

2. félévi beszámoló (2022/23/2)

Az erősen kölcsönható anyagban keletkező részecskék eloszlásai  
és korrelációi CERN SPS energiákon

Pórfy Barnabás  
barnabas.porfy@cern.ch  
barnabasp@staff.elte.hu  
porfy.barnabas@wigner.hu

Részecskefizika és Atomfizika PhD program

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

Témavezetők: Csanád Máté (ELTE, Atomfizikai Tanszék)  
Társtémavezető: László András (Wigner FK, Részecske- és Magfizikai Intézet)

# 1. Bevezetés

A doktori kutatásom alatt a CERN Super Proton Synchrotron egyik kísérleténél, az NA61/SHINE-nél végzek különböző atommagütközésekből felvett adatokon analízist. Ezen felül további kalibrációs tevékenységekben is részt veszek.

A kutatásom során kvantumstatisztikus kétreszezske-korrelációkat mértem, pontosabban femtoszkópikus-korrelációkat (Bose–Einstein- vagy HBT-korrelációkat), azonos töltésű pion-párookra építve. Ezzel a méréssel az erősen kölcsönható anyag femtométer skálájú téridőstruktúráját tudjuk feltérképezni. Az ultrarelativisztikus ütközések során kialakuló forrás leírásához szimmetrikus Lévy-eloszlást tételezek fel, amely a Gauss-feltevésnél általánosabb megközelítést enged meg. Emellett fontos kiemelni, hogy ezzel a leírással az erősen kölcsönható anyag fázisdiagramján feltételezetten megjelenő kritikus pontra is kaphatunk jeleket.

## 2. Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

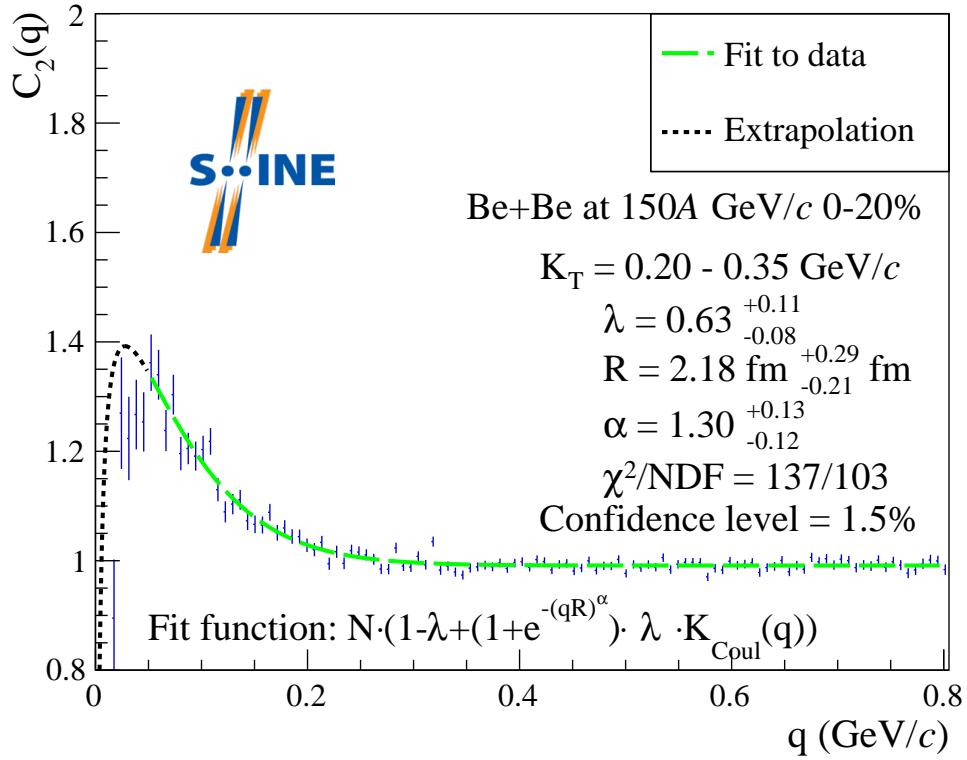
Az előző félévben említett kutatásokat [1] folytatván alább ismertetem az aktuális félév eredményeit.

