

# Új részecskék keresése a CERN LHC CMS detektorával

## PhD kutatási beszámoló, I. szemeszter

Major Péter

Témavezető: Dr. Gabriella Pásztor  
(ELTE TTK Fizikai Intézet Atomfizikai Tanszék)

2018. január 15.

### 1. Szuperszimmetrikus részecskék keresése foton + Higgs-bozon + hiányzó energia végállapotú folyamatokban

MSc szakdolgozatom témáját folytatva továbbra is dolgozom a Dr. Pásztor Gabriella és Bartók Márton doktorandusz által megkezdett szuperszimmetrikus részecskék utáni kutatásban. Ennek során egy olyan végállapotot vizsgálunk a CMS detektor 2016-ban gyűjtött  $\sqrt{s} = 13$  TeV energiájú adataiban, melyben a fenomenologikus minimális szuperszimmetrikus standard modell (pMSSM) a kísérletileg elérhető paramétertartományának számottevő hányadában eseménytöbbletet jósol. Ezen végállapotot egy nagy energiájú foton, nagy hiányzó transzverz energia és egy b kvarkokra bomló Higgs bozon jellemzi (GHbbMET).

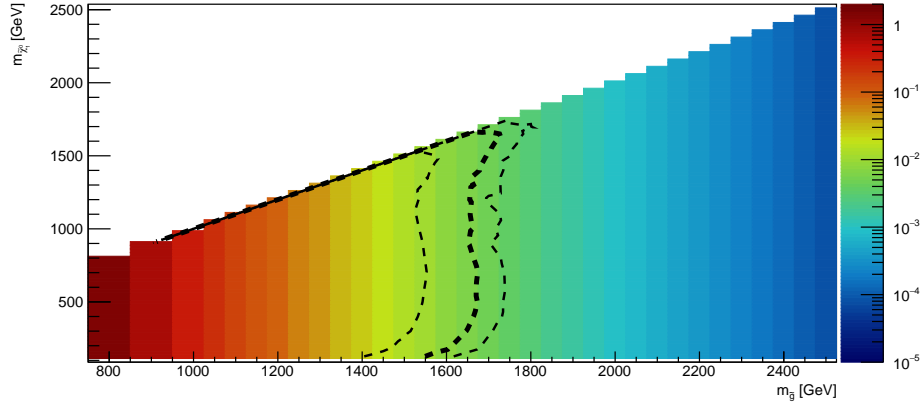
Az új fizika kimutatásához a Standard Modell folyamatokból származó háttér minél pontosabb becslése szükséges. A második legnagyobb járulékot a  $W+$  hadronsugár keletkezés adja, amikor a W bozon bomlásából származó leptonok a detektor egy érzéketlen részén keresztül távoznak. Az én feladatom kezdetben ezen háttér in-situ adatok felhasználásán alapuló meghatározása volt.

A számítások során egy, a jel régiótól diszjunkt, leptont is tartalmazó kontroll régióból extrapoláltam a háttérrel vissza a leptont nem megengedő jel régióba. Ezt (a végállapotban leptont tartalmazó folyamatokat leíró a CMS kísérlet által központilag biztosított) Monte Carlo adathalmazok segítségével tettem. Míg korábbi munkám során a fent említett GHbbMET végállapot egy általam választott és kinematikus változók segítségével meghatározott részén számítottam ki a kérdéses háttérrel, addig most a már folyamatban lévő analízishez kellett a kódot adaptálni mind paraméterekben, mind formailag, hogy az analízisben minden háttér forrás becslése konzisztensen kezelhető legyen. A becslést ezért az analízis jel régióján kívül el kellett végezni az ebben az analízisben domináns QCD háttér kontroll régióira is. Ezt a célkitűzést sikerült elérni. Az azóta történt változtatások az analízis infrastruktúrájában és az analízis optimalizációjára való törekvések előreláthatóan azonban további háttér mérések elvégzését teszik majd szükségessé.

Az analízis következő lépéseként a Monte Carlo algoritmus segítségével generált szuperszimmetrikus jelet és a becsült Standard Modell hozzájárulást figyelembevéve statisztikai hipotézisvizsgálat végezhető arra vonatkozólag, hogy a jel várhatóan kizárható lesz-e a kísérlet során, ha valóban nincs jelen. Több eltérő szuperszimmetrikus jelet is vizsgálunk, melyeket az első lépésben keltett szuperszimmetrikus részecske (gluinó ebben az esetben) és az NLSP (második legkönnyebb szuperszimmetrikus részecske, amely a neutralinó ebben a mérésben) tömegek indexelnek, s így ki tudunk alakítani egy várható kizárási tartományt a fizikai modellünk ezen két dimenziós paraméterterében, ahogy ezt az 1. ábra szemlélteti.

