

4. félévi beszámoló

Rádl Attila (attila.radl@cern.ch)

Részecskefizika és Csillagászat PhD program

Témavezetők: Siklér Ferenc, Veres Gábor

A dolgozat címe: Studies of color reconnection and fragmentation with the CERN CMS experiment

Bevezetés

A nagyenergiás ütközésekben keletkezett jetek vezető tagjának vizsgálata képet adhat a fragmentációs modellek pontosságáról. A jet tengelyhez mérten nagy rapiditással rendelkező részecskék összekapcsolhatóak az eredeti, nagy transzverzális impulzusátadással járó folyamatokkal. A vezető klaszterek tulajdonságainak elemzése a CMS által rögzített eseményekben segíthet a hadronizációs folyamatok alaposabb megértésében.

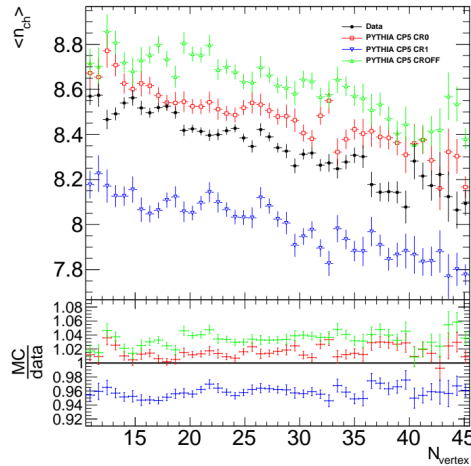
Kutatási eredmények összefoglalása

Az elmúlt négy szemeszter során a CMS detektorrendszer által rögzített jetek alapvető tulajdonságait összehasonlítottam a nagyenergiás fizikai folyamatok szimulálásához használt Pythia eseménygenerátor által jósolt eredményekkel. Alapvető célkitűzésként szerepelt az a vizsgálat, hogy a három tesztelt algoritmus közül melyik szín újracsatolódási mechanizmus használatával kaphatjuk a legpontosabb becslést a nagyenergiás kollimált részecskecsugarakban található töltött nyomok számának, valamint ezek összetöltésének tekintetében.

A várakozások szerint jet tengelyhez mérten nagy minimális rapiditás esetén megfigyelhető különbségek jelentkeznek a töltött részecskék számában, valamint ennek megfelelően a töltéeloszlásban is. Megvizsgáltam a fenti két tulajdonságot egy 2017-es 13 TeV középponti energiával rendelkező proton-proton ütközéseket tartalmazó adatsorban. A válogatás során a infravörös és kollinearisan biztonságos anti-kt algoritmussal klaszterezett, csak töltött nyomokból álló TrackJeteket gyűjtöttem a teljes elérhető transzverzális impulzus tartományban. A jetekre érzékeny HLT (High Level Trigger) adatfolyamok a megfelelő kimeneti ráta fenntartása érdekében skálázva vannak. A jetek eredeti mérhető transzverzális impulzus eloszlásának rekonstruálásához a triggererek által átengedett eseményeket, és a rögzített jeteket elláttam a megfelelő súllyal, amelyet megtartottam a további elemzéseknél is.

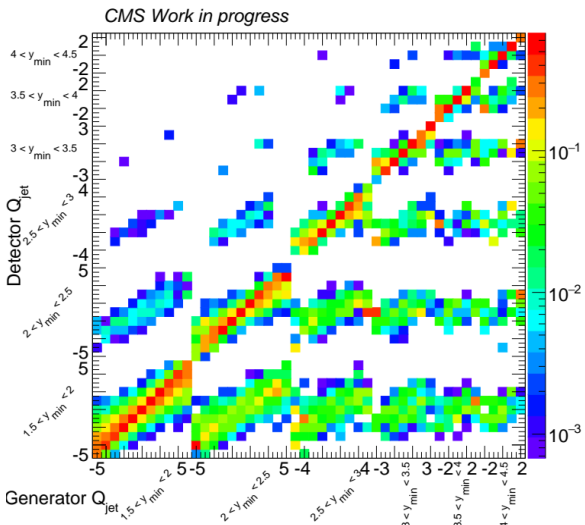
A Pythia generátorral három független mintát hoztam létre különböző szín újracsatolódási mechanizmusokkal. A teljes nagyenergiás proton-proton ütközési hatáskeresztmetszet csupán egy kis részében történik mérhető transzverz impulzussal rendelkező részecskecsoporthoz, nagy impulzus átadás. Ennek megfelelően különböző A CMSSW szoftvert alkalmazva mindhárom mintában található eseményeket átfuttattam a detektorszimuláción, így a valódi mérésnek megfelelő rekonstruált adatsorokat kaptam.