### 2.1. Lévy-típusú Bose–Einstein-korrelációs mérések

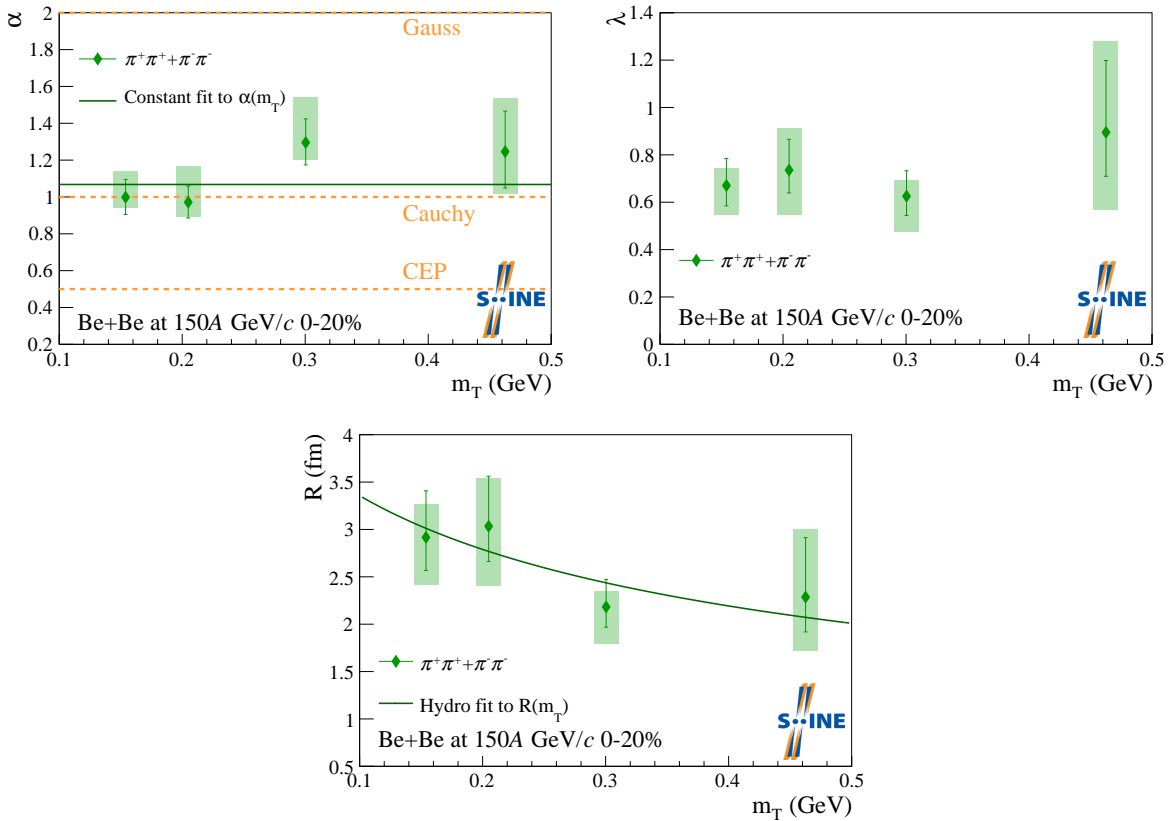
A doktori iskola első félévében véglegesítettem a Be+Be 150A GeV/c nyalábenergiás rendszeren végzett Lévy-típusú Bose–Einstein-korrelációs méréseimet. Az aktuális félévben az eredményeket publikáló cikket jóváhagyta az NA61/SHINE kollaboráció, a kéziratot feltöltötték a CERN Document Server oldalára, illetve elérhetővé tettük az arXivon is. Mindezek után beküldtük a European Physics Journal C folyóirathoz, ahol jelenleg is elbírálás alatt van. Az eredmények ugyanakkor publikusan elérhetőek, alább láthatóak az 1.-2. ábrákon. Továbbá, a félév alatt többször is tartottam on-line találkozót a szerkesztőségi tagokkal (Editorial Board), ahol a folyóirat szerkesztőitől kaptam kommenteket vitattuk meg.

