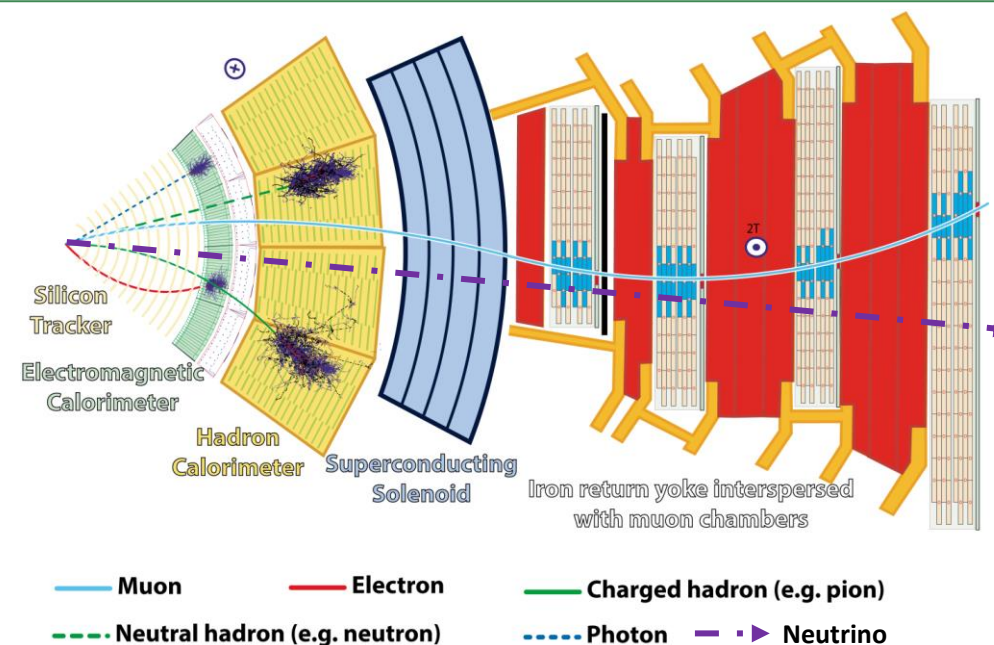
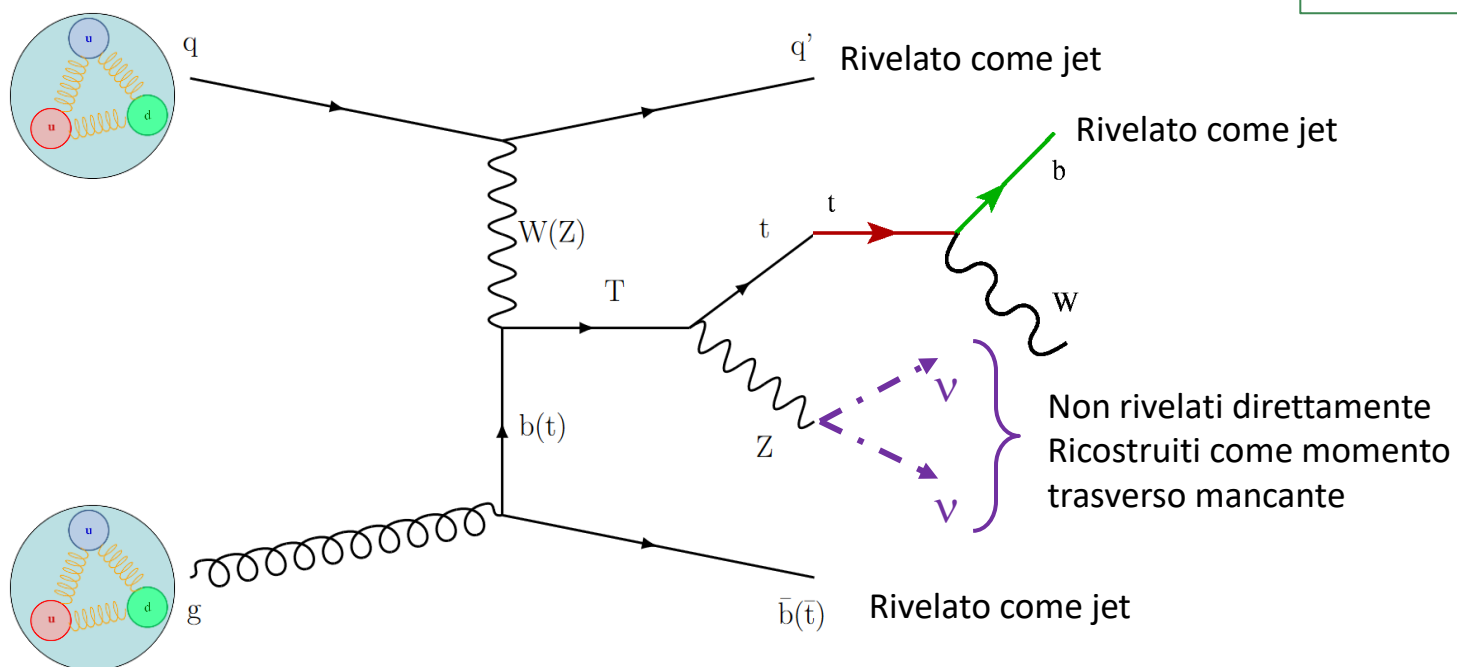
- Particella **ipotetica**
- Stesse **proprietà fisiche** (spin, carica elettrica, colore) dei **quark del MS**
- **Entrambe le componenti chirali** interagiscono **allo stesso modo** nelle interazioni deboli



