

Štúdium produkcie top kvarku v ATLAS experimente na LHC

Diana Krupová

WEJCF 2019

15. januára 2019

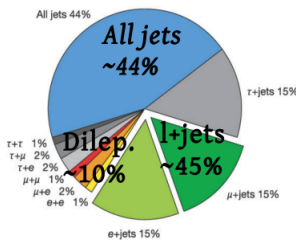
Top kvark

- predpovedaný 1977
- objavený 1995 - CDF a D0
- najťažšia zo všetkých elementárnych častíc ($m_t = 172,5 \text{ GeV}$)
- doba života $5 \cdot 10^{-25} \text{ s}$
- možnosť skúmať samotný kvark
- možnosti prejavov *novej fyziky*

Produkcia a rozpad topu na LHC



- kvôli gluónovej PDF (13 TeV na LHC) $\sim 90\% \uparrow$
- $t \rightarrow Wb$ ($\sim 99\%$)
- ATLAS aj CMS publikovali merania $d\sigma$ so stavmi po rozpade, ktoré obsahovali aj leptóny
- naša analýza sa bude zamierať na čisto hadrónové rozpadové kanály
- budeme vyberať len kandidátov na top s vysokou p_T



\sqrt{s}	8 TeV	13 TeV
$\sigma(t\bar{t})$ (pb)	253^{+13}_{-15}	832^{+40}_{-46}

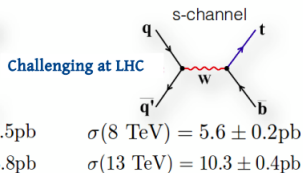
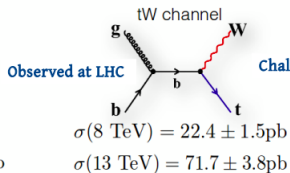
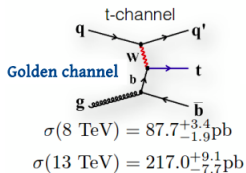
Meranie $t\bar{t}$

- inkluzívne aj diferenciálne merania ukazujú zhodu s očakávaniami SM
- použitie ako vstup pre ladenie MC a fitovanie PDF
- získanie účinného prierezu aj v oblasti, kde top má veľkú p_T
- použitie na stanovenie hraníc pre existenciu novej fyziky

Meranie t

- tiež zhoda so SM
- na zlepšenie získavania PDF a $|V_{tb}|$

Produkcia jedného topu



Particle level:

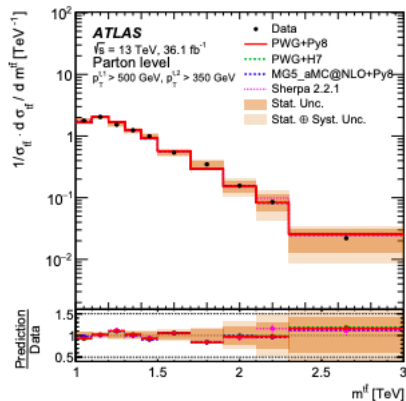
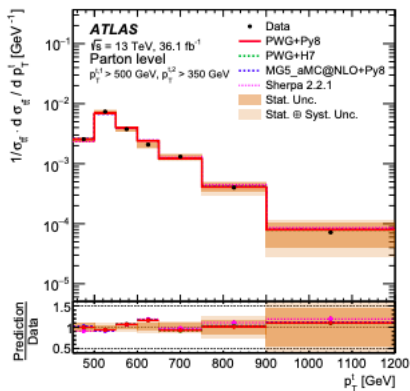
- truth: objekty (leptóny, jety) rekonštruované zo stabilných častíc pred interakciou s detektorom
- používame cuts \rightarrow menšie nepresnosti modelov, obmedzujeme závislosť na generátoroch

Parton level:

- truth: \bar{t} a t , po vyžiarení, pred rozpadom
- meranie extrapolované na celý fázový priestor
- porovnávanie výsledkov s najnovšími teoretickými výpočtami na časticovej úrovni nie je možné

Meranie diferenciálneho účinného prierezu

- z [1], partónová úroveň



- interakcie top kvarku môžu poskytnúť informácie o fyzike za štandardným modelom (BSM)
- prístup nezávislý od modelu založený na nízkoenergetickej effective field theory (EFT) sa používa na popis možných nových fyzikálnych javov
- s týmto prístupom fyzika vysokých energií obdrža efektívne interakcie, ktoré zahŕňajú len častice SM

