

# Ricerca del decadimento raro $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$ a LHCb

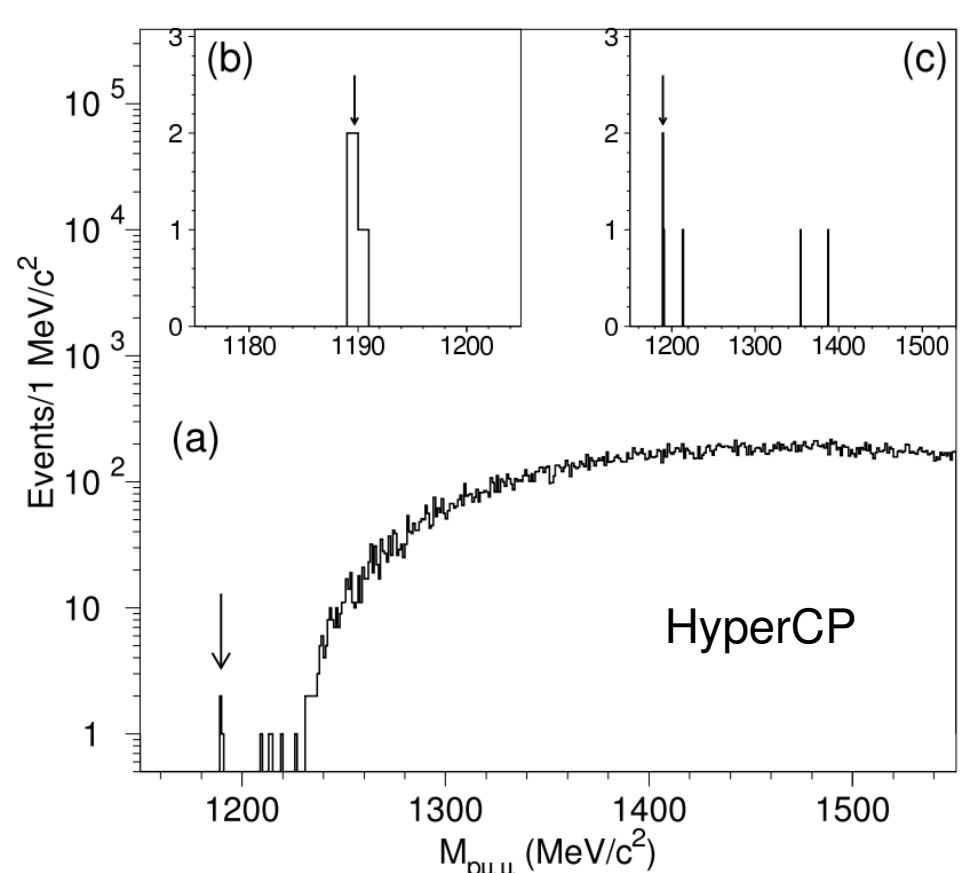
**Daniele Provenzano**

a nome della collaborazione LHCb  
Università e INFN Cagliari

## Il decadimento $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$

- È un processo raro a corrente neutra con cambiamento di *sapore* (FCNC) del quark  $s \rightarrow d$  permesso solo al livello a un loop nel Modello Standard
- Branching fraction atteso [1]:  $1.6 \times 10^{-8} < \mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) < 9.1 \times 10^{-8}$