Un possibile segnale di nuova fisica previsto da numerosi modelli teorici

I modelli non prevedono la massa e altre proprietà di questa nuova particella

Ci aspettiamo che possa essere prodotta (on-shell) a LHC se la sua massa non supera l'energia nel centro di massa pp



# Ricerca per la produzione di un T singolo in tZ(vv)

## Tipica strategia di analisi per ricerca di nuova fisica ad LHC

Ricostruzione dell'evento

La massa della particella T viene ricostruita nel piano trasverso alla direzione dei fasci pp

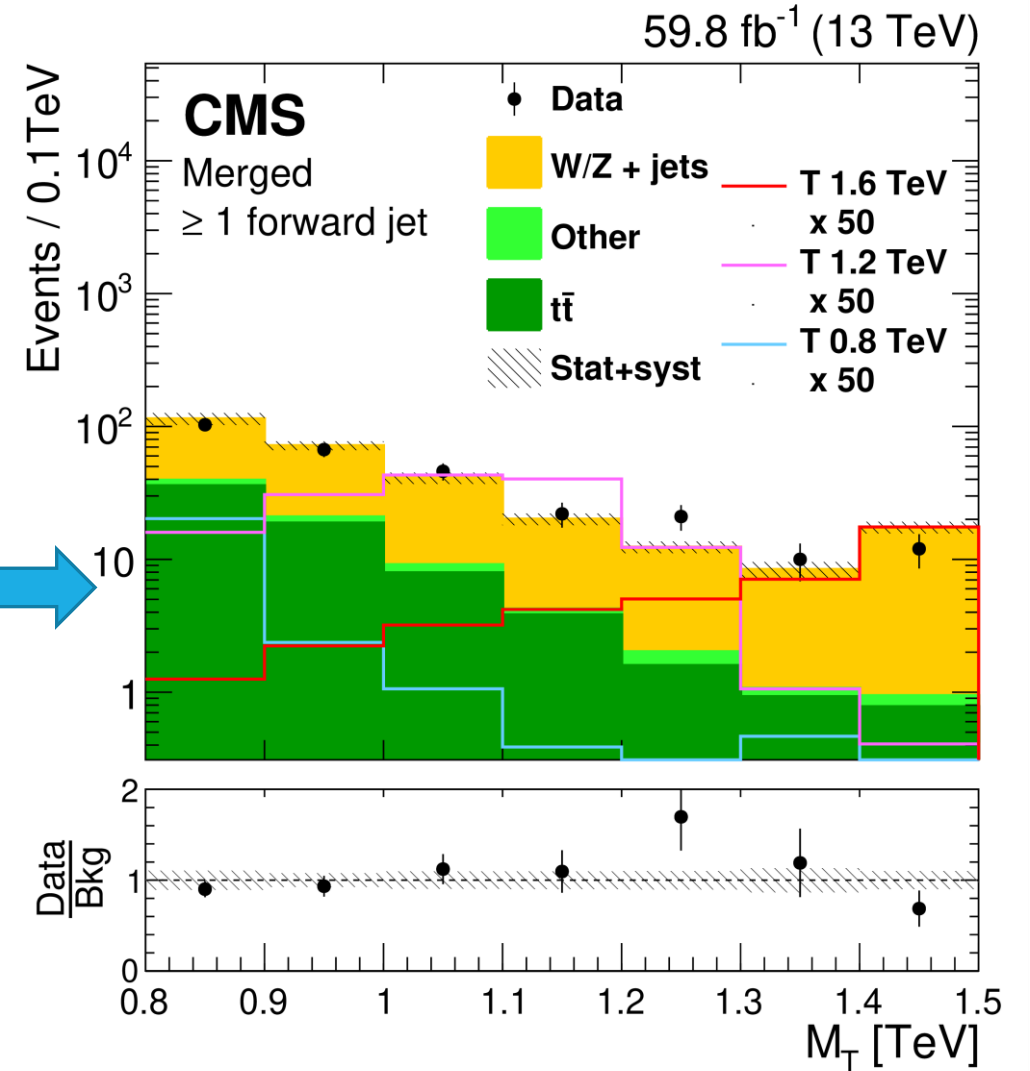
$$M_T = \sqrt{2p_T^t p_T^{\text{miss}} (1 - \cos \Delta\phi_{t, \vec{p}_T^{\text{miss}}})}$$