Az aktuálisan használt minta standard körülmények között lett rögzítve, így a nyalábkereszteződésenkénti eseményhalmazódás (pile-up) jetek tulajdonságaira vonatkozó hatását is megvizsgáltam. Az elsődleges kölcsönhatási pont nyalábirányú pozíciójának ismerete szükséges, hogy az eseményhalmazódásból származó részecskék kiszűrhetőek legyenek. A CMS nyomkövető detektorrendszerének felbontása ebben a tekintetben a rekonstruált adatok elemzésével ~ 0.5 mm-nek adódott. A jelenlegi eredmények alapján a jetekbe kerülő, eseményhalmazódásból származó trackek nem befolyásolják jelentősen a rekonstruált jetekben található töltött részecskék átlagos számát, így analízis aktuális eredményeit sem.

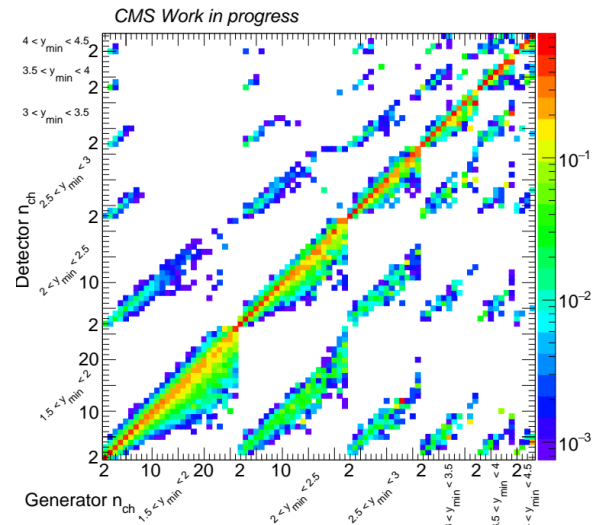


1. Ábra Töltött trackek átlagos száma a jetekben az eseményhalmazódás miatt megjelenő extra vertexek függvényében.

A generált események teljes detektorszimuláción mennek át, hogy a valódi mérésekhez hasonló eredményeket kaphassunk a szimulációs folyamat végén. A konkrét fizikai folyamatok vizsgálatához azonban vissza kell alakítani a detektor által mért eloszlásokat. Ezt a transzformációt unfolding-nak nevezzük, amely a detektor szimulációja során használt válaszmátrix inverzét felhasználva ad becslést az adott fizikai mennyiség eredeti eloszlására. A generált és rekonstruált jetek össztöltését, valamint a töltött trackek számát vizsgálva meghatározhatóak az eredeti eloszlások. Mindkét esetben a diagonális tagok dominálnak a válaszmátrixban, így az invertálás megfelelő regularizációs paraméter választásával elvégezhető.



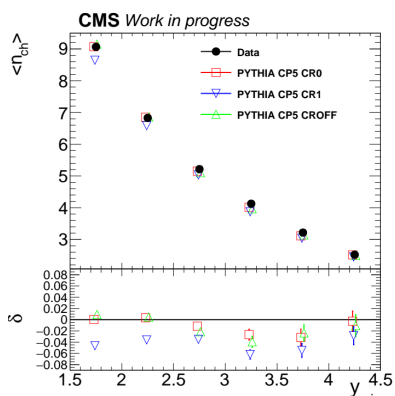
2. Ábra A jetek össztöltésének vizsgálatához tartozó válaszmátrix. A mért értékhez tartozó binek (detector) a valódi (generator) össztöltés függvényében látható.



