

# Mjerenje dielektrona u PHENIX eksperimentu pomoću Hadron Blind Detektora



**Nikola Vukman**

**mentor: doc.dr.sc. Mihael Makek**

**PMF, Fizički odsjek**

**Bijenička c. 32, 10 000 Zagreb**

03.02.2015

# Sažetak



- Uvod u PHENIX eksperiment
- Spektar invarijantne mase dielektrona
  - PHENIX detektorski sustav
  - Hadron Blind Detektor (HBD)
  - eID varijable i separacija elektrona
- Rezultati i usporedba sa simulacijama
  - Odaziv HBD-a u simulacijama
    - Zaključak

# Uvod u PHENIX eksperiment

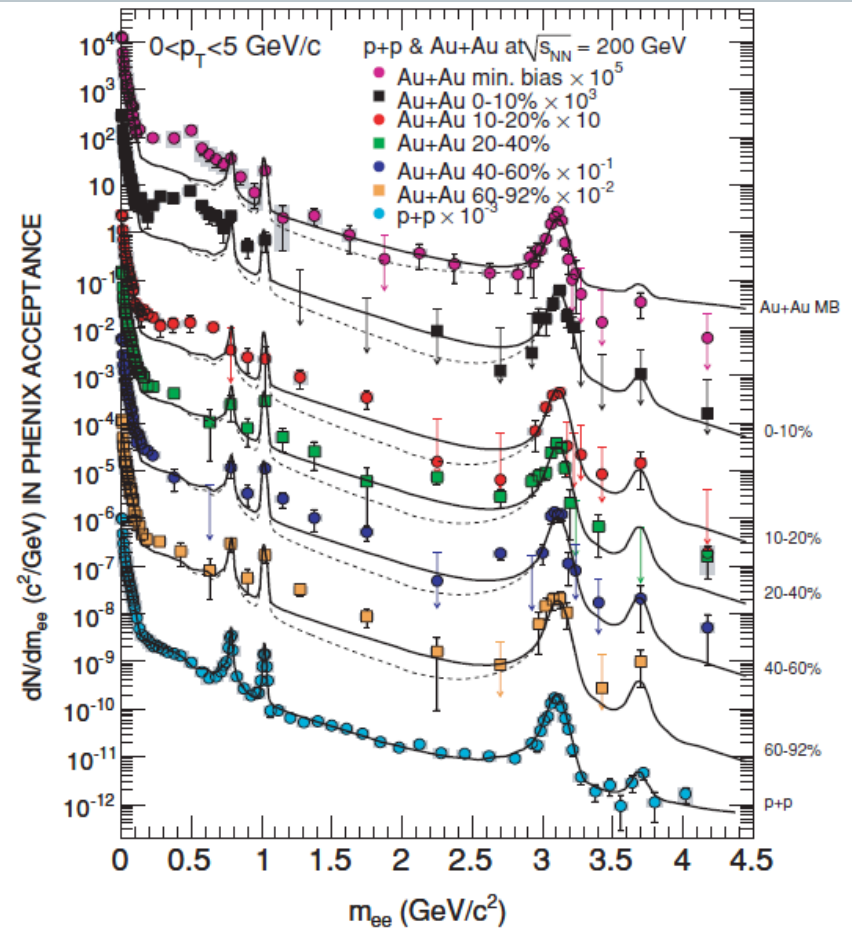
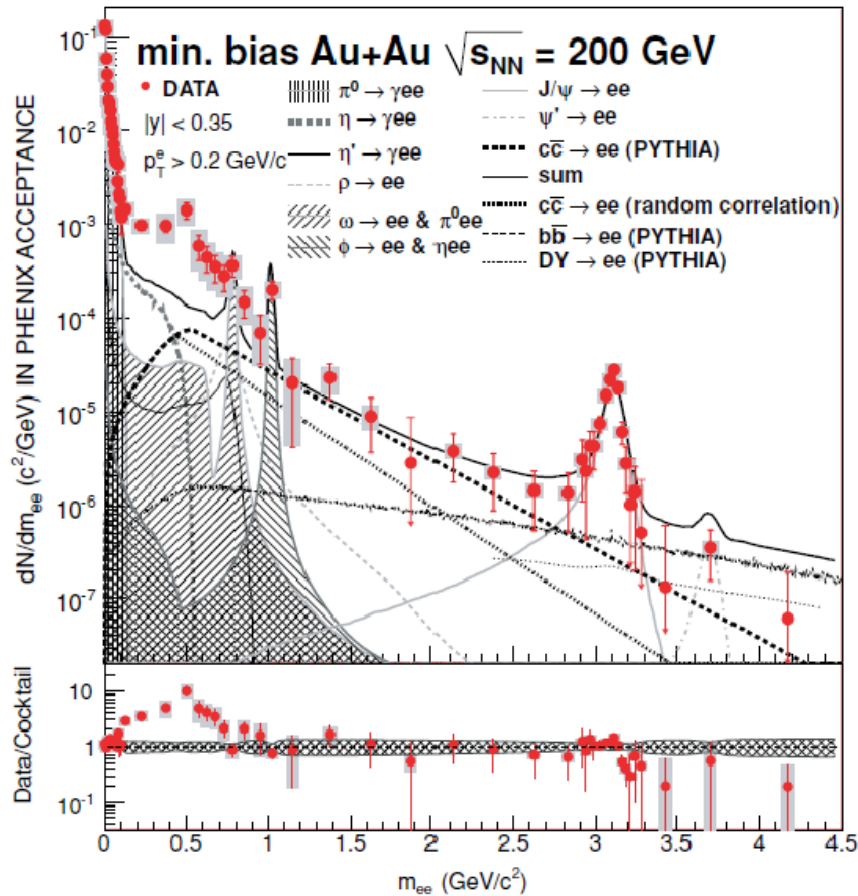


