

# Měření hmoty Higgsova bosonu podle doby letu tau leptonu

Jana Nováková, Tomáš Davídek

UČJF

# Higgs -> tau tau na LHC

→ v oblasti malých hmot Higgse dává významný příspěvek

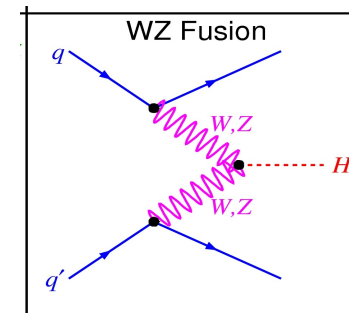
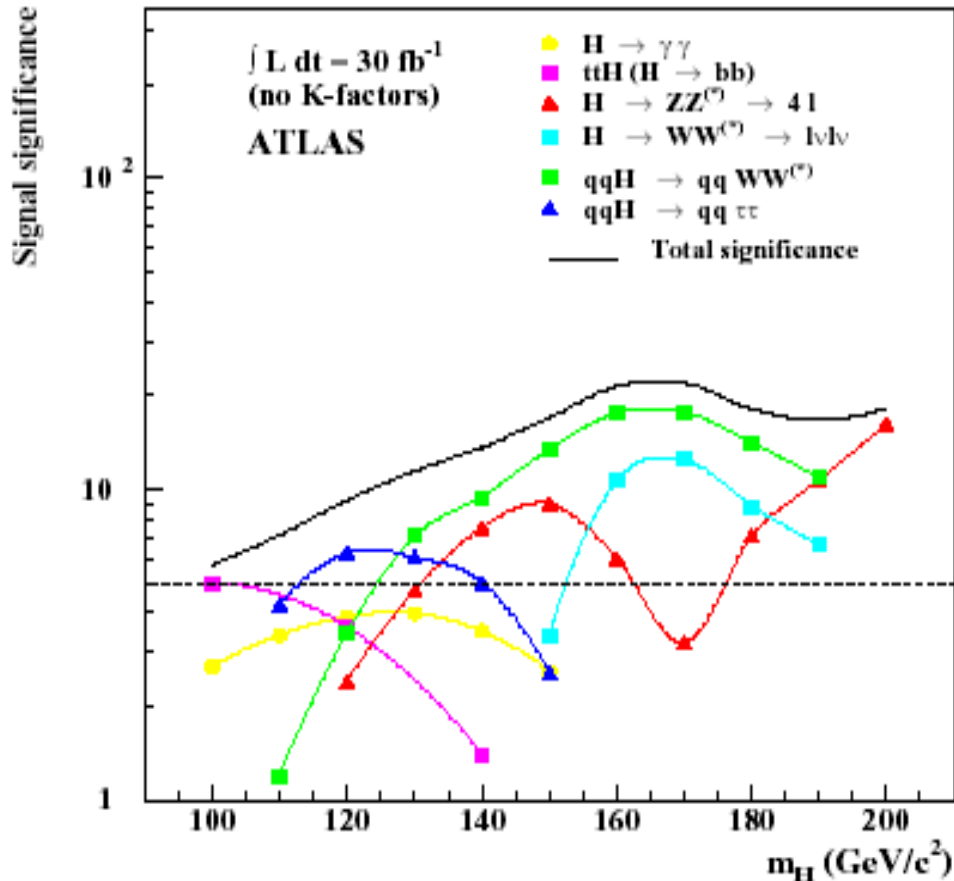
→ měřitelné v oblasti  $m_H \in [115, 140]$  GeV  
BR(H-> $\tau\tau$ ) = 4 -7%

→ produkce Higgse prostřednictvím fúze vektorových bosonů

→ ~20% celkového účinného průřezu pro produkci H na LHC v této oblasti hmot

→ Higgsův boson + 2 jety v přední části detektoru (rapidity gap)

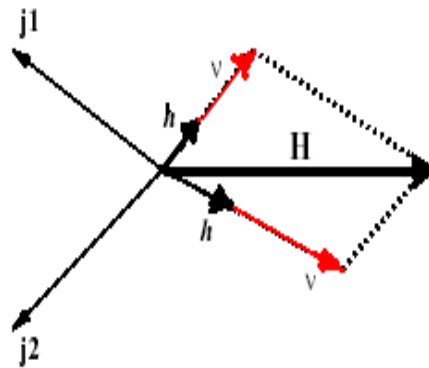
→ důležité pro trigger



→ vhodné k potlačení procesů pozadí (např.  $Z \rightarrow \tau\tau$ )