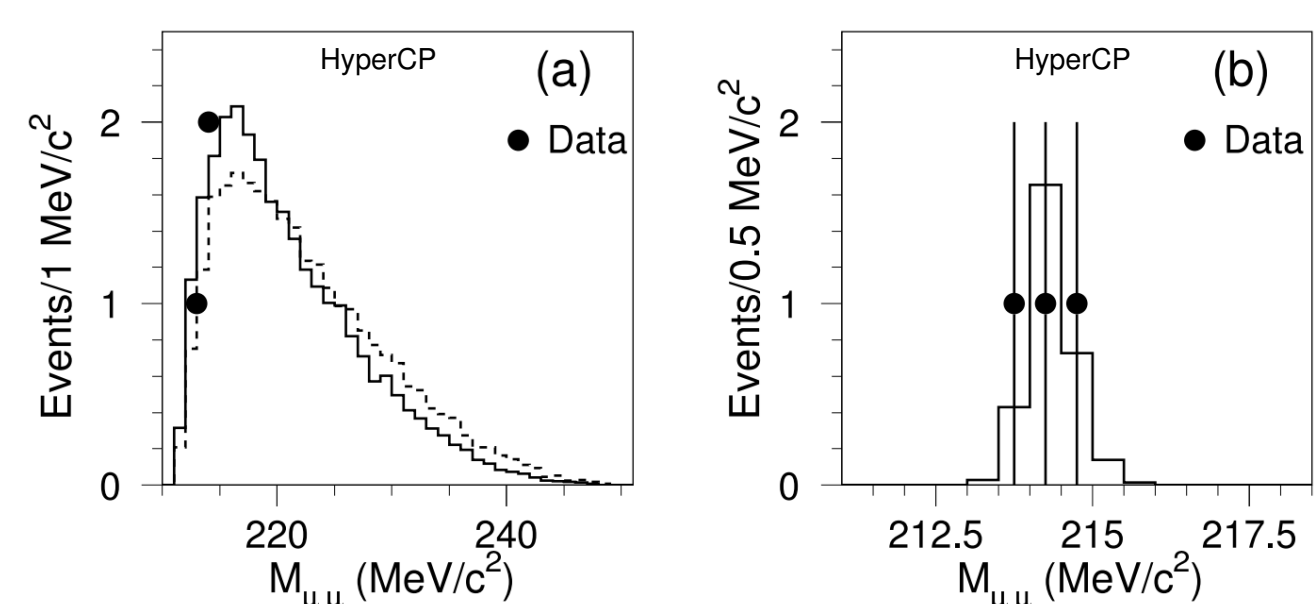
## Motivazioni



**ANOMALIA DI HYPERCP (2005) [2]**

tre candidati osservati in assenza di fondo con  
stessa  $M_{\mu\mu} = (214.3 \pm 0.5) \text{ MeV}$

→ possibilità che  $\Sigma^+ \rightarrow pX^0(\rightarrow \mu^+\mu^-)$   
con  $\mathcal{B} = 3.1^{+2.4}_{-1.9} \times 10^{-8}$

