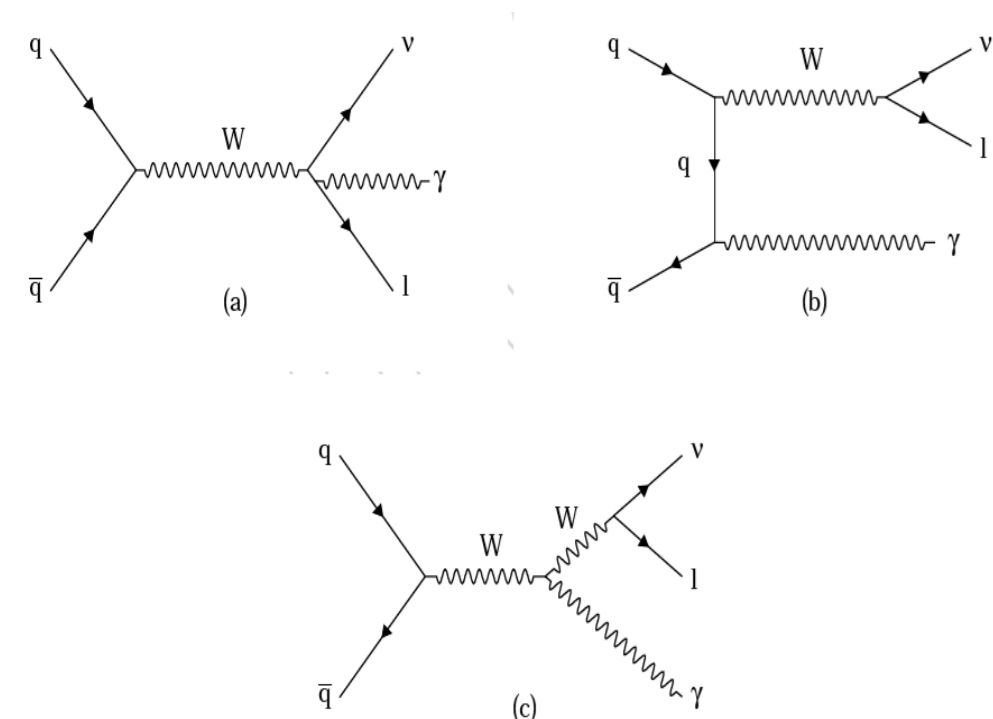


UVOD

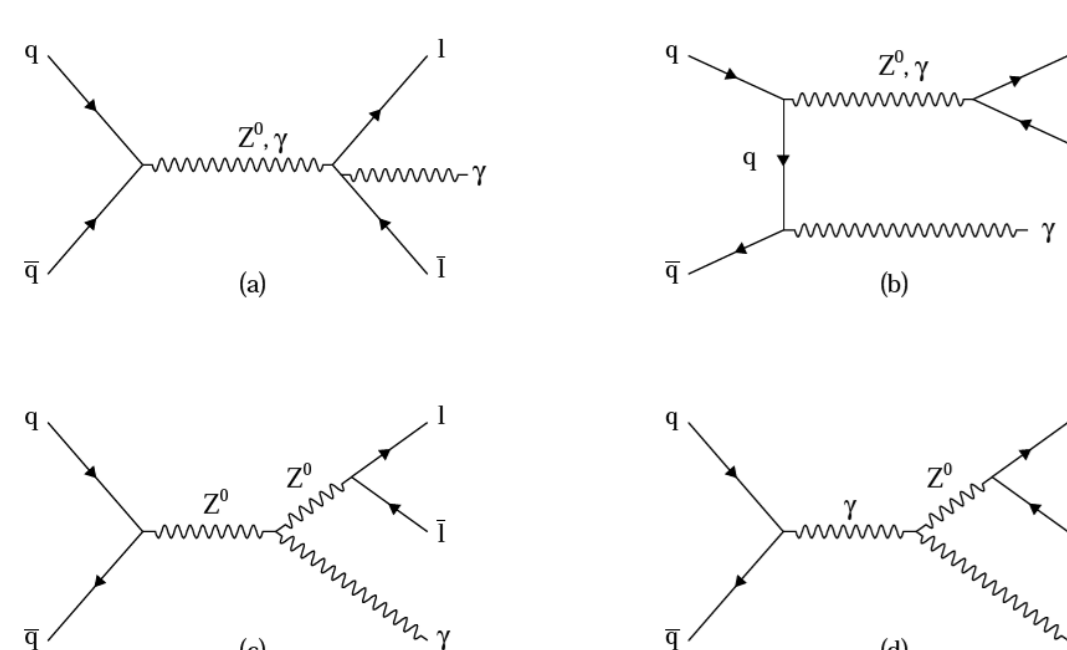
Sva trenutna saznanja o fizici elementarnih čestica obuhvaćena su Standardnim modelom, teorijom za koju znamo da nije potpuna. Na CERN-u se zadnjih godina intenzivno traga za odgovorima na važna pitanja.

CMS (od engl. Compact Muon Solenoid) jedan je od 4 velika detektora smještena na LHC (od engl. Large Hadron Collider) sudarivaču ubrzanih protona. Detektor je osmišljen sa idejom preciznog mjerenja svih čestica stvorenih u visokoenergijskih sudarima pomoću čega rekonstruiramo i proučavamo procese prisutne u samim sudarima.