Confronto Dati-MC

I dati vengono confrontati con la predizione del MS

Fit e upper limit

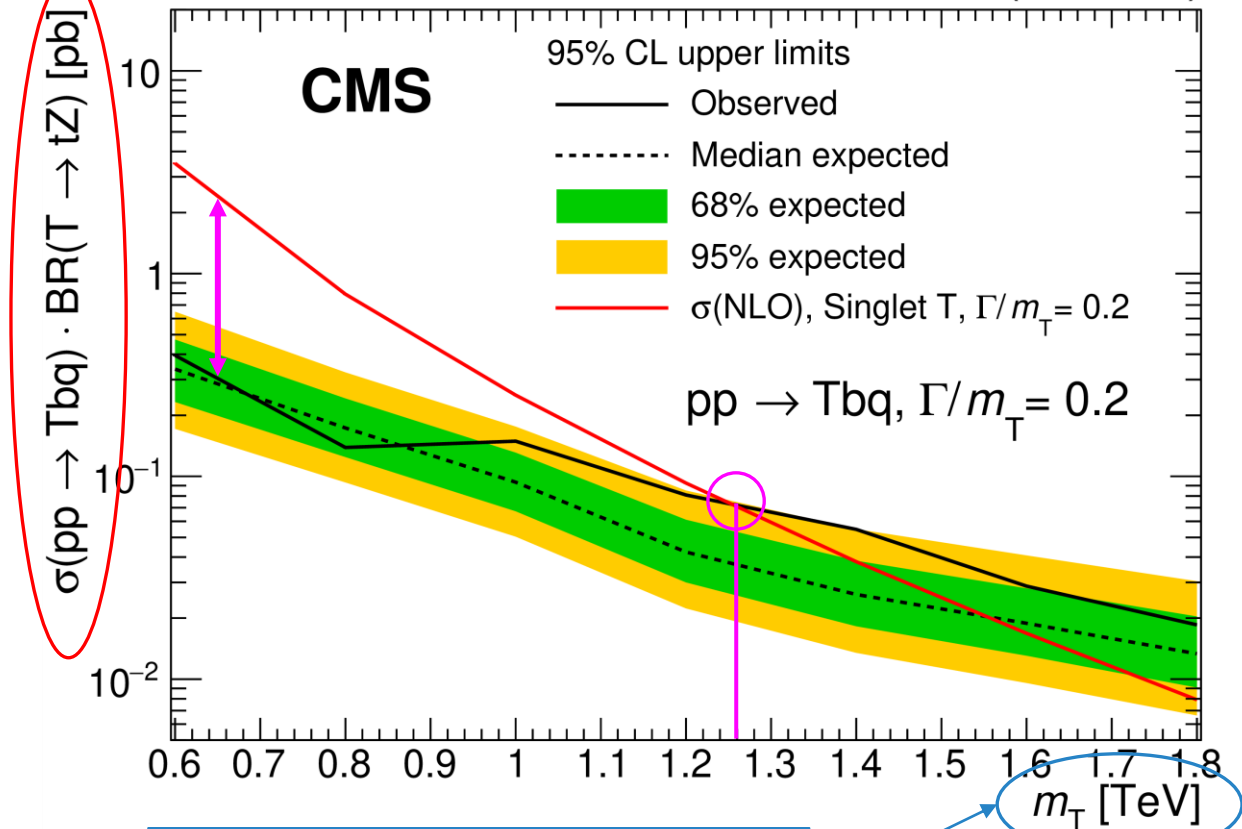
Un eccesso di dati rispetto alla predizione potrebbe essere un indizio della presenza di una nuova particella compatibile con i modelli scelti



# Interpretazione del limite

Valore della sezione d'urto attesa nel canale di fisica studiato

137 fb<sup>-1</sup> (13 TeV)



Valore della massa del T usato nella simulazione MC

La linea rossa rappresenta la sezione d'urto attesa nel caso la particella esiste con le proprietà del modello usato nella simulazione MC

La linea tratteggiata rappresenta il limite atteso nel caso di segnale nullo (Pseudoesperimento Asimov)

