Misura di sezione d'urto di produzione del bosone di Higgs nel canale $H \to \tau\tau$ con l'esperimento ATLAS a LHC

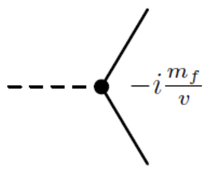
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

IFAE 8-10 Aprile 2019, Napoli
Alessia Murrone

INFN ATLAS EXPERIMENT

1. Introduzione

- $H \to \tau\tau$ decadimento di rilevante importanza per misurare direttamente l'accoppiamento di Yukawa
- B.R. 6.32 %
- Misura con i dati raccolti da ATLAS durante il 2015-2016, luminosità integrata di 36.1 fb^{-1} e $\sqrt{s} = 13$ TeV



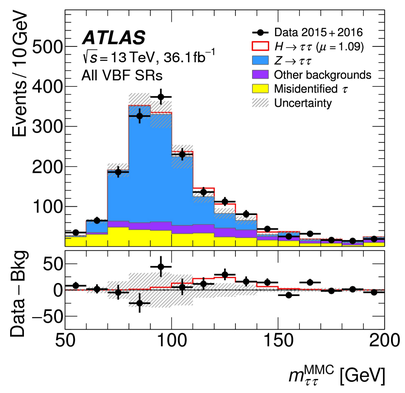
- 3 sottocanali a seconda che il decadimento del τ sia leptonico o adronico
  - Lep-Lep $ee/\mu\mu/e\mu$ 12.4%
  - Lep-Had $e/\mu + \tau_{had}$ 45.6%
  - Had-Had $\tau_{had} + \tau_{had}$ 42.0%
- Segnatura complessa:
  → τ_{had} problema della ricostruzione dei tau decaduti in adroni a partire dai getti
  → m_{mmc} problema della ricostruzione della massa invariante dell'Higgs Missing Mass Calculator (MMC) che tiene conto dell'energia trasversa mancante dovuta ai neutrini

2. Selezioni

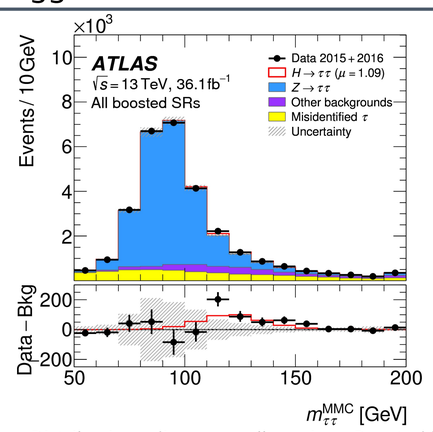
- 2 regioni di segnale per ogni canale di decadimento sensibili a differenti processi di produzione dell'Higgs (a loro volta suddivise in sottoregioni)

VBF: sensibile a produzione tramite Vector Boson Fusion caratterizzata da due getti ad alto momento trasverso

Boosted: sensibili a produzione tramite Gluon Fusion, eventi che falliscono la selezione VBF ed hanno un Higgs ad alto momento trasverso



Distribuzione di m_{MMC} nella regione VBF [1]

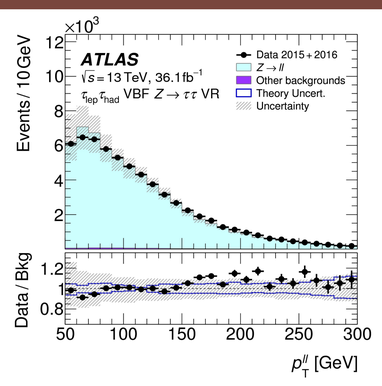


Distribuzione di m_{MMC} nella regione Boosted [1]

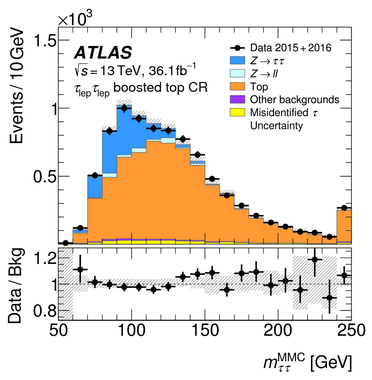
- Dedicate regioni di controllo per vincolare la normalizzazione del fondo: $Z \to ll$, Top
- Dedicata regione di validazione per verificare la corretta modellizzazione di $Z \to \tau\tau$ ma non viene utilizzata nel fit