- takáto teória poľa musí spĺňať $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_\gamma$ symetriu SM
- s touto požiadavkou jediný možný operátor dimenzie 5 narúša zachovanie leptónového čísla
- hlavné efekty sú generované operátormi dimenzie 6:

$$\mathcal{L}_{\text{eff}} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \frac{1}{\Lambda^2} \sum_i (C_i O_i + h.c.),$$

kde O_i sú operátory dimenzie 6 a C_i sú bezrozmerné koeficienty

- tieto interakcie sú potlačované násobením inverzným Λ , čo predstavuje mierku, v ktorej sa nová fyzika pohybuje
- škálovanie tak, že efekty novej fyziky sa nezáväzujú s energiou - zároveň však nezmiznú s limitou nízkych energií
- zo zoznamu všetkých niektoré nie sú nezávislé - nezávislých je 59

- podľa článku [2] *Constraints on top quark non-standard interactions from Higgs and $t\bar{t}$ production cross sections*
- na základe faktu, že silné interakcie prevažujú v produkcii $t\bar{t}$ na LHC, zvolíme prístup študovania hypotetickej štruktúry top kvarku len pomocou jeho interakcie s gluónmi
- parametrizácia podľa $SU(3)_C \times U(1)_{em}$, efektívne operátory:

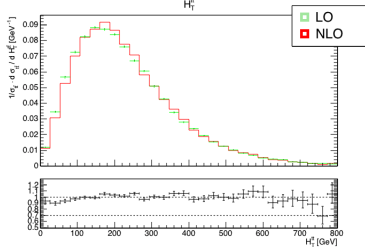
$$\begin{aligned}\mathcal{O}_1 &= \frac{C_1}{\Lambda^2} \bar{t} \gamma^\mu T^a t D^\nu G_{\mu\nu}^a \\ \mathcal{O}_2 &= \frac{C_2}{\Lambda^2} v \bar{t} \sigma^{\mu\nu} T^a t G_{\mu\nu}^a\end{aligned}$$

- tieto operátory ovplyvňujú produkciu $t\bar{t}$ aj Higgsovho bozónu \rightarrow vymedzenie odpovedajúcich Wilsonových koeficientov

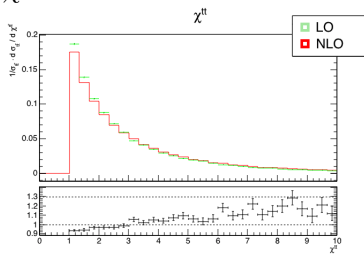
- kvôli časopriestorovej štruktúre funkcia vychádzajúca z \mathcal{O}_1 operátoru zaniká pri spojení s on-shell gluónmi \rightarrow neovplyvňuje dominantný mechanizmus produkcie Higgsovho bozónu na LHC
- aj keď \mathcal{O}_2 operátor vstupuje do oboch procesov, jeho príspevok len okrajovo modifikuje tvar rozdelení invariantnej hmotnosti a pričnej hybnosti top kvarku
- tvary normalizovaných $1/\sigma d\sigma/dm_{t\bar{t}}$ a $1/\sigma d\sigma/dp_t$ nie sú v podstate nijak ovplyvňované prítomnosťou operátoru \mathcal{O}_2

- používame *MG5_aMC@NLO* generátor
- nastavená $m_{top} = 172.5$ GeV
- generujeme $pp > t\bar{t}$ pri 13 TeV
- porovnávali sme vzorky (100k) vygenerované na LO a NLO
- väčší počet (10M) eventov a porovnanie LO s modelom GTTD
- partónová úroveň

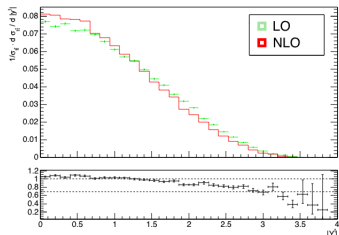
- $H_T^{tt} = |p^{t,1}| + |p^{t,2}|$



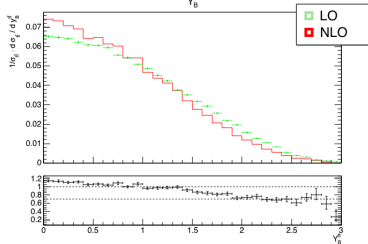
- $\chi^{tt} = e^{y^{t,1} - y^{t,2}}$



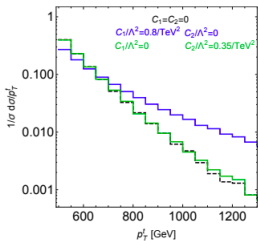
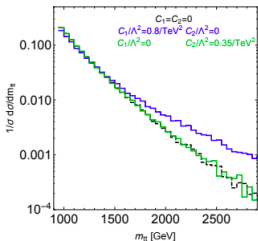
- $Y^t = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p_z c}{E - p_z c}$