- PHENIX – specijaliziran za elektromagnetske i rijetke probe u relativističkim sudarima teških iona na RHIC-u (BNL)
- Sudari Au+Au (p+p) na 200 GeV
- Nastanak kvark gluon plazme (QGP)
- Dielektroni (elektron-pozitron parovi) snažna proba svojstava QGP-a i kompletne evolucije sudara

(dielektroni ne interagiraju jakim silama)  
gotovo nesmetan bijeg iz područja interakcije

(efekti obnove kiralne simetrije  
i modifikacije svojstava vektorskih mezona u mediju)

# Spektar invarijantne mase dielektrona



**Slika 1:** Spektar invarijantne mase dielektrona (PHENIX Run-4), kada HBD još nije bio napravljen. Preuzeto iz [1].

# Spektar invarijantne mase dielektrona



Područje u spektru invarijantne mase dileptona [GeV/c <sup>2</sup> ]	Dominantan izvor dileptona (teorijska očekivanja)	Dio evolucije sudara/svojstva QGP koji opisuju
HMR ( $m > 3.2$ )	tvrdi sudari partona jezgara (Drell-Yan procesi i korelirani semileptonski raspadi parova teških kvarkova)	efekti rekombinacije i asimptotske slobode kvarkova
IMR ( $1.2 < m < 2.9$ )	emisija dileptona iz QGP uz doprinose koreliranih semileptonskih raspada charm kvarka	početna temperatura QGP / gubitak energije charm kvarka u mediju
LMR ( $m < 1.2$ )	raspadi pseudoskalarnih ( $\pi, \eta, \eta'$ ) i vektorskih ( $\omega, \phi, \rho$ ) mezona	modifikacija spektralnih svojstava lakihmezona ( $\rho$ ) u mediju

U području  $0.15 \text{ GeV}/c^2 < m < 0.75 \text{ GeV}/c^2$  produkcija dielektrona veća za faktor  $4.7 \pm 0.4(\text{stat.}) \pm 1.5(\text{syst.}) \pm 0.9(\text{model})$  u odnosu na očekivanja od produkcije dileptona hadronskim kanalima.