Procesi sa 2 bozona, Wgamma, WZ i Zgamma posebno su zanimljivi jer omogućavaju pogled na fiziku elektroslabih interakcija. Udarni presjek procesa jedno je od njegovih osnovnih svojstava a mjerenje aTGC (od engl. Anomalous triple gauge couplings) omogućava uvid u fiziku izvan standardnog modela koja do danas nije poznata te je jedno od gorućih pitanja fizike elementarnih čestica. Potvrda postojanja aTGC bio bi indirektno opažanje takve Nove Fizike.

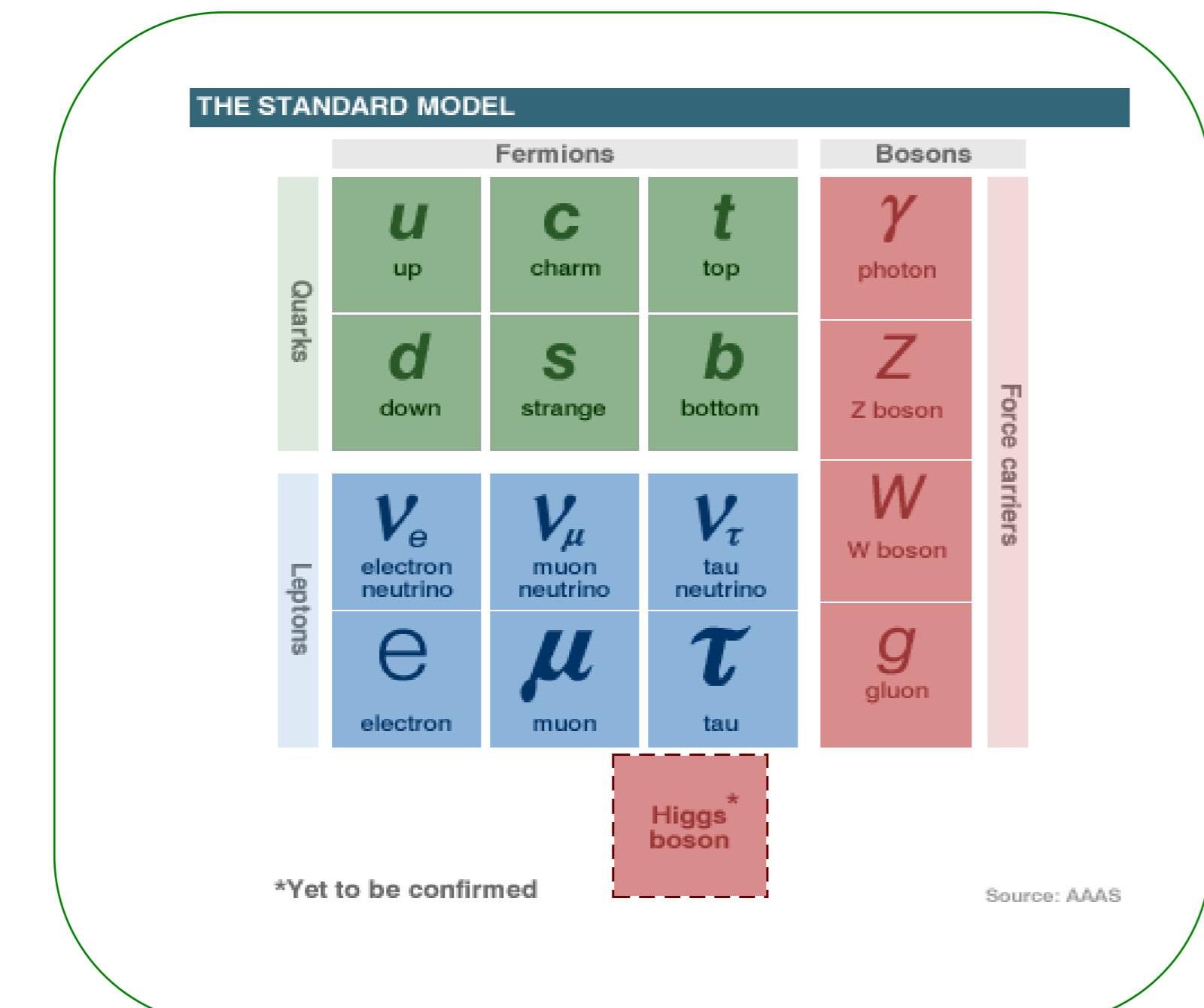
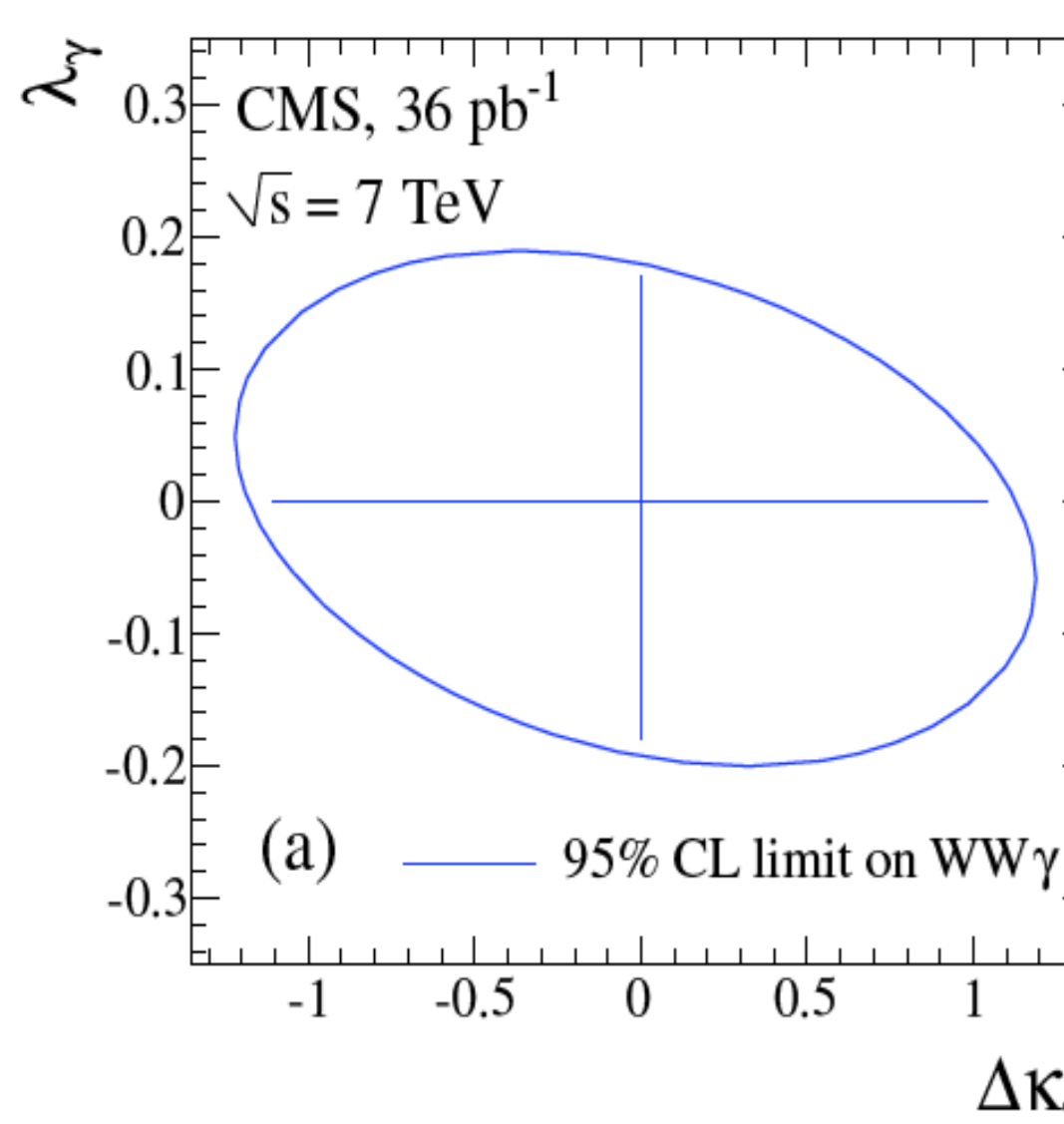