3. Stima dei fondi

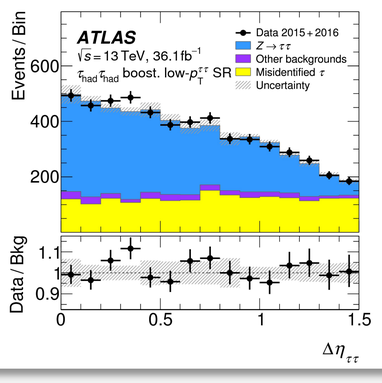
- $Z \to \tau\tau$ principale fondo irriducibile (50-90%), stimato tramite MonteCarlo Sherpa NLO
  - Normalizzazione direttamente ricavata dal fit sui dati
  - Regione di validazione per verificare la corretta modellizzazione usando eventi di $Z \to ll$
- Regioni di controllo per $Z \to ll$ (lep-lep) e Top (lep-lep e lep-had)
  - $Z \to ll$: $80 < m_{ll} < 100$ GeV
  - Top: richiesta di getti contenenti quark b
- Getti identificati erroneamente come τ o e/μ (multi-jet, W/Z + getti): tecniche data-driven
  - Template costruito in apposita regione di controllo e normalizzazione ricavata dal fit sui dati (had-had)



Distribuzione del p_T del sistema dileptonico nella regione di validazione VBF $Z \to ll$ (lep-had) [1]



Distribuzione di m_{MMC} nella boosted Top CR (lep-lep) [1]



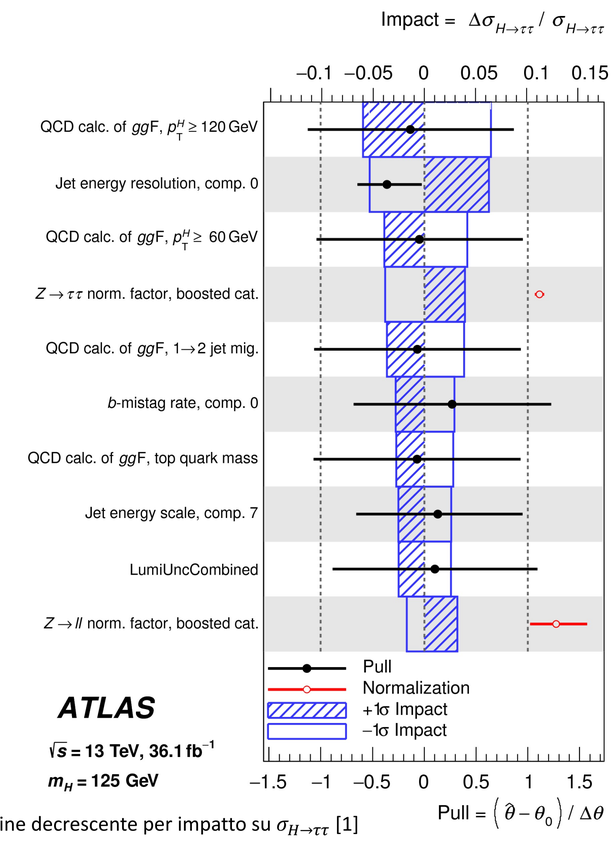
Distribuzione di $\Delta\eta_{\tau\tau}$ in una delle regione di segnale Boosted (had-had) [1]

4. Analisi statistica

- Fit di maximum likelihood per estrarre il parametro di interesse $\sigma_{H\to\tau\tau} \equiv \sigma_H x\, \mathcal{B}(H \to \tau\tau)$ dove σ_H è la sezione d'urto totale per tutti i modi di produzione dell'Higgs (il loro contributo relativo è assunto pari alla predizione del Modello Standard)
- Distribuzione massa invariante dell'Higgs m_{MMC} utilizzata nelle regioni di segnale
- Regioni di controllo utilizzate per vincolare la normalizzazione del fondo
- Le incertezze sistematiche sono incluse come nuisance parameters

Incertezze sistematiche principali in ordine di importanza relativamente all'impatto su $\sigma_{H\to\tau\tau}$:

- Incertezze teoriche per il segnale (ggF): incertezze di scala di QCD
- Risoluzione dell'energia dei getti
- Normalizzazione $Z \to \tau\tau$