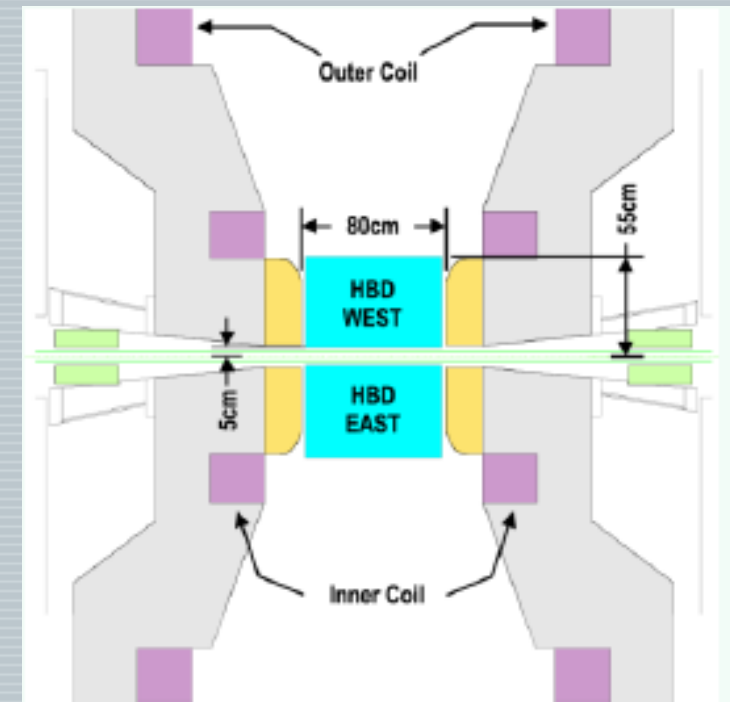
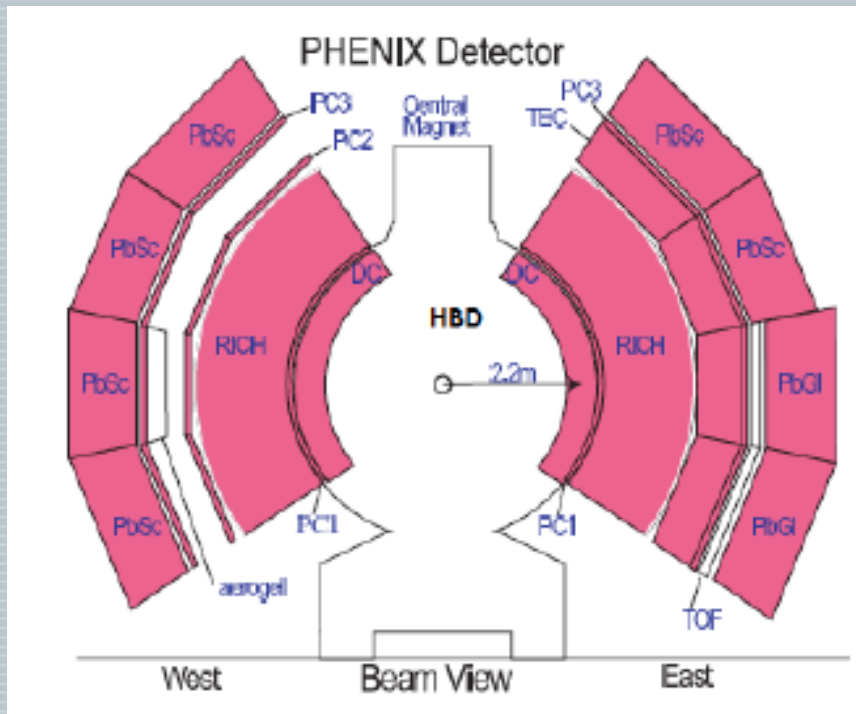
- 1) Doprinos virtualnih fotona koji se uz realne proizvodi u višim redovima QCD -a.
- 2) Snažno vezanje  $\rho$  mezona za  $\pi\pi$  kanal