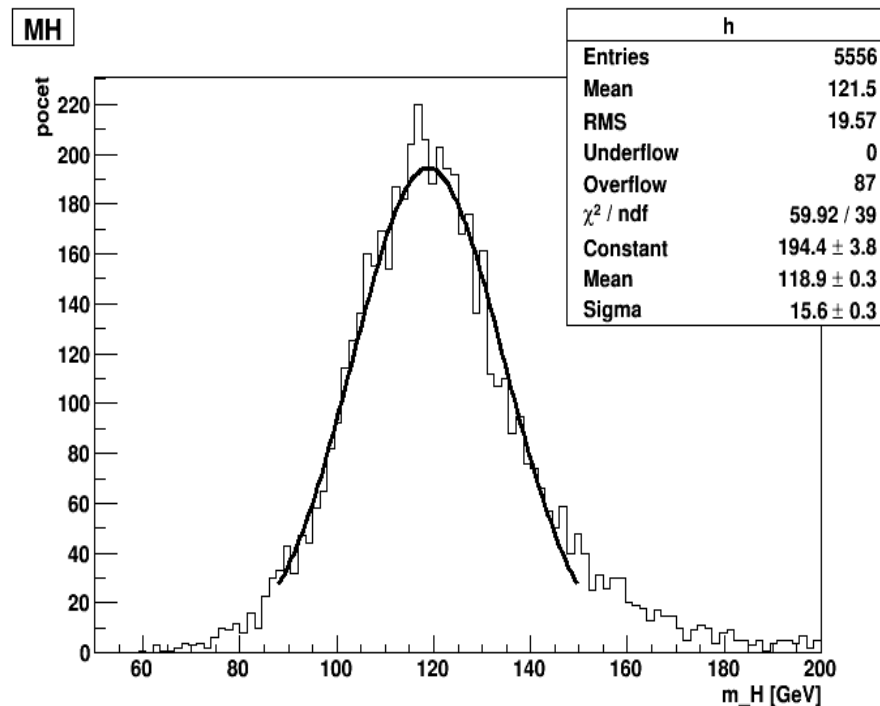
# Kolineární aproximace

- standardní rekonstrukční metoda v kanále  $H \rightarrow \tau\tau$
- neznámé impulsy neutrín jsou zrekonstruovány za předpokladu, že neutrína letí ve směru tau leptonů
- potřebujeme dobře změřit chybějící příčný impuls a energii viditelných produktů z rozpadu tau



$qq \rightarrow qqH$  (VBF)

$H \rightarrow \tau\tau \rightarrow h\nu_\tau h\nu_\tau$



# Doletová metoda (I)

- odhad hmoty Higgse podle doletu tau leptonů
  - sekundární vertex může být dobře zrekonstruován pouze pro tau leptony, které se rozpadají alespoň na tři nabitě částice (15 % tau leptonů)
- střední doletová délka tau leptonu je korelována s hmotností Higgsova bosonu
  - $\langle L \rangle = t_0 \langle \gamma\beta \rangle = t_0 \langle p \rangle / m_\tau$ 
    - $t_0$  - střední doba života tau leptonu v klidové soustavě ( $ct_0 = 87 \mu\text{m}$ )
    - $p$  - impuls tau leptonu
  - pokud budeme znát tvar závislosti  $\langle L \rangle (m_H)$ , můžeme určit hmotu H z naměřené střední hodnoty doletu tau leptonů
  - pokud bude rozpad probíhat v těžišťové soustavě Higgse, pak  $p \approx m_H/2$  a střední hodnota doletu je přímo úměrná hmotě H
  - MC simulace pro různé hmoty Higgsova bosonu  $\rightarrow \langle L \rangle (m_H)$
- metoda závisí na rekonstrukci sekundárního vertexu, ne na kalibraci energie (narozdíl od kolineární aproximace)
  - doletová metoda nedává tak přesné výsledky, ale může být použita jako test konzistence

# Doletová metoda (II)

- dolet v LABu (detektor ATLAS)
  - k analýze stačí pouze znalost sekundárního vertexu
    - analýza nezávisí na měření energie
  - vztah mezi  $\langle L \rangle$  a  $m_H$  není přímočarý
    - teoreticky neumíme popsat rozdělení impulsů tau leptonů v LABu
      - netriviální závislost na  $m_H$
    - závislost můžeme získat z MC simulací a poté proložit vhodnou křivkou
- dolet v CMS (Higgsův boson v klidu)
  - k převodu do těžišťového systému potřebujeme znát impulsy tau leptonů
    - ty získáme z kolineární aproximace
  - teď už tvar závislosti mezi  $\langle L \rangle$  a  $m_H$  známe (přímka)
    - koeficienty dostaneme z MC simulací
  - transformací do CMS se částečně zbavíme závislosti na MC generátorech
    - k výpočtu  $L_{CMS}$  ale potřebujeme znát naměřené energie