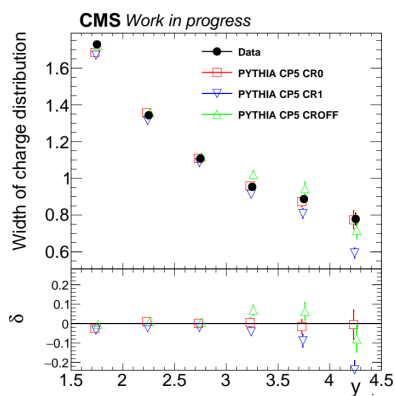
3. Ábra A jetekben található töltött trackek vizsgálatához tartozó válaszmátrix. A mért értékhez tartozó binek (detector) a valódi (generator) értékek függvényében látható.

A jetek mért tulajdonságait összehasonlítva a detektorszimuláción átfuttatott generált eseményekben található jetekkel feltérképeztem az invertálás előtt a várható tendenciát. A jetek össztöltésének alakulását, valamint a jetekben található trackek számát is hat eltérő minimális rapiditás gap tartományban elemeztem. Az eredmények összefoglalásához használt ábrák ezen eloszlások egy adott tulajdonságát mutatják meg. A eredeti eloszlásokból származtatott mennyiségeket különböző rapiditás gap értékeknél ábrázoltam, hogy ezzel láthatóvá váljon a hadronizációs modellek közötti eltérés. Az ábrák alsó részén a relatív különbség látható:

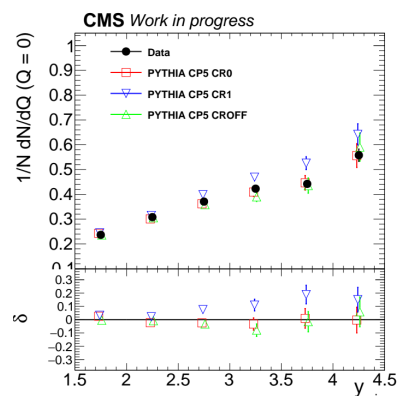
$$\delta = \frac{r_{MC} - r_{data}}{r_{data}}$$



4. Ábra Töltött részecskék átlagos száma különböző nagyságú rapiditás gap-pel rendelkező rekonstruált jeteknél.

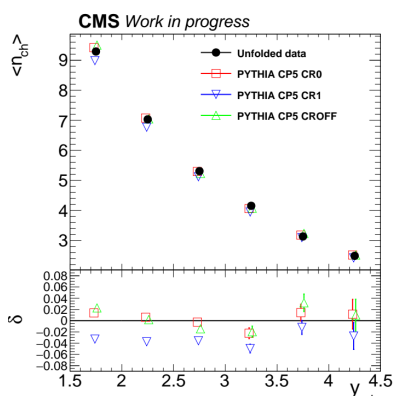


5. Ábra A jetek összetöltés eloszlásának szélessége különböző nagyságú rapiditás gap-pel rendelkező rekonstruált jeteknél.

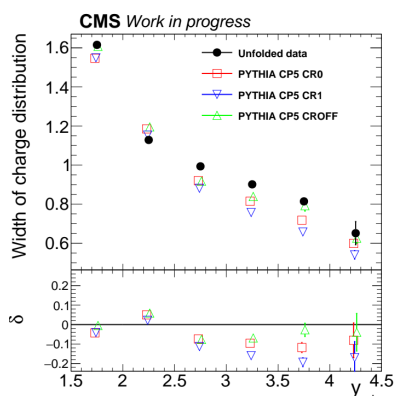


6. Ábra A semleges összetöltésű jetek aránya különböző nagyságú rapiditás gap-pel rendelkező rekonstruált jeteknél.