- $y_B^{t\bar{t}} = \frac{1}{2} [y^{t,1} + y^{t,2}]$

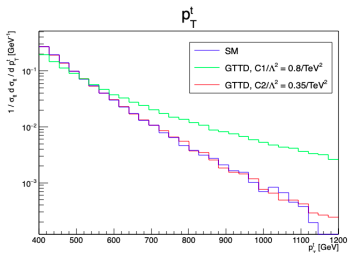
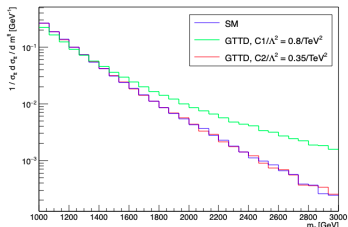


p_T a $m_{t\bar{t}}$ s modelom GTTD

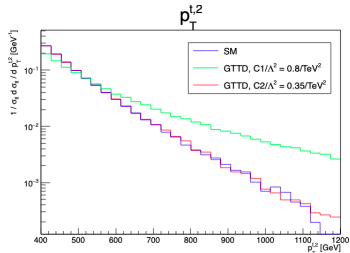
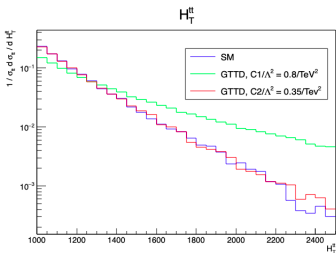
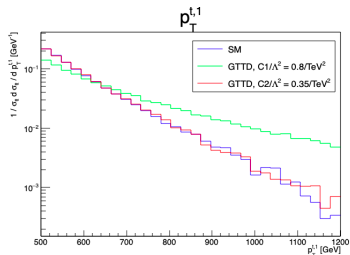
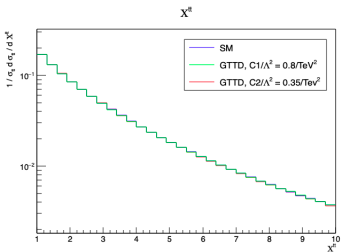


• z [2]

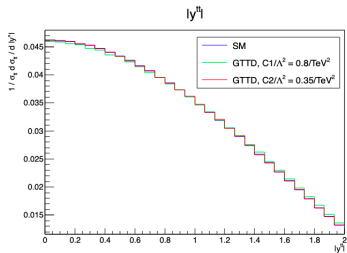
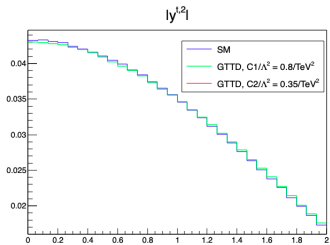
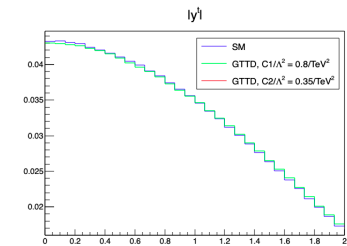
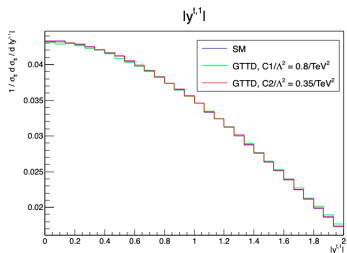
• naše - z 10 M eventov



Ďalšie kinematické distribúcie - vplyv parametrov







Ďalšie kinematické distribúcie - vplyv parametrov



- zahrnúť do generovania hadronizáciu
- importovať model $dim\delta top$, ktorý zahŕňa všetkých 59 parametrov
- porovnať EFT modely s nameranými dátami
- možné vylúčenie parametrov EFT modelu

Ďakujem za pozornosť

References

-  ATLAS Collaboration. *Measurements of $t\bar{t}$ differential cross-sections of highly boosted top quarks decaying to all-hadronic final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector*, arXiv:1801.02052 [hep-ex]
-  D. Barducci, M. Fabbrichesi, A. Tonero. *Constraints on top quark non-standard interactions from Higgs and $t\bar{t}$ production cross sections*, arXiv:1704.05478v2 [hep-ph]
-  F. Fabbri. *Top pair and single top production in ATLAS*, <https://cds.cern.ch/record/2281546>
-  P. Ferreira Da Silva. *Top quark production at the LHC*, arXiv:1605.05343v1 [hep-ex]