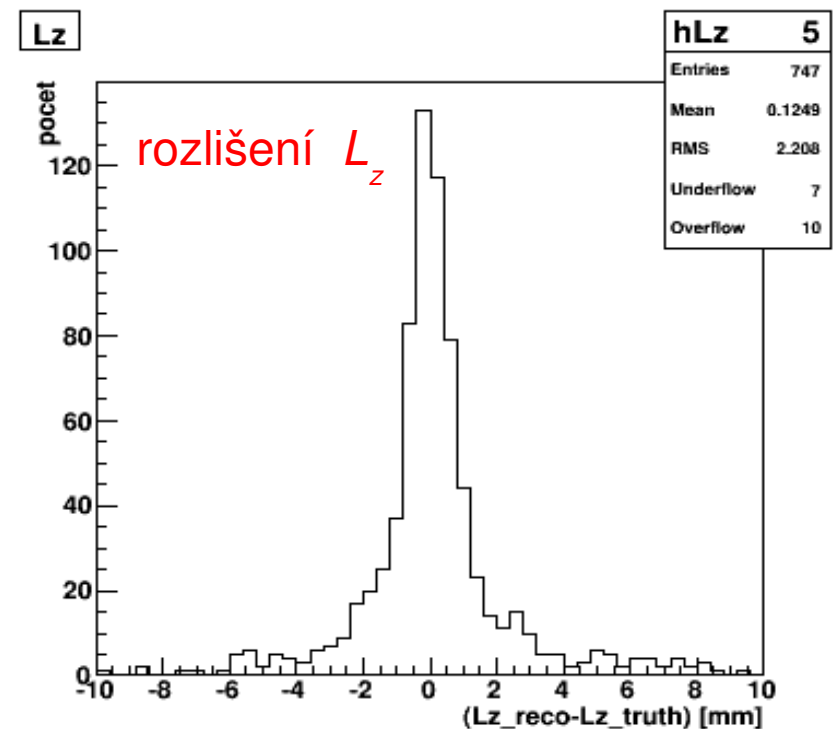
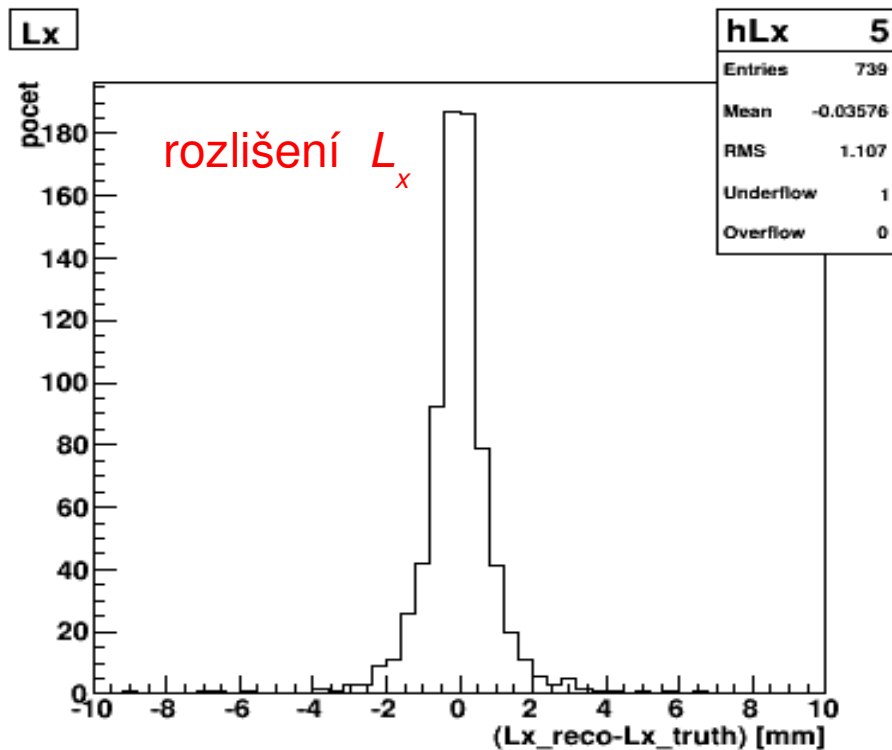
# Monte Carlo simulace