Slika 3: Različiti kanali produkcije Wgamma procesa na LHC sudarivaču protona. Kanali (c) obuhvaća trostruko vezanje vektorskih bozona.

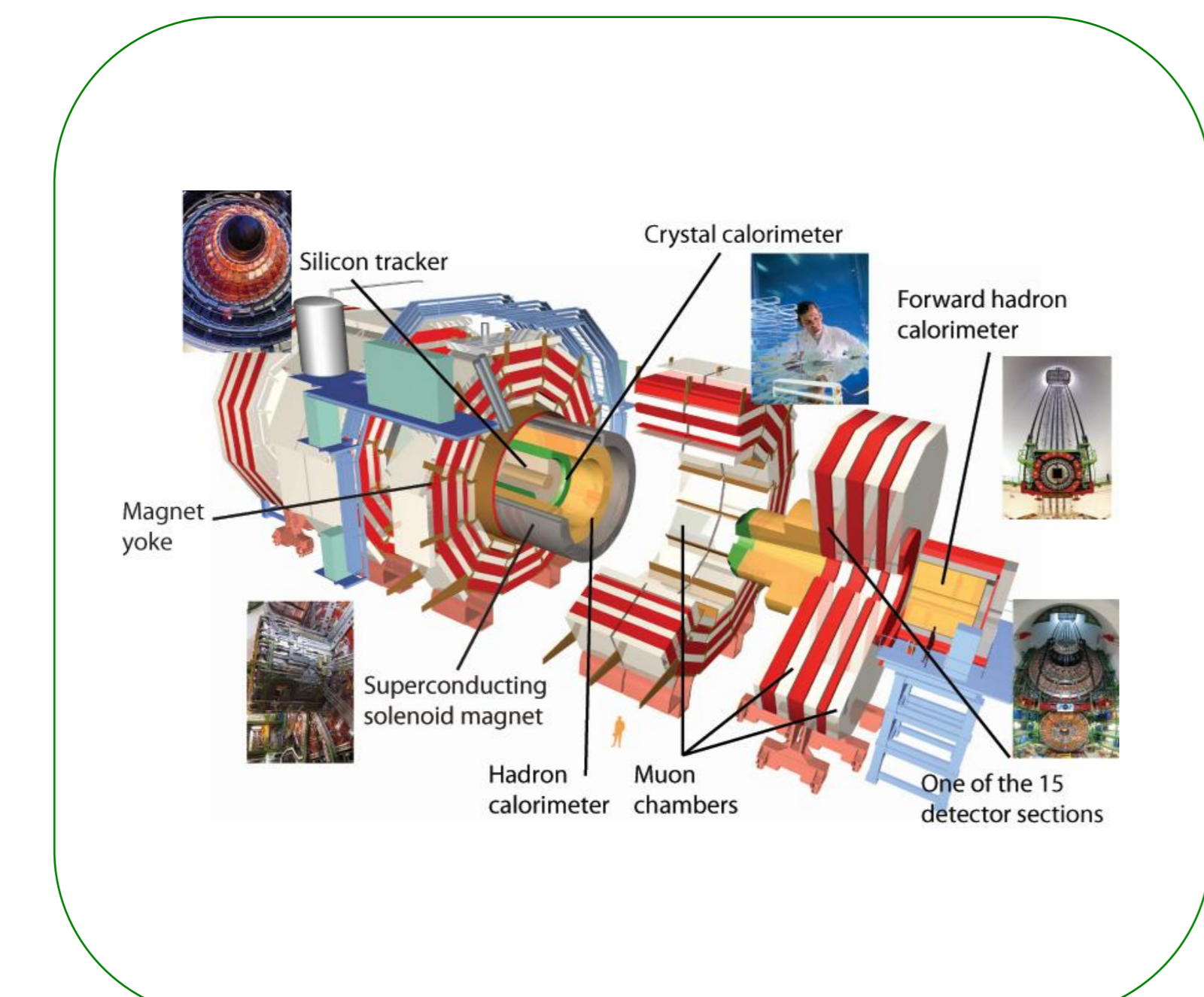


Slika 4: Različiti kanali produkcije Zgamma procesa na LHC sudarivaču protona. Kanali (c) i (d) obuhvaćaju trostruko vezanje vektorskih bozona.

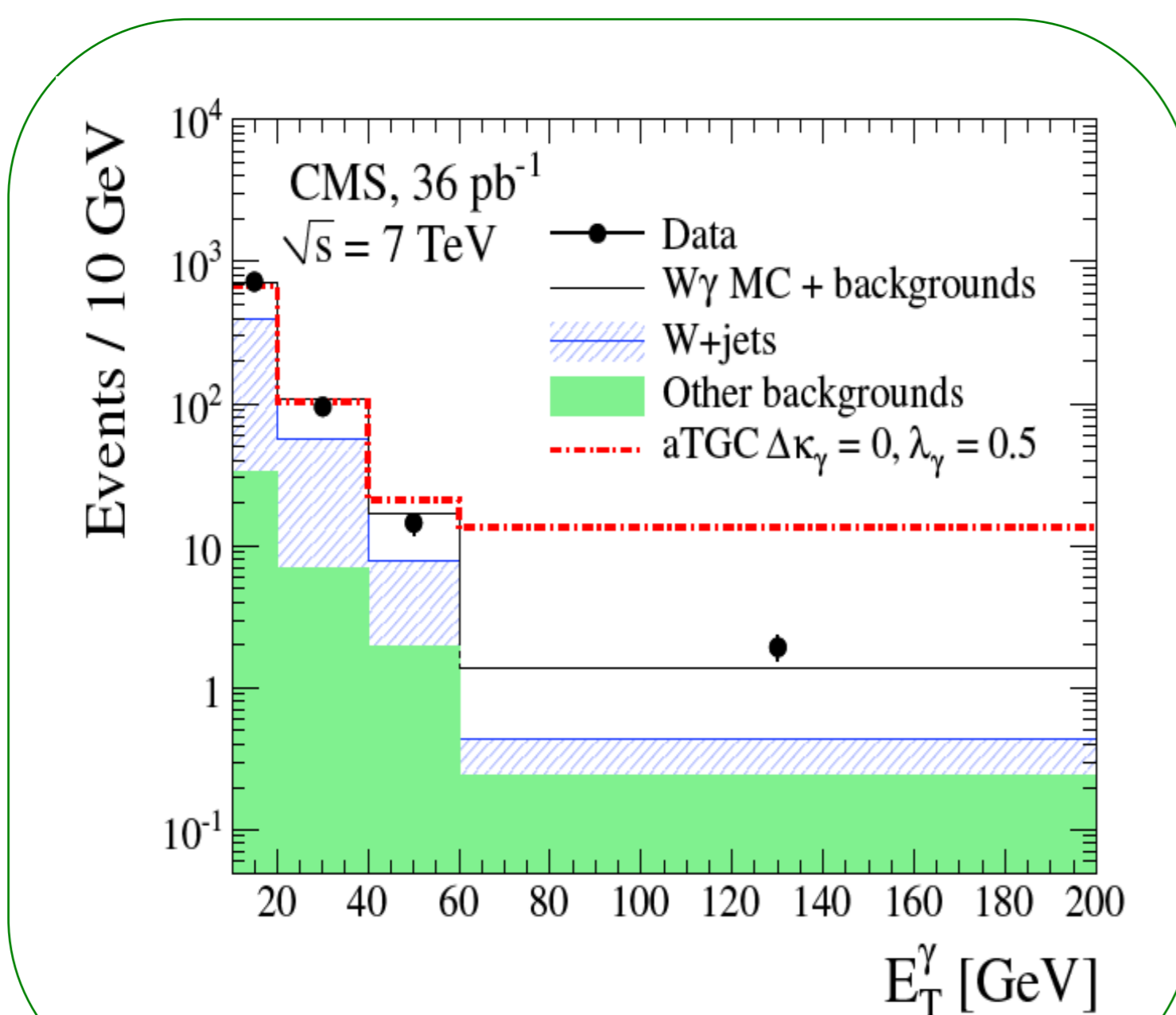
Analiziranjem podataka sa CMS detektora postavljene su gornje granice na aTGC parametre.