La banda verde rappresenta la variazione entro 1 $\sigma$  del limite atteso

La banda gialla rappresenta la variazione entro 2 $\sigma$  del limite atteso

La linea nera è il limite ottenuto da dati

Tutto ciò che si trova al di sotto della linea nera è escluso



# Ricerca di nuova fisica: il bosone $W'$

## Perché l'interesse nel $W'$ ?

- Predetto da molti modelli Beyond the Standard Model (**BSM**): extra dimensioni, modelli compositi
- Copia massiva del bosone  $W$  dello SM
- Incremento dell'accoppiamento alla terza generazione di quark e leptoni, e.g. **TopFlavour**
- Per coprire la più vasta quantità di modelli: chiralità, massa, e larghezza sono parametri liberi

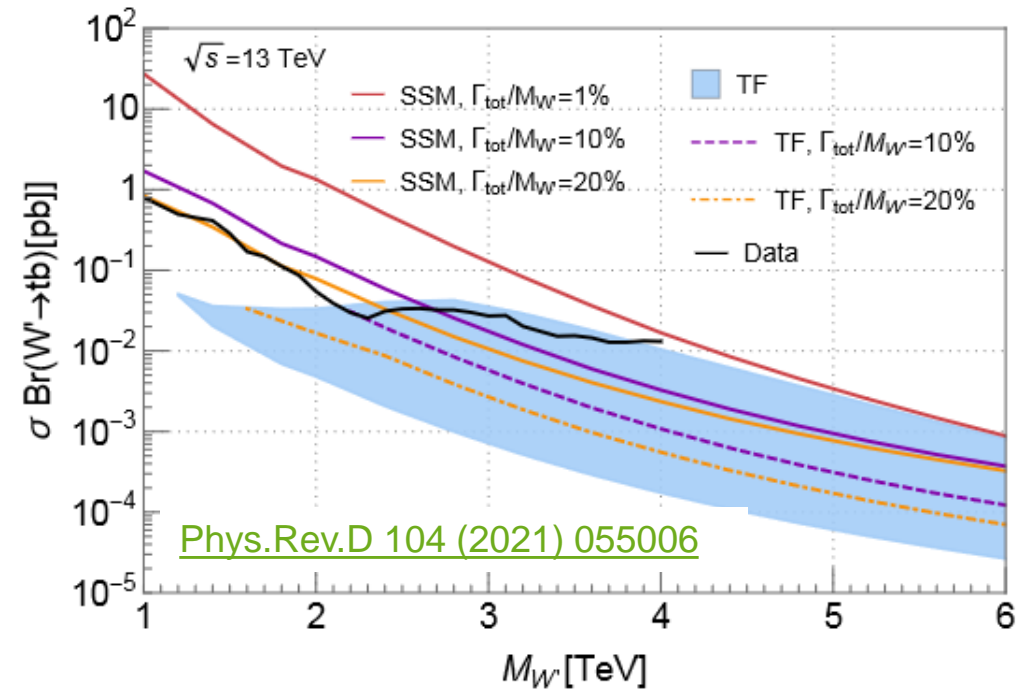
## Lagrangiana di interazione

$$L = \frac{V'_{q_i q_j}}{2\sqrt{2}} g' \bar{q}_i \gamma_\mu [ a_{q_i q_j}^R (1 + \gamma^5) + a_{q_i q_j}^L (1 - \gamma^5) ] W' q_j + h.c.$$

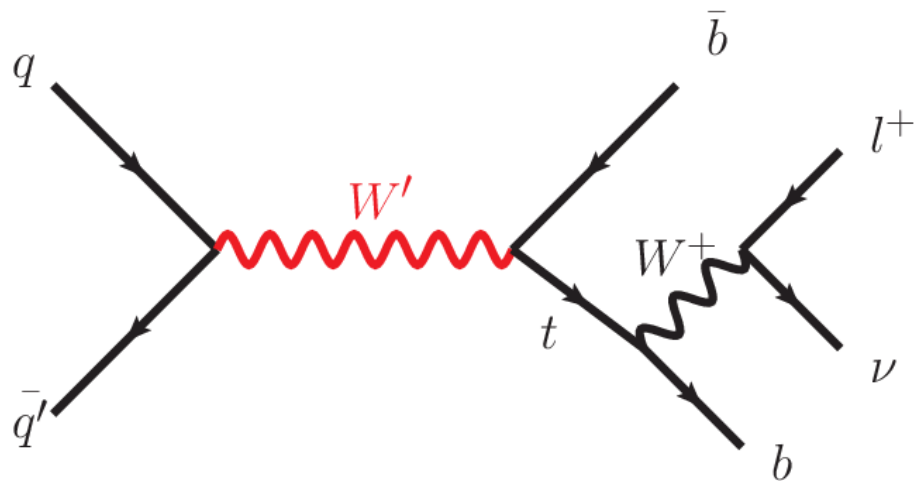
Nel nostro studio:  $V'_{q_i q_j} = V_{\text{CKM}}$   $g' = g^{EW}$

$$RH : a_{q_i q_j}^R = 1 \quad a_{q_i q_j}^L = 0 \quad LH : a_{q_i q_j}^R = 0 \quad a_{q_i q_j}^L = 1$$

$$RH + LH : a_{q_i q_j}^R = (0, 1) \quad a_{q_i q_j}^L = (0, 1)$$



# Search for $W'$ boson in tb final states



## Oggetti di stato finale:

- 1 leptone (muone o electrone)
- Almeno 2 jets molto energetici
- Grande quantità di MET