Az adatelemzés folyamatát az előző beszámolóban [1] kifejtettem, ennél fogva most csak a főbb pontokra térek ki. A pion párok korrelációs függvényeinek (lásd 1. ábra) megmérése a pár átlagos transzverz impulzus ( $K_T$ ) intervallumán és egy elméleti úton meghatározott függvényalakokkal [2–4] való illesztése után a meghatározott paraméterek vizsgálata következett. A három fő paraméter a Lévy-skálaparaméter ( $R$ ), a korrelációs függvény erőssége ( $\lambda$ ), illetve a Lévy-exponens ( $\alpha$ ). A végezetül pedig a szisztematikus bizonytalanságok vizsgálata, amelynek során a korrelációs függvényeket újramérem az alap beállítástól eltérő vágásokkal, ezután pedig végrehajtom újra a függvényillesztést. Az analízis további részletei megtalálhatóak a 3. pontban felsorolt publikációban [5]. A 2. ábrákon látható eredmények közül a legfontosabb számunkra az  $\alpha$  paraméter. A Lévy-exponens paraméter 0,9 és 1,5 közötti értékeket vesz fel a teljes transzverz tömeg tartományon, ami jelentősen nagyobb, mint a kritikus pont körül várt 0,5 érték. Ez alapján látható, hogy a Lévy-feltevés érvényes, és a forrás alakja nem Gauss ( $\alpha = 2$ ).

A „preliminary”, más néven előzetes, státuszt elért, Ar+Sc 150A GeV/c nyalábenergiás adatsoron mért Lévy-típusú Bose–Einstein-korrelációs analízisemet folytattam két kisebb nyalábenergián, 40A GeV/c és 75A GeV/c. Ezekon az energiákon az egyik fő akadály, a csökkenő átlagos, eseményenkénti multiplicitás. A legnagyobb energián ez átlagosan 96 részecskét jelent, 75A GeV/c esetén már csak 65, és az eseményenkénti átlagos részecskeszám 44 a 40A GeV/c nyalábenergiás mérésnél. Látható tehát, hogy az alacsony energiás kutatások esetén a fő kihívás a csökkenő statisztika. Ebből kifolyólag a korrelációs függvény létrehozásánál más



1. ábra



2. ábra

megközelítést kell alkalmaznom. Az alacsony energiás adatokon készült méréseket elvégeztem, azonban még a finomhangolni kell a pálya- és párvágásokat.

## 2.2. Kalibráció

Az első féléves beszámolóban [1] említett kalibrációs projektet folytattam, annak részletes bevezetése megtalálható a beszámolóban. A fő cél ezzel a kalibrációval az, hogy lecsökkentsük az elsődleges ionizációból érkező részecskék időmérésből származó hibákat. Ehhez teszt adatokat vettünk fel 2022 őszén, amelyekre elvégeztem a kalibrációt. A TPC paden megjelenő válaszfüggvény (jel) jól közelíthető Gauss-függvénnyel. Kutatásomban a jel középértéket kellett meghatározni, ehhez az úgy nevezett Center of Gravity (súlypont) módszert alkalmaztam. Ezek után ki kellett választani egy megfelelő referencia jelet, majd a további csatornákból kapott jelekre kiszámítani a súlypontot. Miután megvan minden csatornából érkezett jelnek a csúcs pozíciója, le kellett vonni a referencia értéket, ezzel megkapva, a kalibrációhoz szükséges eltéréseket. Megbizonyosodva, hogy a mintán elvégzett eredmények elfogadhatóak, a mérést elvégeztem nagyjából 1000 eseményre, majd átlagoltam az eltéréseket és lefuttattam egy ellenőrző tesztet 2000 eseményre.

A kalibrációs adatokat feltöltöttem a kísérlet belső adatbázisába, amelyeket a azóta aktívan használnak. A kalibráció további pontosításának érdekében a halott csatornák precízebb szűrését, illetve a súlypontok pontosabb számolását is végre lehet hajtani majd. Az eredményeimet március végén bemutattam a 5. pontban említett együttműködési találkozón (Collaboration Meeting).