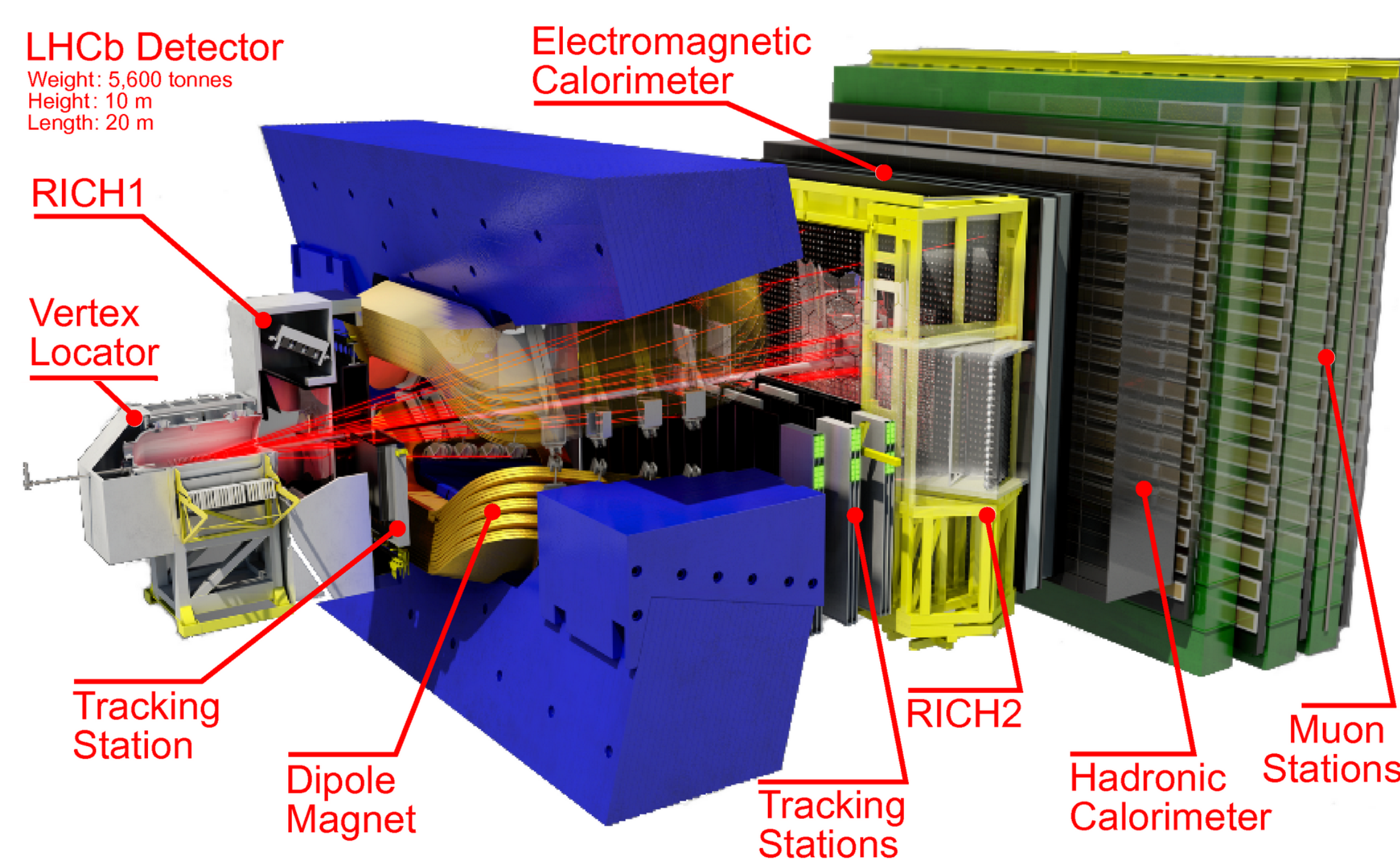


Spiegazione dell'anomalia con ipotesi di  
fisica oltre il Modello Standard (BSM):

- Particella pseudoscalare con  $\tau \sim 10^{-14} \text{ s}$
- Bosone di Higgs pseudoscalare leggero
- Sgoldstino