# Spektar invarijantne mase dielektrona



- Omjer signala i pozadine (**S/B**) procjenjen na podacima iz Run-4 u području  $0.3 \text{ GeV}/c^2 < m < 0.5 \text{ GeV}/c^2$  iznosi **1/200**.
- Problem PHENIX eksperimenta – velika kombinatorijska pozadina u LMR.  
(motivacija za izgradnju HBD-a)
- Glavni izvor te pozadine su izražena produkcija dileptona u Dalitz raspadima neutralnog piona ( $\pi$ ) i gamma ( $\gamma$ ) konverzije u materijalu.  
(karakteristični po malom kutu otvorenja između para dileptona)

# PHENIX detektorski sustav (Run 10)



**Slika 2:** Geometrijska akceptancija PHENIX detektora:  $|\eta| < 0.35$ ,  $\Delta\phi < 90^\circ$ .  
Preuzeto iz [1].

**Slika 3:** Geometrijska akceptancija HBD-a:  $|\eta| < 0.45$ ,  $\Delta\phi < 130^\circ$ .  
Preuzeto iz [2].

# PHENIX detektorski sustav (korišten u analizi)



- Globalni detektori:

Beam-Beam Counter (BBC)

Zero Degree Calorimeter (ZDC)

- Lokalni detektori:

Hadron Blind Detector (HBD)

Drift Chamber (DC)

Multiwire Proportional Pad Chamber (PC<sub>1</sub>, PC<sub>2</sub>, PC<sub>3</sub>)

Ring Image Čerenkov Detector (RICH)

Electromagnetic Calorimeter (EMCal)



# Hadron Blind Detector (HBD)



- Čerenkov detektor

(CF<sub>4</sub> -> L<sub>rad</sub>=50 cm)

- Trostruki GEM modul s CsI fotokatodom

(pojasna širina: 6 eV - 11.5 eV -> (108 nm - 200 nm) )

- Heksagonalni ćelijski izlaz

(a=1.55 cm, S=6.2 cm<sup>2</sup>)