## 3. Publikációk

Az idei félévben két publikáción dolgoztam, egy sokszerzős, végleges adatokat bemutató publikáción [5], illetve egy egyszerezűs ('for the NA61/SHINE Collaboration' típusú) referált, impakt faktoros, konferenciakötetben megjelent cikken [6]. A sokszerzős cikk jelenleg javítás utáni elbírálás alatt van a European Physics Journal C szerkesztőinél. A dokumentumban a Lévy-típusú Bose–Einstein-korrelációk elméletét, metodikáját, az NA61/SHINE kísérletet és az első eredményeimet, a Be+Be 150A GeV/c nyalábenergián mért véglegesített eredményeket foglalja össze. A proceedings cikk június 21-én jelent meg a Universe folyóiratnál és az Ar+Sc 150A GeV/c nyalábenergián mért preliminary eredményeimet tartalmazza. Mindemellett szerző vagyok az NA61/SHINE publikációin is (ebben a félévben is megjelent 2 darab ilyen sokszerzős cikk [7, 8]).

## 4. Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

A félév során Barnaföldi Gergely Gábor által vezetett Kompakt csillagok szerkezete (FIZ/5/025) nevű előadást hallgattam, Dr. Lévai Péter (FIZ/2/023E), Jet-fizika hadron-hadron és nehézion ütközésekben kurzusán vettem részt, illetve Olár Alex vezetésével a (FIZ/3/089) kódú Mélytanulás és gépi tanulás a tudományokban nevű tárgyat hallgattam.

## 5. Konferenciák és iskolák az aktuális félévben

Tavasszal, április elején, egy együttműködési találkozón (Collaboration Meeting) vettem részt a lengyelországi Podlesice városában. Az egy hetes találkozón bemutattam a kalibrációs eredményeimet, illetve meghallgattam a kollaboráció további eredményeit, fejlesztéseit.

Június közepén részt vettem a CERN által szervezett International School of Trigger and Data Acquisition (ISOTDAQ2023) Isztambulban. A nyári iskolának legfőbb célja a fiatal kutatók részletes bevezetése a trigger, és adatfeldolgozás területére. Az iskolában délelőtt előadások voltak, délután pedig csoportokba osztva laborban dolgoztunk, ahol testközelből ismerhettük meg az eszközöket.

Továbbá, az NA61/SHINE kiválasztott engem a 2023 szeptember elején megrendezendő Quark Matter 2023 (Houston, Texas, USA) konferenciára, hogy a kollaborációt képviseljem, ahol három előadó közül én vagyok az egyik.

## 6. Oktatási tevékenység az aktuális félévben

A félév során a Korszerű vizsgálati módszerek laboratórium keretében tartottam két alkalommal a Compton szórás (COM) mérést alapképzéses fizikus hallgatóknak.

## 7. Elismerések

2022/2023-as tanévre elnyertem az Új Nemzeti Kiválóság Program ösztöndíját, amely keretében az NA61/SHINE kísérletben további analízis tevékenységet végzem.

## Hivatkozások

- [1] B. Pórfy, „Első féléves beszámoló.” [https://physics.elte.hu/media/e5/ad/4e6aa9326375f4f19e65b4f4573bbf3c46cde7cd504d1dca3043e031d3a9/PHYS\\_Porfy\\_1.pdf](https://physics.elte.hu/media/e5/ad/4e6aa9326375f4f19e65b4f4573bbf3c46cde7cd504d1dca3043e031d3a9/PHYS_Porfy_1.pdf).
- [2] Y. Sinyukov, R. Lednicky, S. V. Akkelin, J. Pluta, and B. Erasmus *Phys. Lett. B* **432** (1998) 248–257.
- [3] M. G. Bowler *Phys. Lett. B* **270** (1991) 69–74.
- [4] R. Maj and S. Mrowczynski *Phys. Rev. C* **80** (2009) 034907, arXiv:0903.0111 [nucl-th].
- [5] H. Adhikary *et al.*, [NA61/SHINE Collab.] arXiv:2302.04593 [nucl-ex].
- [6] B. Pórfy, [NA61/SHINE Collab.] *Universe* **9** (2023) 298, arXiv:2306.08696 [nucl-ex].
- [7] H. Adhikary *et al.*, [NA61/SHINE Collab.] arXiv:2306.02961 [hep-ex].
- [8] H. Adhikary *et al.*, [NA61/SHINE Collab.] arXiv:2305.07557 [nucl-ex].