## Principali caratteristiche:

1. Ricostruzione cinematica del quark top e del bosone  $W'$
2. Categorie degli eventi in termini del numero di jet e b-jet presenti nell'evento

Ricostruzione del top (leptonico):  $p_{top} = p_l + p_b + p_\nu$

Componente z del neutrino ottenuto da:

$$m_{W'}^2 = \left( E_l + \sqrt{E_T^2 + p_{z,\nu}^2} \right)^2 - \left( \vec{p}_{T,l} + \vec{E}_T \right)^2 - \left( p_{z,l}^2 + p_{z,\nu}^2 \right)^2$$

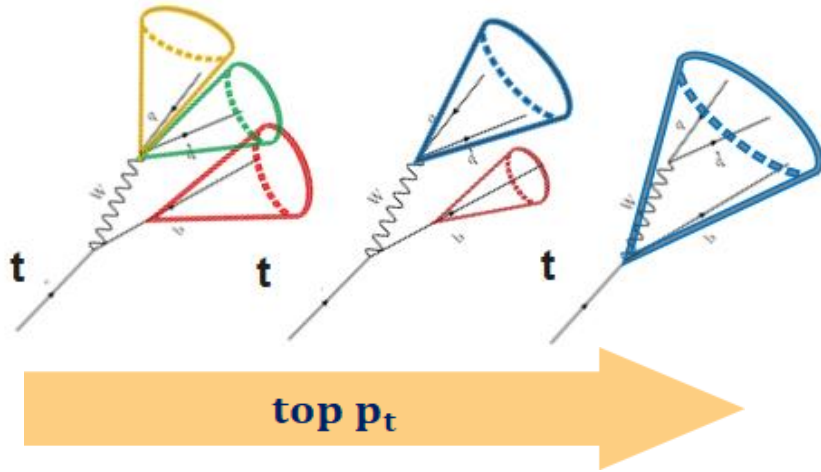
## Strategia

- Le masse del quark top e del jet proveniente dal decadimento dal  $W'$  usate per definire le regioni di controllo e segnale
- Fondi estratti dai dati

L'analisi è attualmente in review interna della collaborazione

Obiettivo di pubblicazione: Moriond 2023

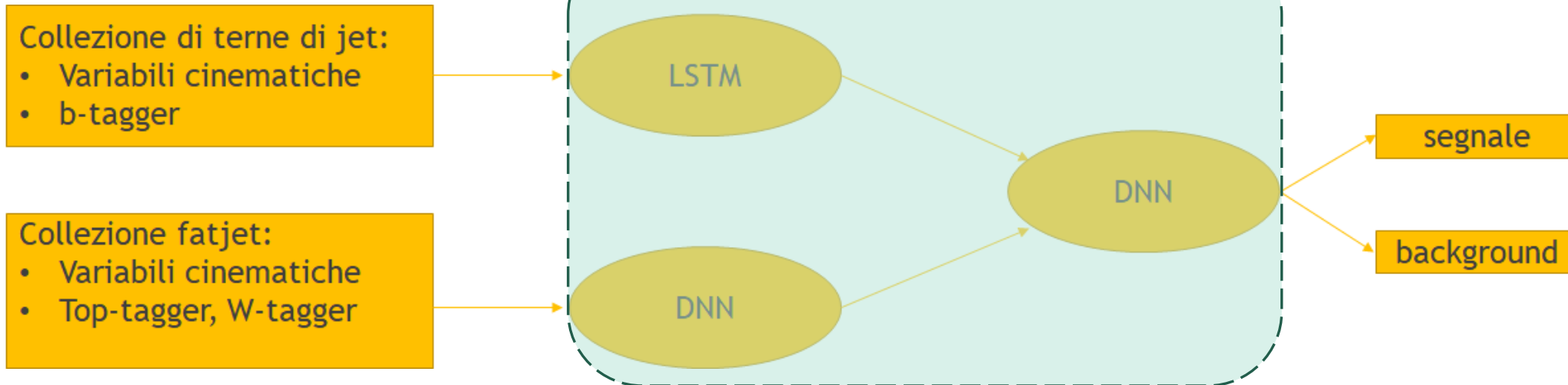
# Ricostruzione del top quark con tecniche di ML



Ricostruzione del top a diversi range di  $p_t$ :