- MC simulace pro 6 různých hmot Higgsova bosonu mezi 115–140 GeV
  - pouze „MC truth“ simulace (generátor Pythie + TAUOLA)
- rekonstrukce tau leptonů v „MC truth“ datech napodobena podle plně simulovaného vzorku
  - plně simulovaný vzorek (CSC data) pro hmotu  $m_H = 120$  GeV
    - rekonstrukce a identifikace tau leptonů
    - rozlišení sekundárního vertexu (doletu)
- uvažovány pouze 3-prong tau leptony
- analýza provedena zatím pouze pro signál

# Rozlišení doletové délky

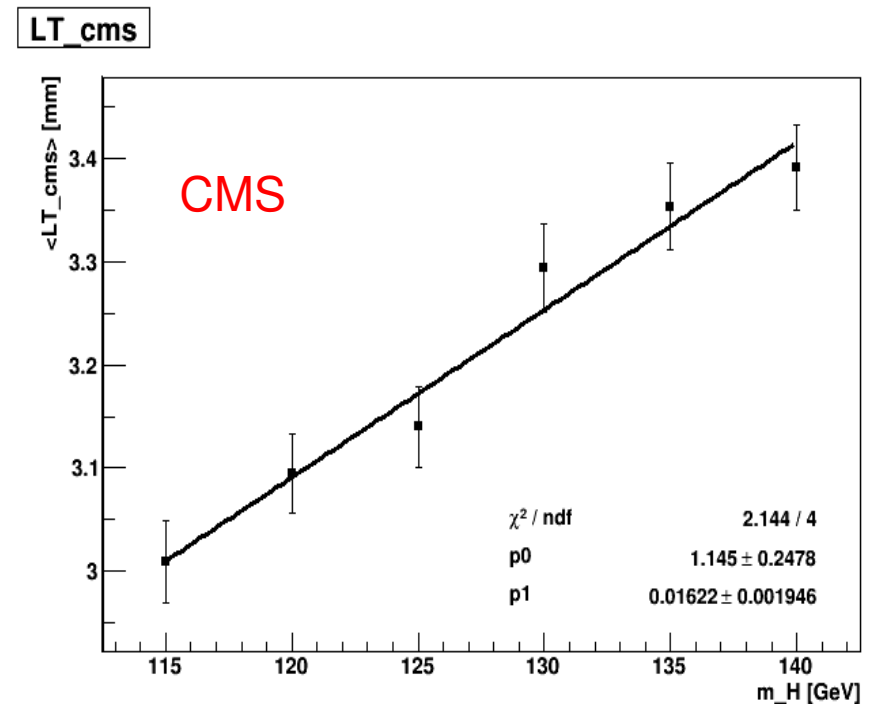
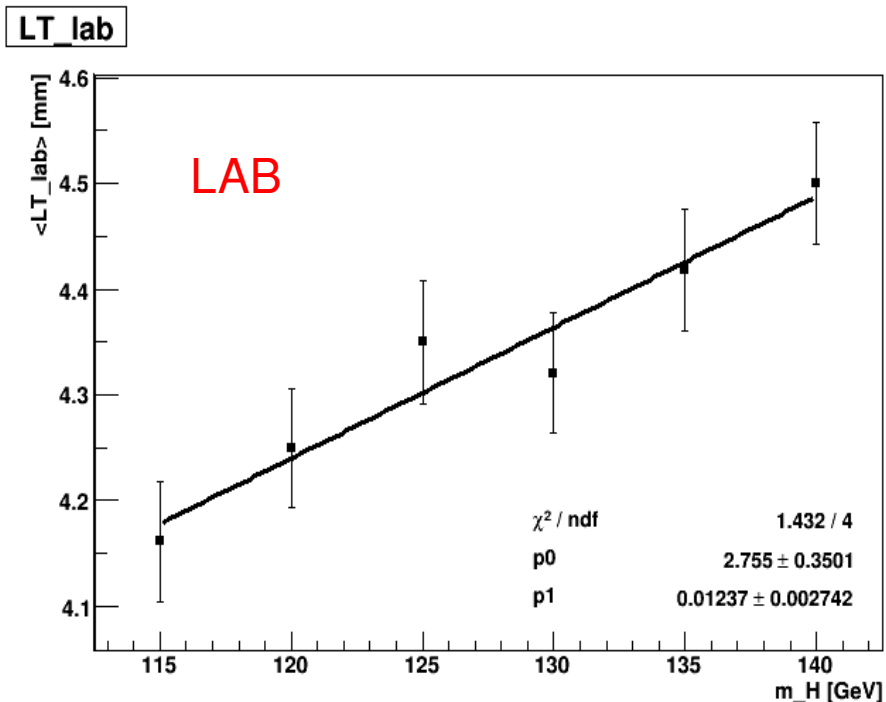
(plně simulovaný vzorek)