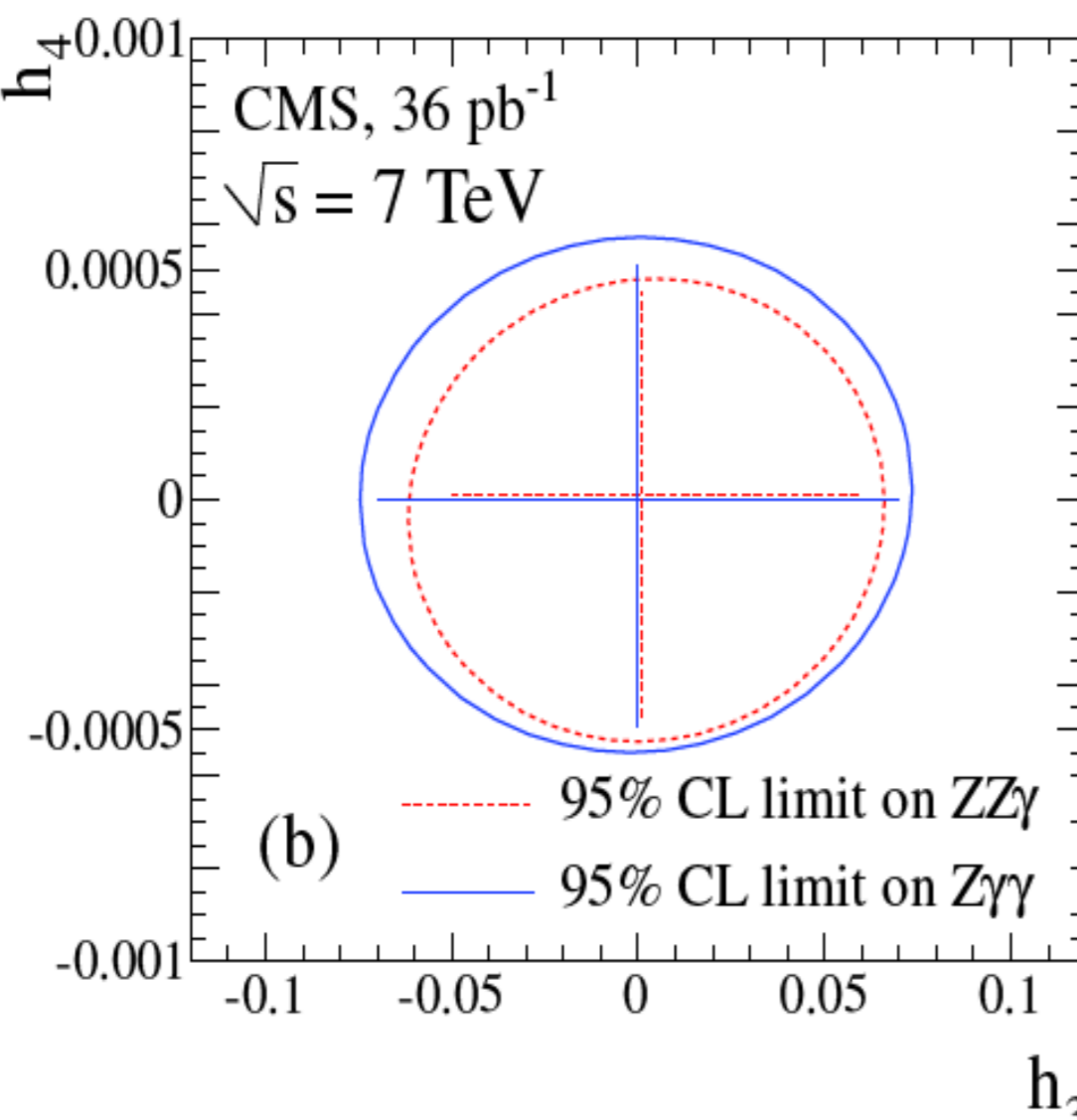
Slika 1: Tablica elementarnih čestica



Slika 2: CMS detektor se sastoji od više različitih poddetektora. Najbliže području sudara protona nalaze se silicijski pixel i strip tragači koji detektiraju tragove nabijenih čestica. Slijede elektromagnetski i hadronski kalorimetri koji mjere energiju čestica. Najdalje od područja sudara detektora nalaze se ionske komore sa zadaćom detektiranja miona.



Slika 5: Transverzalni impuls fotona događaja koji prolaze Wgamma selekcijske uvjete. Pozadine su prikazane zelenim i plavim histogramom a signal crnom linijom. Podaci su prikazani crnim točkama te isključuju pretpostavku postojanja aTGC, sa 95% nivom pouzdanosti, sa parametrima $\lambda_{\gamma\gamma} = 0$, $\lambda_{\gamma Z} = 0.5$ prezentiranu crvenom isprekidanom linijom.