## LHCb a LHC

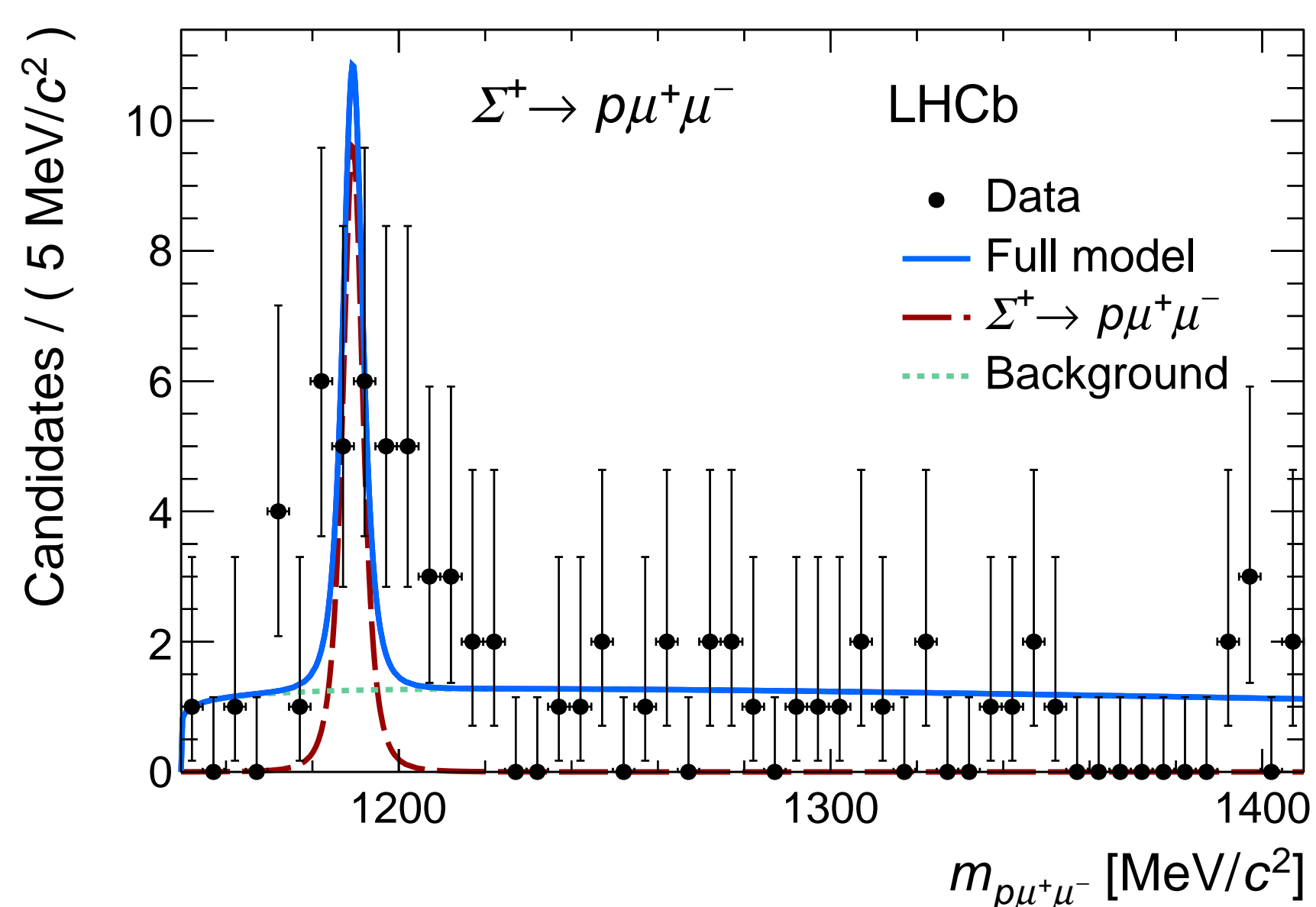
- È uno dei quattro esperimenti al Large Hadron Collider al CERN di Ginevra
- Si occupa principalmente di:
  - Studiare i decadimenti di adroni con quark *beauty*, *charm* e *strange*
  - Studiare la violazione della simmetria CP
  - Rivelare possibili indizi di *nuova fisica* oltre il Modello Standard
- Il rivelatore è uno spettrometro a singolo braccio orientato verso la regione in avanti delle interazioni protone-protone