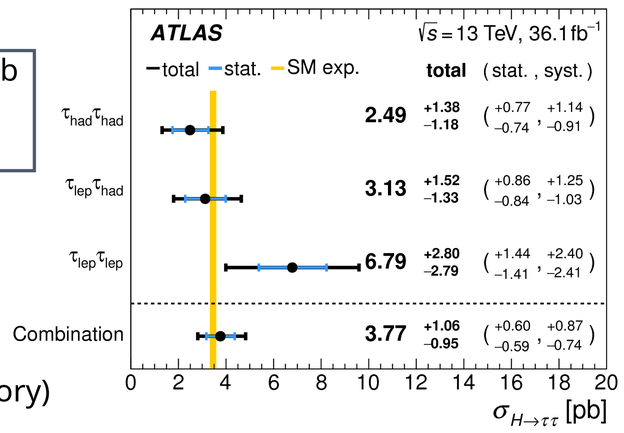
Incertezze sistematiche in ordine decrescente per impatto su $\sigma_{H\to\tau\tau}$ [1]

5. Risultati

- $\sigma_{H\to\tau\tau} = 3.71 \pm 0.59\,(\text{stat})^{+0.87}_{-0.74}\,(\text{syst})$ pb con una significanza osservata (aspettata) di 4.4 (4.1) σ
- Fit di signal strength

$$\mu = \frac{\sigma_{meas}(H \to \tau\tau)}{\sigma_{SM}(H \to \tau\tau)}$$

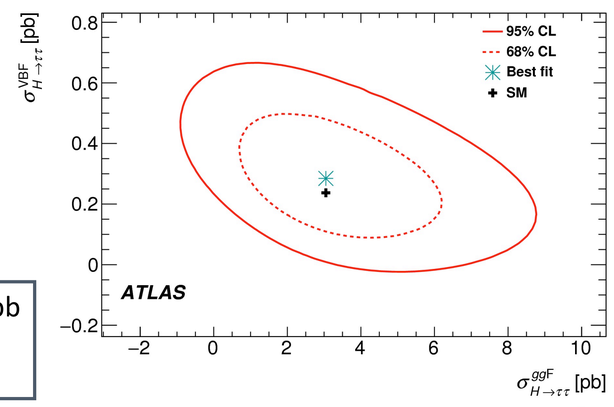
$$\mu = 1.09^{+0.18}_{-0.17}\,(\text{stat})^{+0.27}_{-0.22}\,(\text{syst})^{+0.16}_{-0.11}\,(\text{theory})$$



Valori misurati per $\sigma_{H\to\tau\tau}$ nei differenti sottocanali e per il risultato combinato. Il valore predetto dal modello standard con relativa incertezza è mostrato in giallo [1]

- Fit con due parametri di interesse: $\sigma^{VBF}_{H\to\tau\tau}$ e $\sigma^{ggF}_{H\to\tau\tau}$ per separare i contributi di produzione tramite VBF o ggF mentre tutti gli altri processi di produzione sono assunti secondo la predizione del Modello Standard

$$\sigma^{VBF}_{H\to\tau\tau} = 0.28 \pm 0.09\,(\text{stat})^{+0.11}_{-0.09}\,(\text{syst})\ \text{pb}$$
$$\sigma^{ggF}_{H\to\tau\tau} = 3.0 \pm 1.0\,(\text{stat})^{+1.6}_{-1.2}\,(\text{syst})\ \text{pb}$$



Contorni 2D al 95% e 68% di C.L. nel piano $\sigma^{VBF}_{H\to\tau\tau}$, $\sigma^{ggF}_{H\to\tau\tau}$. E' mostrato anche il valore predetto dal Modello Standard (in nero) [1]

- Fit combinato con i dati del Run 1 raccolti a $\sqrt{s} = 7$ e 8 TeV hanno portato ad una significanza osservata (aspettata) di 6.4 (5.4) σ
  → prima osservazione di $H \to \tau\tau$ in ATLAS
- Tutte le misure sono in accordo con le predizioni del Modello Standard

[1] "Cross-section measurements of the Higgs boson decaying to a pair of tau leptons in proton–proton collisions at √ s = 13 TeV with the ATLAS detector", ATLAS-CONF-2018-021, paper submitted to PRLD