- Top resolved : 3 jet di cui uno b taggato
- Top mix: 1 jet largo ed 1 e/o 2 jet
- Top merged: 1 jet largo

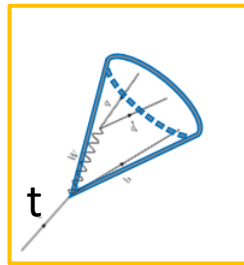
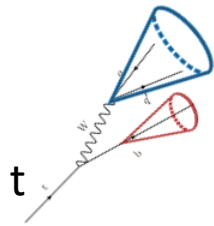
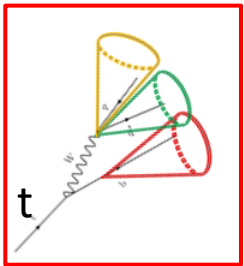
Con tecniche di Machine Learning è possibile migliorare l'efficienza di ricostruzione tenendo conto della correlazione tra jet stretti e jet larghi provenienti dallo stesso quark top



# Ricostruzione del top quark con tecniche di ML

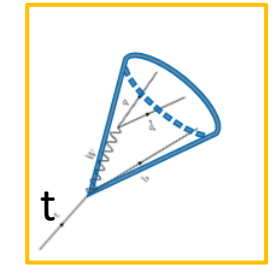
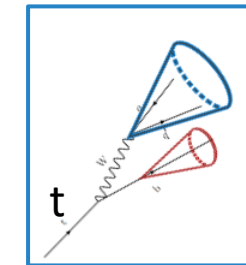
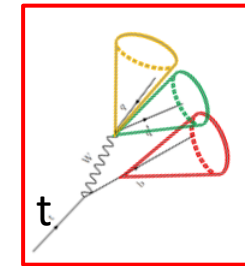
Approccio standard → dividere le ricostruzioni possibili

- Definire un range in cui cercare solo **resolved**, **mix**, **merged**
- Problema: nelle regioni intermedie si possono perdere eventi di segnale

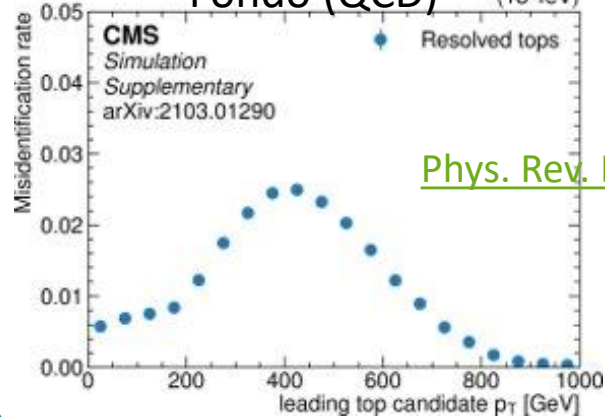


Nuovo approccio --> combinare i diversi metodi

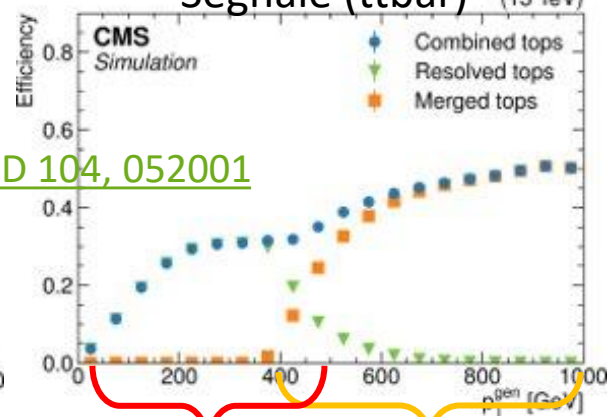
- A basso pt ed alto pt rispettivamente solo resolved e merged
- Nella regione intermedia utilizziamo un algoritmo che riesca a sfruttare le diverse categorie



Fondo (QCD) (13 TeV)

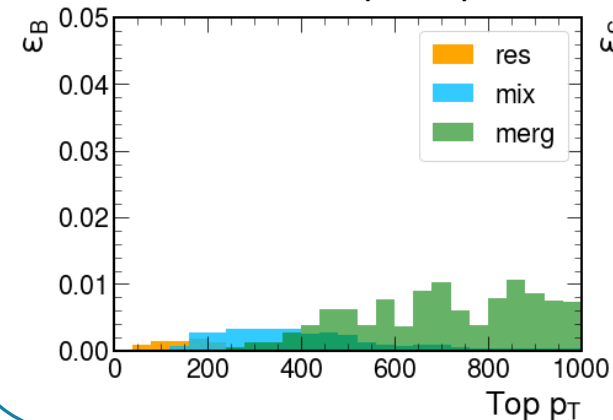


Segnale (ttbar) (13 TeV)