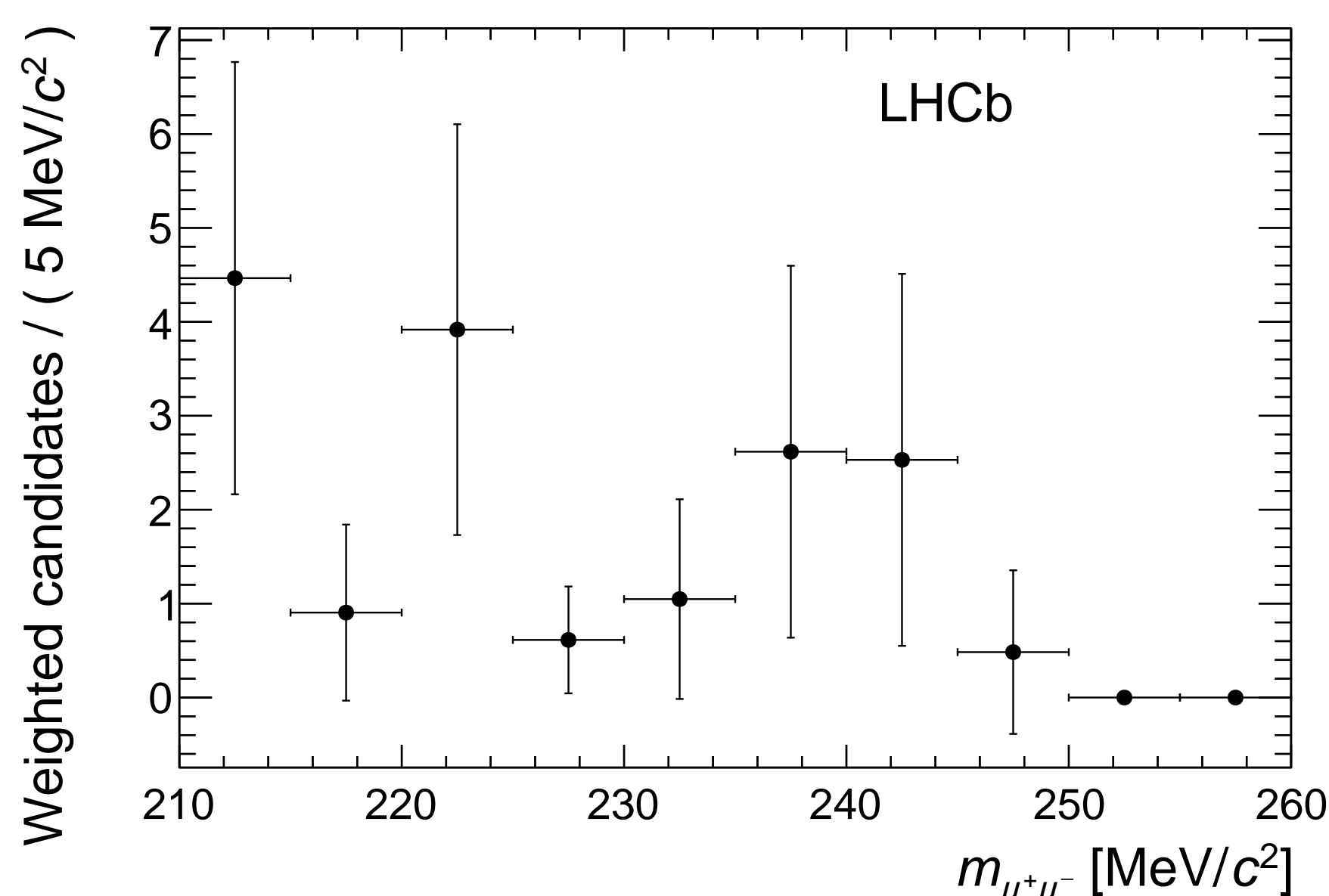
## Analisi Run 1

Dati di collisioni  $pp$  a energie nel centro di massa  $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$  (2011) e  $8 \text{ TeV}$  (2012) pari a una luminosità integrata di  $3 \text{ fb}^{-1}$  [3]:

- eccesso di  $10.2^{+3.9}_{-3.5}$  eventi di segnale su trascurabile fondo con  $4.1\sigma$  di significanza
- $\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) = (2.2^{+1.8}_{-1.3}) \times 10^{-8}$



- nessun picco significativo nella distribuzione di  $m_{\mu^+\mu^-}$  coerente con l'esistenza di  $X^0$
- $\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow pX^0) < 1.4 \times 10^{-8}$  (90% CL) esclude il valore centrale di HyperCP