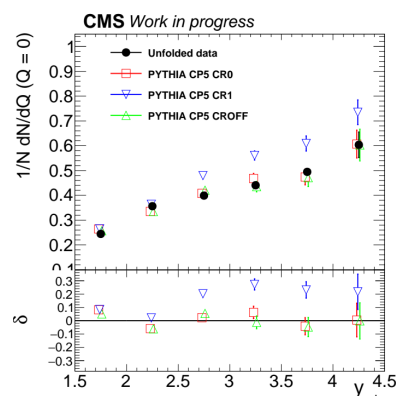
A méréstől független eloszlások alapján készült összefoglaló ábrák szerint a csupán a szín újracsatolódási paraméterekben eltérő generált minták között eltérés figyelhető meg. A generált jetek számának további növelésével a nagyobb jet tengelyhez mért minimális rapiditás gap tartományok is feltérképezhetőek lennének.



7. Ábra Töltött részecskék átlagos száma különböző nagyságú rapiditás gap-pel rendelkező jeteknél a rekonstrukció előtt.



8. Ábra A jetek összetöltés eloszlásának szélessége különböző nagyságú rapiditás gap-pel rendelkező jeteknél a rekonstrukció előtt.



9. Ábra A semleges összetöltésű jetek aránya különböző nagyságú rapiditás gap-pel rendelkező jeteknél a rekonstrukció előtt.

A DOROS (Diode Orbit and Oscillation) detektorok részei a BPM (Beam Position Monitor) rendszernek amelyek mérései alapján határozható meg a protonnyalábok aktuális pozíciója, amely különösen fontos a kalibrációhoz szolgáló Van der Meer (VdM) scan-nek során. A nominális értéktől számos okból térhet el a nyalábok mért valódi helye. A megfelelő kalibrációhoz pálya elmozdulásán túl figyelembe kell venni a töltött részecskékből álló nyalábok közötti kölcsönhatást, valamint adott esetben az eltérítést végző mágnesekben létrejövő hiszterézis hatását is. A nominális értékhez történő kalibráció, valamint a korrekciók ellenőrzéséhez a DOROS BPM-ok mérésein felül fel lehet használni a LHCb detektorrendszerhez tartozó Beam Gas Imaging (BGI) nyalábpozíciót vizsgáló detektor által biztosított adatokat is. A DOROS méréseket kalibráltam a nominális értékekhez, és ettől függetlenül a BGI mért koordinátaíhoz is. Ezután összehasonlítottam a két különböző kalibrációból származó eredményeket.

A BRIL (Beam Radiation, Instrumentation and Luminosity) luminozitást monitorozó rendszer részeként működő PCC (Pixel Cluster Counting) algoritmus a nyomkövető detektorok által mért trackek száma alapján monitorozza a luminozitást. A PCC megfelelő módosításokkal online is képes lehet mérni a luminozitást a következő mérési szakasz, a Run 3 alatt. Az eseményenkénti luminozitás meghatározásához módosított algoritmus létrehozását követően ennek kimenetét megfelelő formátumúra kell alakítani, hogy a korrekciókat és a nem megfelelően működő modulokat figyelembe vevő folyamat kezelhesse az adatokat. A CMSSW programcsomagban létrehoztam az eseményenkénti kollekcióhoz, és ezek összegyűjtéséhez szükséges modult, valamint az eseményenkénti tárolást biztosító új adatformátumot.

Aktuális félévben elvégzett kutatás

Az aktuális eredményeimet prezentáltam a Yearly SMP-HAD Workshop (<https://indico.cern.ch/event/996651/>) eseményen. Az analízis kollaboráción belüli elfogadásához az adatok előkészítéséről, valamint az analízis során elvégzett lépések részletes dokumentációjára van szükség, aminek összeállítását elkezdtem a szemeszter folyamán.

A DOROS és BGI nyaláb pozícióját mérő detektorok kalibrációjának vizsgálatánál a nyalábok közötti kölcsönhatásból származó korrekciót próbáltuk pontosítani.

Tanulmányi tevékenység

A szemeszter folyamán az alábbi ELTÉ-n elérhető kurzust végeztem el:

- Rácstérelmélet I.

Oktatási tevékenység

Környezetfizikai Módszerek Laboratóriumi Gyakorlat tárgyhoz kapcsolódó laborgyakorlatok során a Vizek tríciumtartalmának meghatározása elnevezésű mérések lebonyolítása (3 óra).