Slika 6: 95% C.L. granice na aTGC parametre za Wgamma proces (mjerenje jakosti WWgamma vezanja) i Zgamma proces (mjerenje jakosti ZZgamma i Zgamma gamma).

WW γ	ZZ γ	Z $\gamma\gamma$
$-1.11 < \Delta\kappa_\gamma < 1.04$	$-0.05 < h_3 < 0.06$	$-0.07 < h_3 < 0.07$
$-0.18 < \lambda_\gamma < 0.17$	$-0.0005 < h_4 < 0.0005$	$-0.0005 < h_4 < 0.0006$

Pregled potrage za novom fizikom na CMS-u i LHC-u

Nažalost rezultati na sudarima iz 2011. godine još nisu dostupni za objavljivanje, no i na podacima iz 2010. godine su testirane neke od teorija izvan standardnog modela (BSM). Dajemo pregled najpoznatijih BSM teorija.

Higgs bozon – posljednji neotkriveni kotačić standardnog modela

Higgsov mehanizam – lom elektroslabe simetrije, manifestira se asimetrijom u masi baždarnih bozona elektroslabe sile (foton, W[±] i Z)

- Higgs bozon – predviđen je kao samostalna čestica spina 0 u slučaju da je Higgs-ov mehanizam objašnjiv unutar standardnog modela (ali je predviđen i u mnogim BSM teorijama)
- Higgs se veže na druge elementarne čestice proporcionalno njihovoj masi, tj. *generira* masu elementarnih čestica (veže se i sam na sebe)
- Masa Higgs bozona nije precizno predviđena teorijom ali je područje ograničeno i eksperimentalno i teorijski

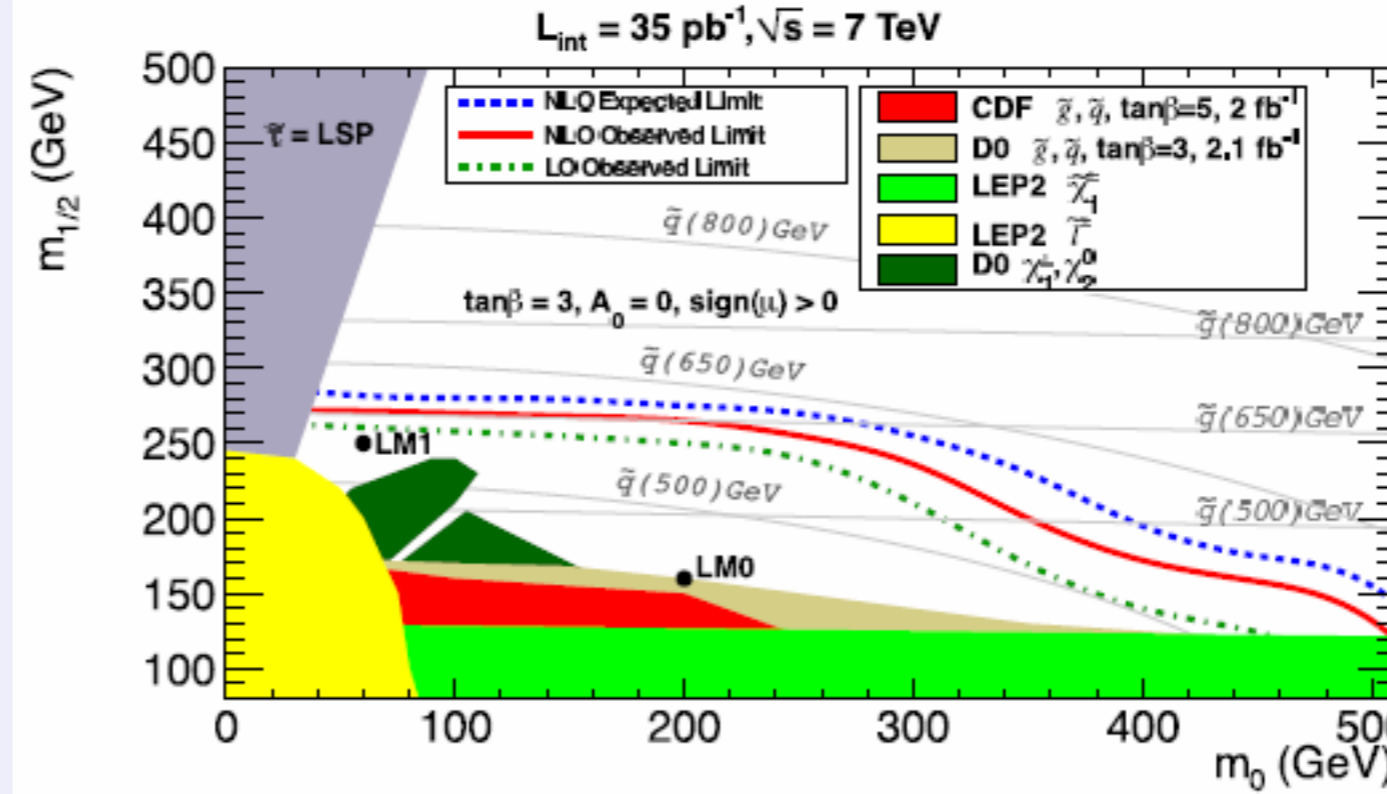
- U 2010. godini nismo u mogućnosti otkriti ili otkloniti mogućnost postojanja Higgs-a, zbog malog udarnog presjeka i velike pozadine ostalih procesa
- Do kraja 2012 godine LHC planira pokriti cijeli raspon mase Higgs-a moguće unutar SM.