- rozlišení vykresleno v několika bincích podle velikosti  $L_{x,y,z}$
- rozlišení ve směru osy z je horší než ve směru x, y
  - dolet určujeme pouze v příčné rovině
- dolety tau leptonů z „MC truth“ simulací rozmyty podle zjištěného rozlišení (viz histogramy níže)



# Závislost doletu na hmotě Higgse

- MC simulace pro různé hmoty -> závislost  $\langle L_T \rangle (m_H)$
- dolet tau leptonů v LABu
  - proloženo přímkou
- dolet tau leptonů v CMS
  - opět lineární závislost





# Odhad přesnosti doletové metody

- chyby parametrů fitu  $\langle L_T \rangle$  ( $m_H$ ) neuvažujeme
  - v principu je možné statistické chyby stáhnout do nuly, pokud bychom měli dostatečnou statistiku
- uvažujeme pouze statistickou chybu „naměřené“ hodnoty  $\langle L_T \rangle$ 
  - výpočet  $\langle L_T \rangle$  a jeho chyby z plně simulovaného vzorku ( $m_H = 120$  GeV)
  - pro tyto hodnoty použijeme získané parametry fitu (viz předchozí strana)
- relativní statistická chyba hmoty Higgsova bosonu pro integrovanou luminositu  $300 \text{ fb}^{-1}$ 
  - LAB  $\delta_{\text{LAB}} \approx 9\%$
  - CMS  $\delta_{\text{CMS}} \approx 5\%$
- kolineární aproximace dává při stejných výběrových pravidlech relativní chybu menší než 1%

# Pozadí k procesu $H \rightarrow \tau\tau$

- signál  $H \rightarrow \tau\tau$ 
  - $\sim 340$  fb pro produkci pomocí VBF a  $m_H = 120$  GeV
- nejdůležitější kanály pozadí na LHC:
  - $Z \rightarrow \tau\tau$  + jety ( $\sim 1700$  pb)
    - nejvýznamnější ireducibilní pozadí
    - pro uvažovanou oblast hmot Higgsova bosonu je hmotový pík Z a H velmi blízko sebe
  - $t\bar{t}$ bar ( $\sim 550$  pb)
    - podstatně nižší příspěvek než od Z (nebezpečný případ, kdy W z rozpadu topu se rozpadá na leptony)
  - QCD jety ( $\sim 10$  mb)
    - je možné, že se jet špatně identifikuje jako tau lepton rozpadající se na hadrony
- pozadí  $Z \rightarrow \tau\tau$  a základní výběrová pravidla použitá v analýze:  
 $S/\sqrt{B_Z} \approx 2.2$  (počty 3-prong tau leptonů pro  $300 \text{ fb}^{-1}$ )
- přísná výběrová kritéria - dobrý poměr S/B, ale malý počet událostí
  - velká statistická chyba pro doletovou metodu

# Závěr + další plány

- určování příčného doletu v CMS systému dává přesnější výsledky než v LABu
  - dostaneme ještě lepší výsledky, když budeme měřit přímo  $\langle L_{CMS} \rangle$  ?
- uváděné chyby jsou statistické odchylky, systematické chyby nebyly zatím studovány
- výběrová kritéria nejsou optimalizována na potlačení procesů pozadí
  - po optimalizaci nutně značné snížení počtu událostí
  - můžeme očekávat směrodatné výsledky z doletové metody?
- metoda by v principu měla jít použít pro MSSM A  $\rightarrow \tau\tau$ 
  - očekáváme lepší poměr  $S/\sqrt{B}$

## Reference:

- T&P week, Higgs WG meeting, březen 2007:  
<http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=12815>
- Tau WG meeting, listopad 2007:  
<http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=17518>
- A Method For the Higgs Boson Mass Reconstruction in the  $H \rightarrow \tau + \tau$  Channel Based on the Measurement of the Tau Lepton's Range (ATL-PHYS-INT-2007-016)