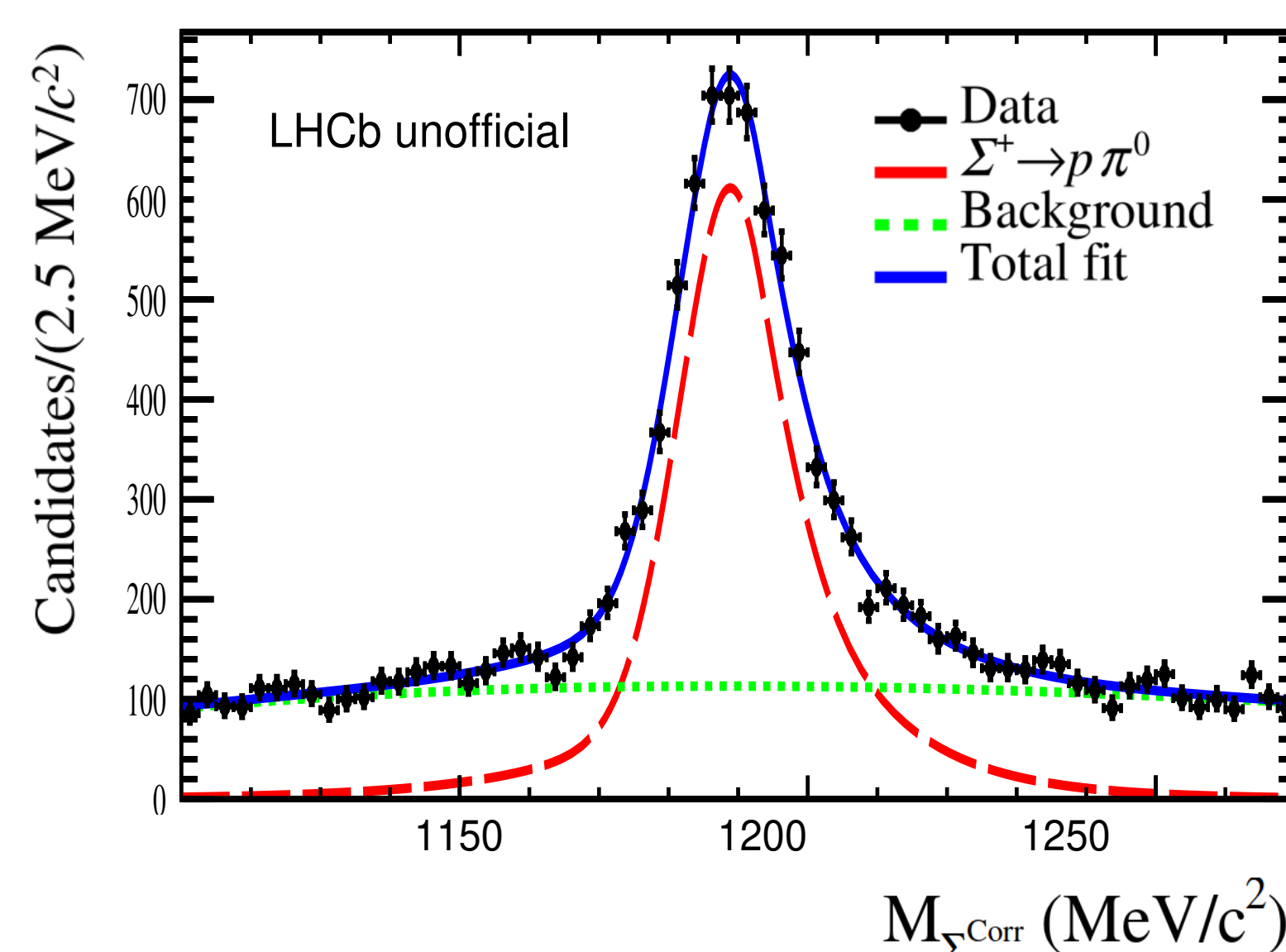