Supersimetrije

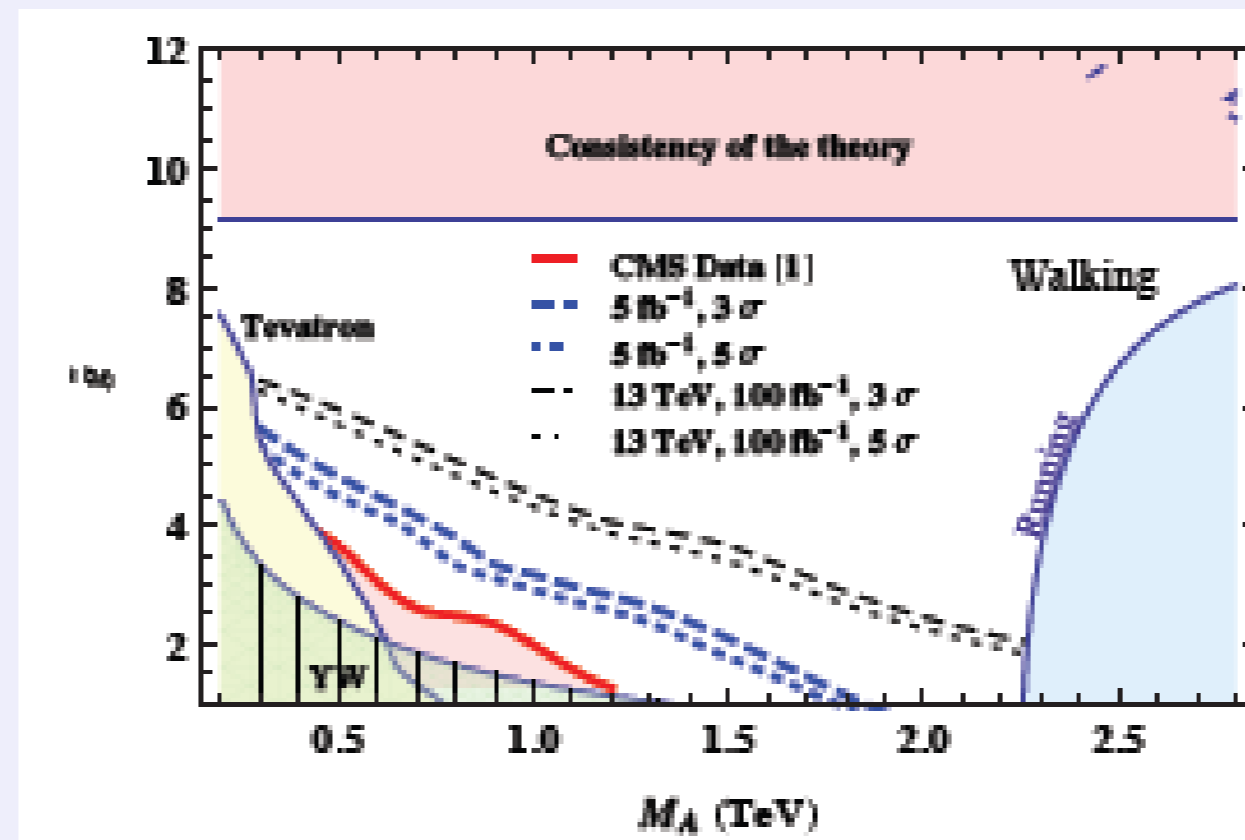
Skup teorija koje predviđaju postojanje "supersimetričnih" partnera čestica standardnog modela – postojanje simetrije između bozona i fermiona

- Ukoliko postoji u prirodi, ta simetrija je slomljena – jer ne primjećujemo supersimetrične partnere istih masa
- Supersimetrične čestice su izgledni kandidati za **tamnu tvar**
- Unificira elektroslabu silu i jaku silu (QCD), donekle i gravitaciju
- Nudi razjašnjenje "problema hijerarhije" – zašto je elektroslaba sila mnogo jača od gravitacijske (što je povezano i s masom Higgs-a).
- LHC je u 2010. objavio prve rezultate koje ograničavaju parametarski prostor supersimetrija, zasad ne pronalazimo supersimetriju!

Slika 10: SUSY parametarski prostor. crvena linija: isključeno na CMS-u u 2010.



Slika 11: Isključenje Technicolor parametarskog prostora na CMS-u



Modeli bez Higgsa

Neki od BSM modela predviđaju masivne baždarne bozone iznad granica koje su testirane na dosadašnjim akceleratorima.

- Technicolor - uvodi novu interakciju (tj. novu silu) umjesto Higgs-ovog bozona – asimptotski slobodno baždarno vezanje, analogno QCD-u, koje dinamički stvara Higgsov mehanizam.
- Ekstradimenzije (neki modeli) – također mogu uključivati efikavan Higgsov mehanizam

Novi baždarni bozoni

Predviđeni u nekim teorijama, bili bi vidljive rezonancije u višem spektru mase (ukoliko se nalaze unutar doseg LHC-a).