Az én feladatom, a statisztikai analízis elvégzése a CMS által biztosított program segítségével, és ennek alapján a végállapotú tér partícionálásának optimalizációja. A feladat szintén magában foglalja az ezen funkciót ellátó egységes szoftver rendszer kifejlesztését és üzemeltetését.

Az kutatást leíró Analysis Note az előkészületi fázisban van.



1. ábra. Példa egy tipikus kizárási ábrára. A színek a vizsgált folyamat hatáskeresztmetszetét ([pb]) szimbolizálják, míg a vastag szaggatott vonalon belüli régiót várakozásaink szerint 95%-os szignifikancia mellett sikerül kizárnunk. A keskeny szaggatott vonalak a kizárási határ  $1\sigma$ -ás hibaszámját szegélyezik. A vízszintes tengelyen a keletkezett gluínó, míg a függőlegesen az NLSP (neutralínó) tömeg szerepel.

## 2. Széles hadronsugár invariáns tömegének vizsgálata Monte Carlo adathalmazokban

Szakdolgozatom írása során tapasztaltam, hogy a Monte Carlo (a továbbiakban MC) adatok nem írják le pontosan a CMS adatokat a kontroll régióban, kiváltképpen ha olyan eseményeket vizsgálunk melyben előfordulnak széles,  $R=0.8$  nyílásszögű, hadronsugár. A különbség többnyire leírható volt egy konstans szorzó segítségével, azonban ez nem volt igaz a záporok invariáns tömegének eloszlására, ahol a mért és a szimulált eloszlások alakja jelentős eltérést mutatott.

Az eredményeket megvizsgálva arra jutottam, hogy az effektus nem magyarázható az MC komponensek közötti átfedéssel, így témavezetőm javaslatára a legnagyobb intenzitású komponens vizsgálatába kezdtem.

Ennek során olyan események kiválogatására töreksem, melyekben a zápor egy top kvark bomlástermékeiből, és csak azokból áll össze, így a tömegeloszlást vizsgálva egy éles csúcs megjelenése várható 172 GeV energiánál, s ezt az adatokkal összehasonlítva megbizonyosodhatunk a MC jóságáról. A kutatás folyamatban van.

## 3. A PLT detektor "zero counting" módszerének vizsgálata

A luminozitás a részecskefizikai analízisek alapvető mennyisége, mely összeköti egy folyamat hatáskeresztmetszetét (geometriai valószínűségét) a várhatóan megfigyelt eseményszámmal, s mindemellett a precíziós analízisek szisztematikus hibájának egy fő forrása az LHC-n.

A CMS detektor számára biztosított pillanatnyi luminozitás mérésére kifejlesztett négy detektor közül három a "zero counting" módszert alkalmazza, vagyis az alapján becsüli az átlagos beütésszámot, hogy megadott számú proton csomag keresztezés során hányszor nem regisztráltak az aldetektoron áthaladó részecskét.

A zero counting detektorok kalibrálására két implementált módszer létezik, az ú.n. Van der Meer (továbbiakban VdM) szkennelés és az emittancia szkennelés, mely tulajdonképpen egy mini VdM szkennelés koncentráltabb nyalábokkal és kevesebb mérési ponttal. Ezen módszerek alapja, hogy az ütköző nyalábok átfedését változtatva vizsgáljuk a beütésszámokat.

Az eredményeket megvizsgálva szembeötlök, hogy a két módszerből nyerhető kalibrálási konstansok szisztematikus módon eltérnek. Augusztusban két hetet töltöttem a CERN-ben, ahol azt a feladatot kaptam, hogy vizsgáljam meg ezen jelenség okát, mely a feltételezések szerint linearitási effektusokból, vagy az emittancia szkennelés korlátosabb tartománya miatt alkalmazott eltérő illesztési modellből fakadhattak.

Tartózkodásom alatt elkészítettem egy numerikus szimulációt, mely egy ideális detektor választását szimulálja a mért értékek alapján konstruált nyalábprofil mellett. Az eljárásban pontosan azokat az illesztési módszereket alkalmaztam, melyeket a VdM és az emittancia szkennelés adatait feldolgozó

algoritmusok. A szimuláció eredménye nem mutatott szisztematikus eltérést a két módszer által szolgáltatott eredmények között.

A 2017-es budapesti BRIL workshopon tartott előadásukban az effektust más szemszögből tovább vizsgáló fizikusok linearitási problémákra utaló eredményekről számoltak be.

#### **4. Konferencia előadás**

- Search for Supersymmetry with photons in CMS at LHC (on behalf of CMS Collaboration) 17. Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics, Budapest, 2017. december 4. - december 8.

#### **5. Konferencia részvételek**

- CMS BRIL Upgrade and Luminosity Workshop ( 2017 november 29 - december 1, ELTE TTK, Budapest)
- CMS Trigger Workshop, (2017 december 11-14, Belgrád)