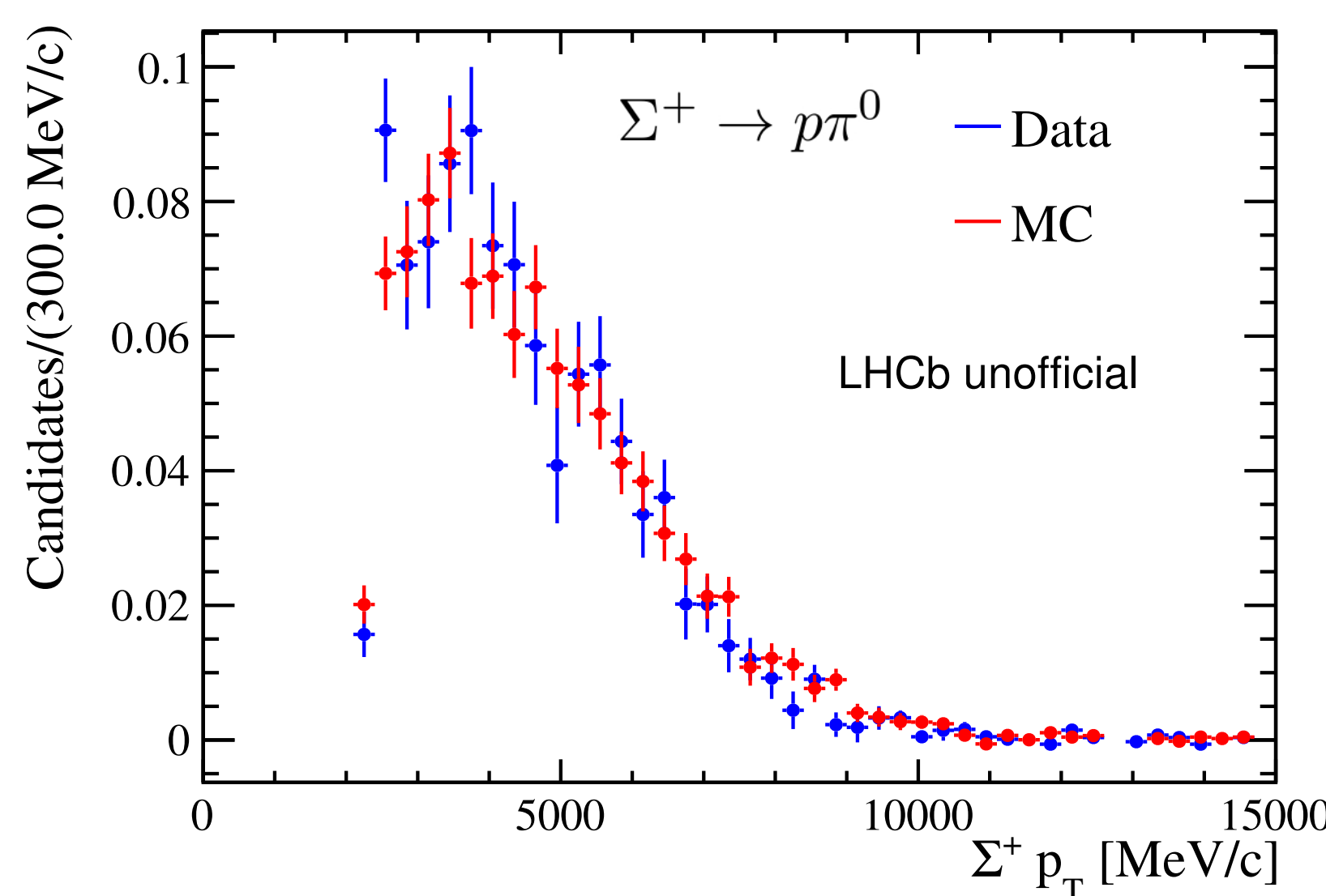
## Normalizzazione