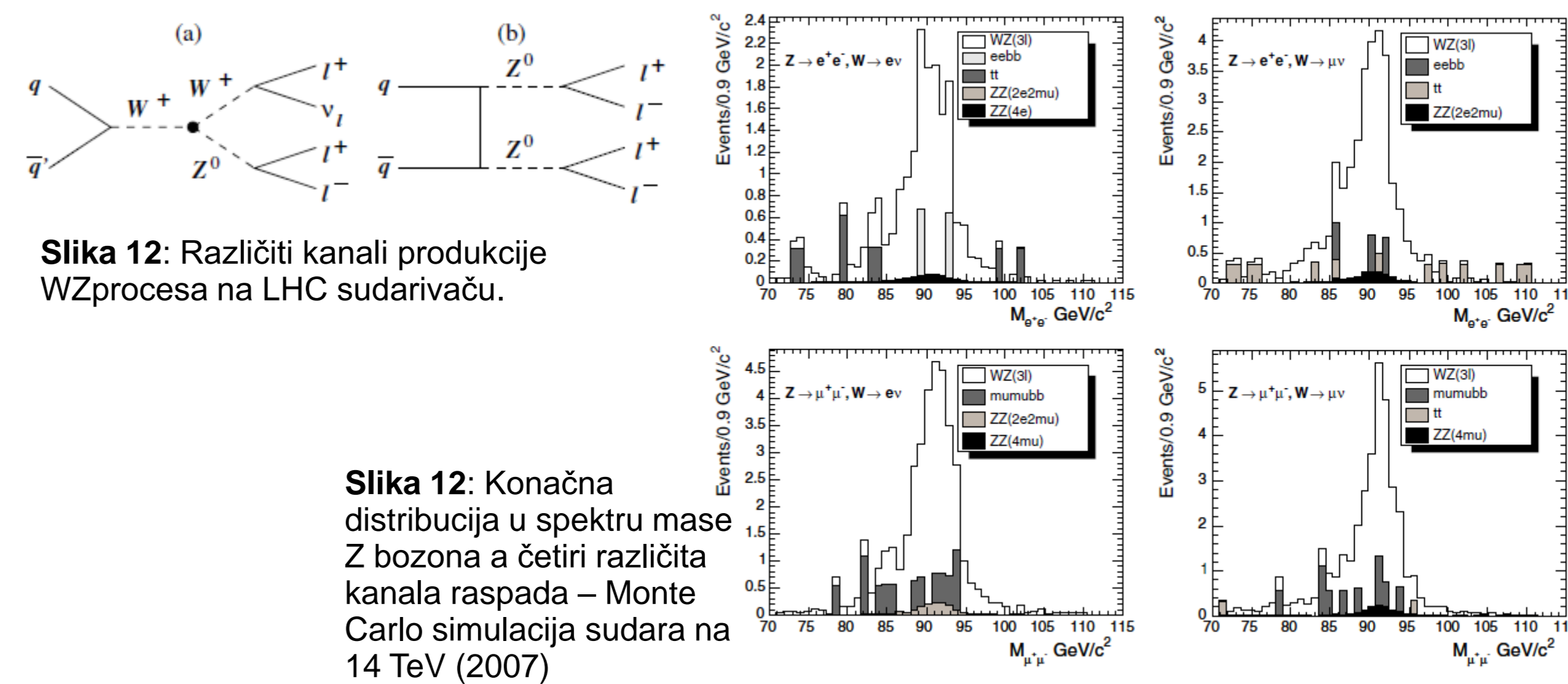
Što trenutno radimo

Na podacima iz 2011. godine radimo na mjerenju udarnog presjeka WZ → 3l

Trostruko baždarno vezanje, kao i u nekim W γ i Z γ kanalima → Također je moguće tražiti granice na anomalna vezanja

- Promatramo leptonske kanale raspada, tj. W[±] → e[±] ili W → μ[±] te Z → e[±]e[±] ili Z → μ[±]μ[±]
- Analiza je već napravljena 2007. godine na simulaciji detektora

- Prve rezultate iz 2011. očekujemo na 715 pb⁻¹ prikupljenih podataka (integriranog luminoziteta)



Slika 12: Različiti kanali produkcije WZ procesa na LHC sudarivaču.

Slika 12: Konačna distribucija u spektru mase Z bozona a četiri različita kanala raspada – Monte Carlo simulacija sudara na 14 TeV (2007)

REFERENCE

CMS Collaboration, Measurement of W γ and Z γ production in pp collisions at sqrt(s)=7 TeV, May 2011., arXiv:1105.2758

V. Brigljević et al., Study of di-boson production with the CMS detector at LHC, 2007., J.Phys G,34:N269-N295, 2007.

John Ellis, Searching for Particle Physics beyond Standard Model and elsewhere, 2011., arxiv.org 1102.5009v1

ZAHVALE

Zahvaljujemo se mentorima dr. Vuki Brigljeviću i dr. kreši Kadiji s kojima smo uključeni projekt MZOŠ-a "Eksperimentalna fizika na LHC energijama", te suradnicima na CMS kolaboraciji zajedno s kojima radimo na istraživanjima na CMS detektoru.