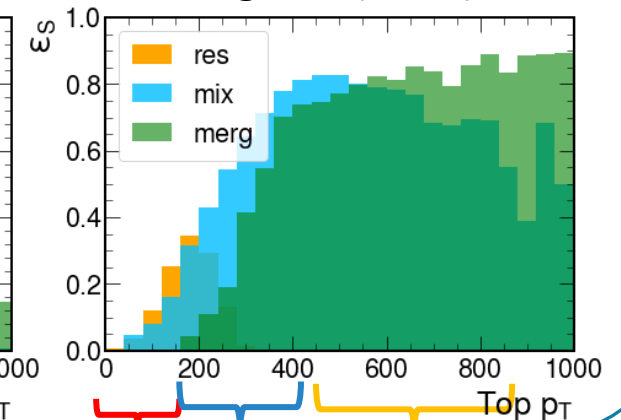


[Phys. Rev. D 104, 052001](#)

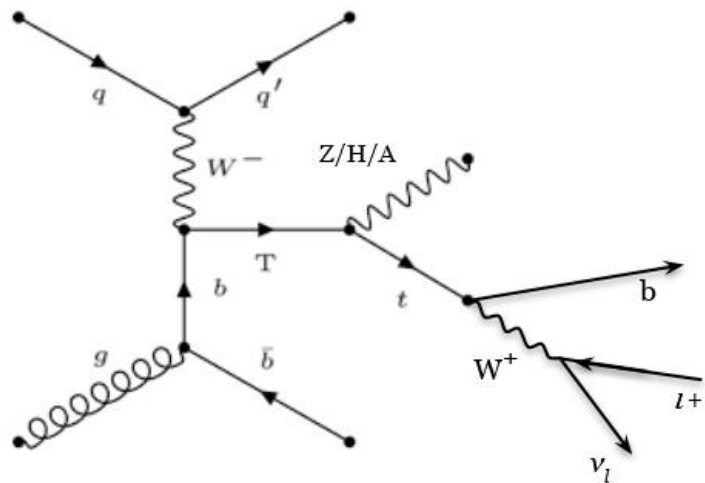
Fondo (QCD)



Segnale (ttbar)



# Ricerche di nuova fisica: T e dark matter

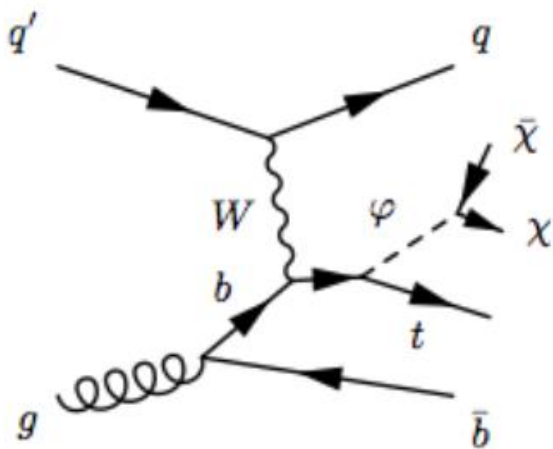


Stato finale:

- Prodotti di decadimento del top semileptonico
- Prodotti di decadimento **adronici dai bosoni Z/H** o da un generico **nuovo bosone A**

Sviluppato un algoritmo di machine learning per la ricostruzione del top quark con **requisiti di preselezione minimi sul leptone** in termini di identificazione, isolamento, e distanza dal vertice primario.

Inizio a breve della review interna



Produzione di top quark singolo che va in top + dark matter

Stato finale:

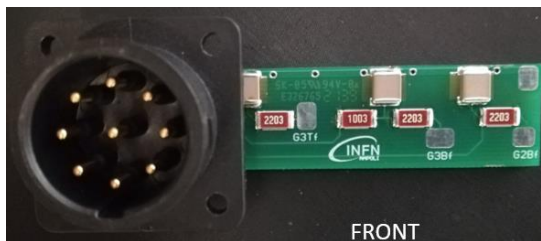
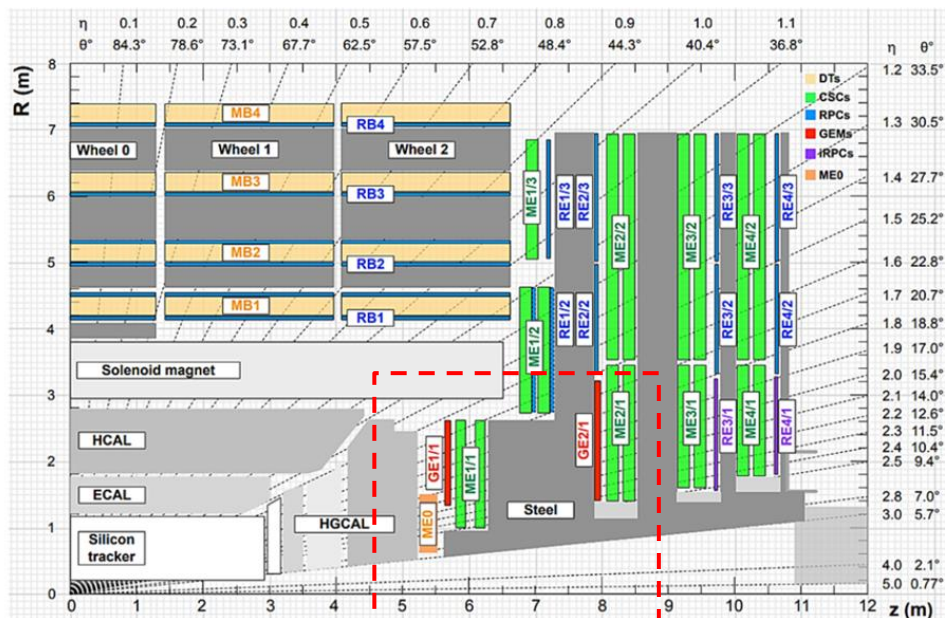
- Prodotti di decadimento del top adronico
- Prodotti di decadimento **invisibili  $\chi$**  da un **candidato dark matter  $\varphi$**

Investigazione del modello sviluppato con il gruppo teorico di Napoli

# Overview delle attività hardware del gruppo di Napoli

## Responsabilità istituzionali:

- GE2/1 HV power system implementation
- ME0 HV power system development
- GE1/1 HV power system maintenance & LS3 upgrade



Pre-produzione di:

- 30 campioni per GE2/1
- 10 campioni con diversi resistori per i test su camere di ME0 alla GIF++ (CERN)

Produzione finale e test di qualità:

- 340 filtri + box per GE2/1
- 300 filtri + box per ME0 (dopo i risultati dei test)
- Tutti i filtri sono Halogen-free e rispondono ai requisiti del CERN



Sviluppo di uno strumento di diagnostica in collaborazione con il SER di Napoli

- 7 canali di lettura indipendenti per misure di tensioni e correnti
- Interfaccia con PC via USB

# Overview delle attività di detector del gruppo di Napoli

## Studi:

- Misura della rate di background negli RPC
  - Attività portata avanti da Francesco C. sui dati del Run 2
  - Paper in preparazione
  - Ulteriori sviluppi in corso per Run 3
- Studio delle performance del dimostratore GE2/1
  - Attività portata avanti da Antimo
- Comportamento delle GEM in campo magnetico
  - Attività portata avanti da Antimo, Agostino, Biagio, Orso
  - Collaborazione con il Gruppo di Pavia
  - Paper in preparazione

**Lightning talks 2: Muon Background studies in Run II and Run III**

**Speaker:** Francesco Carnevali (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)

**Lightning talks 3: GEM commissioning with PICO**

**Speaker:** Antimo Cagnotta (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)

# Partecipazione a conferenze e review internazionali

## 4 Talk

- “BSM searches with jet substructure” a QCD@LHC2022: QCD at LHC conference
- “Differential measurements of top and top pair production” a QCD@LHC2022: QCD at LHC conference
- “Tagging boosted jets with machine-learning techniques” a QCD@LHC2022: QCD at LHC conference
- “RPC background studies at CMS experiment” a RPC2022: XVI Workshop of Resistive Plate Chamber and Related Detector

## 3 Review

- Orso chair del team di review di: “Measurement of the tt charge asymmetry in events with highly Lorentz-boosted top quarks in pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV”
- Orso membro del team di review di: “Measurement of the top quark mass using events with a single reconstructed top quark in pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV”
- Francesco F. membro del team di review di: “Observation of  $B^0 \rightarrow \psi(2S)K_S^0\pi^+\pi^-$  and  $B_S^0 \rightarrow \psi(2S)K_S^0$  decays”

## 1 Poster

“Novel GEM foil layout for high-rate particle environment in the CMS ME0 muon detector” a Pisa Meeting 2021



# Conclusioni e piani futuri

- Illustrate le attività svolte dal gruppo CMS di Napoli
- Il gruppo è attivo su molti fronti dall'analisi, allo studio delle prestazioni del detector e alle attività di R&D di rivelatori e servizi
- Ricoperti ruoli di responsabilità
- Partecipazione attiva sia nelle review di analisi dati sia nello studio delle prestazioni del detector

## Breve termine

- previsto l'arrivo di nuovi laureandi sia triennali (1-2) sia magistrali (1-2)
- Pubblicazione di un paper di analisi e 2 su prestazioni del detector

## Medio termine

- Pubblicazione di 2 paper di analisi e 1 su prestazioni del detector