- Il decadimento  $\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0$  è usato come canale di normalizzazione  $\mathcal{B} = 51.77 \pm 0.30\%$
- $\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0(\rightarrow \gamma\gamma)$  ricostruito con una traccia carica più due depositi di energia nel calorimetro ECAL
- il  $\mathcal{B}$  del segnale si può calcolare come

$$\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) = \frac{N_{sig}}{N_{norm}} \frac{\epsilon_{norm}}{\epsilon_{sig}} \mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0)$$

### RUN 2

- Buon accordo tra dati e simulazione per la ricostruzione della cinematica



## Analisi Run 2

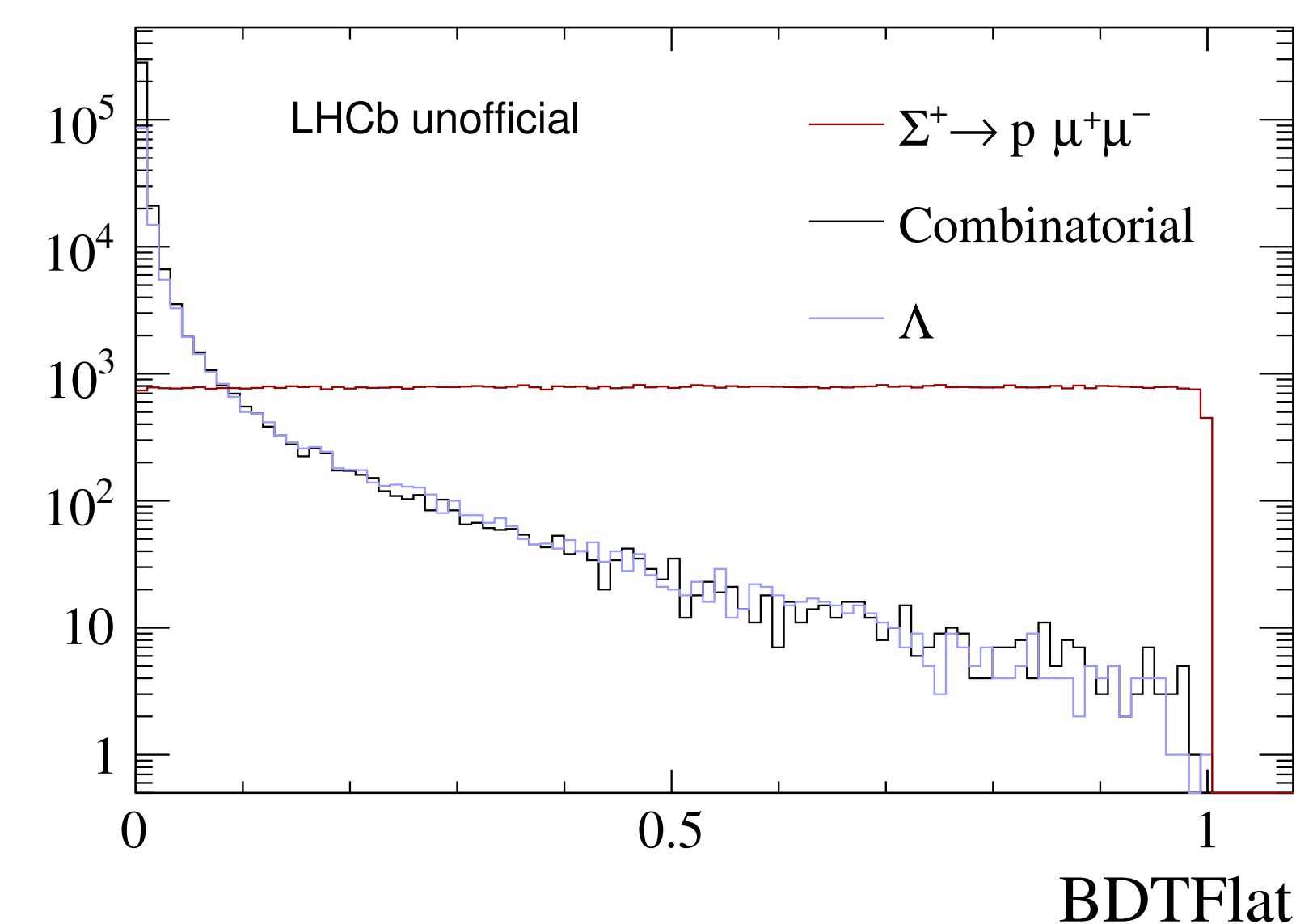
Dati di collisioni  $pp$  a energie nel centro di massa  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  (2016-2018) pari a una luminosità integrata di  $5.6 \text{ fb}^{-1}$ :

### MIGLIORAMENTI

- incremento  $\times 4$  statistica ( $\mathcal{L}$  e sezione d'urto)
- incremento  $\times 10$  efficienza del trigger (HLT)

### SELEZIONE

- Selezione finale basata su BDT
- Variabili:
  - angolo di pointing
  - $IP\chi^2$ ,  $Vtx\chi^2$ ,  $FD\chi^2$ , DOCA della  $\Sigma^+$
  - $IP\chi^2$ ,  $p_T$  del protone
  - $\min(IP\chi^2)$ ,  $\min(p_T)$  dei muoni



### RISULTATI ATTESI

- numero atteso di eventi di segnale  $\sim 300$   
→ da convertire nel *branching fraction*
- studio del *branching fraction* differenziale, della violazione CP, dell'asimmetria *forward-backward* e di variabili angolari

[1] Phys. Rev. D72 (2005) 074003, JHEP 10 (2018) 040

[2] Phys. Rev. Lett. 94, 021801 (2005)

[3] Phys. Rev. Lett. 120, 221803