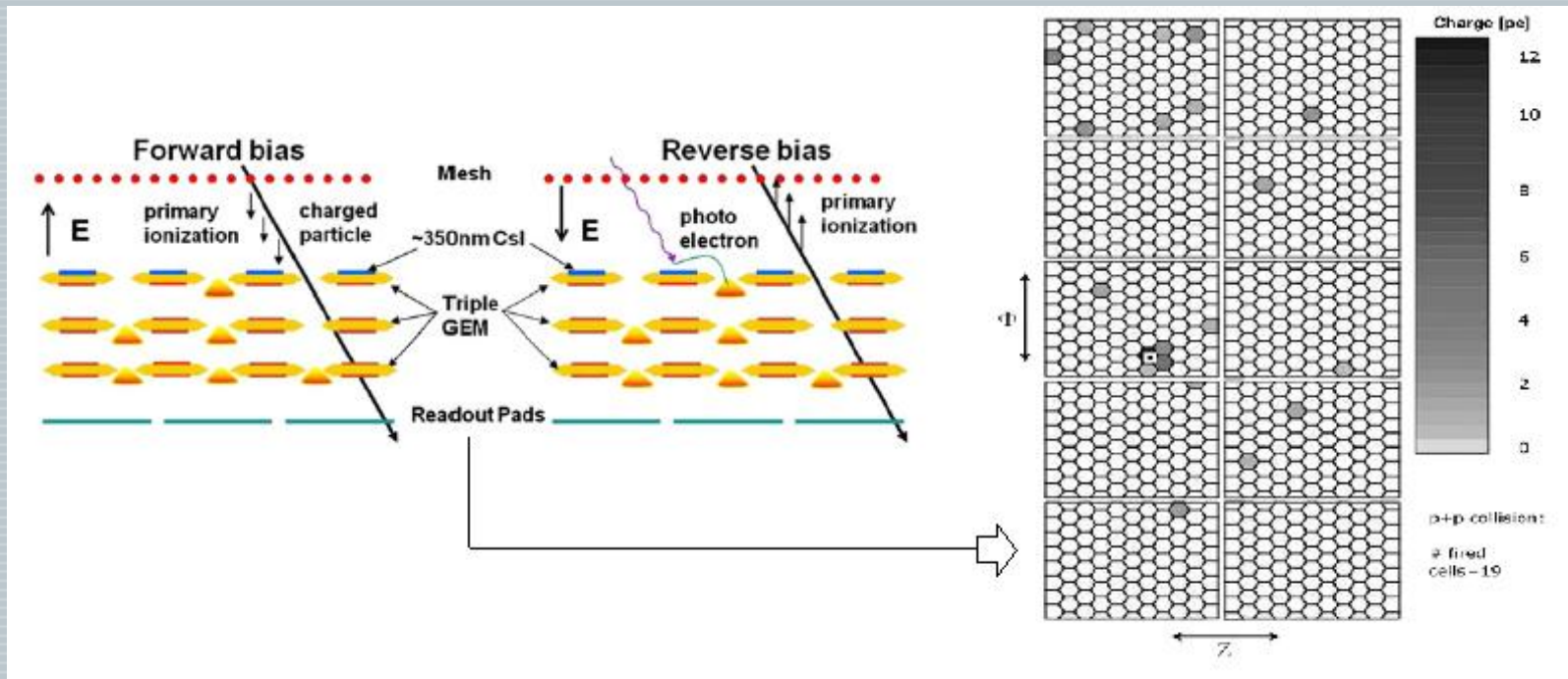
Ukupna radijacijska duljina: 2.4 %

## Identifikacija elektrona (eID):

Čerenkovljevo svjetlo stvaraju samo elektroni pozitroni

Hadroni prolaskom ioniziraju plin

# Hadron Blind Detector

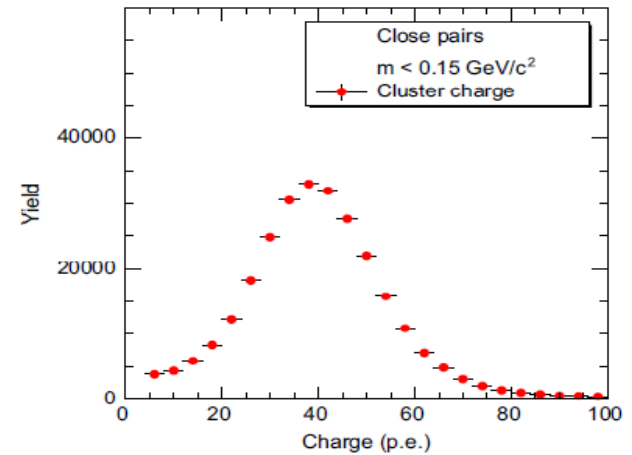
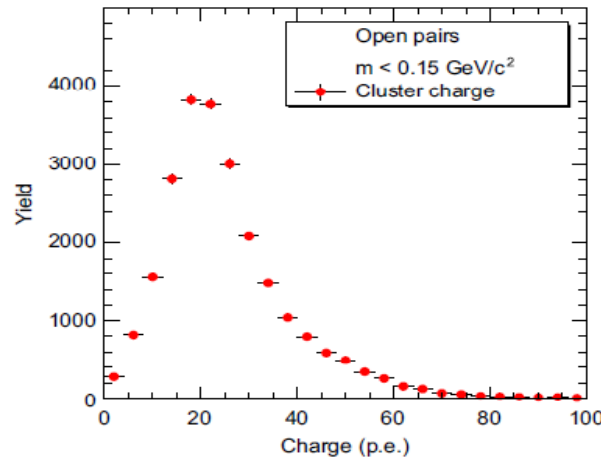
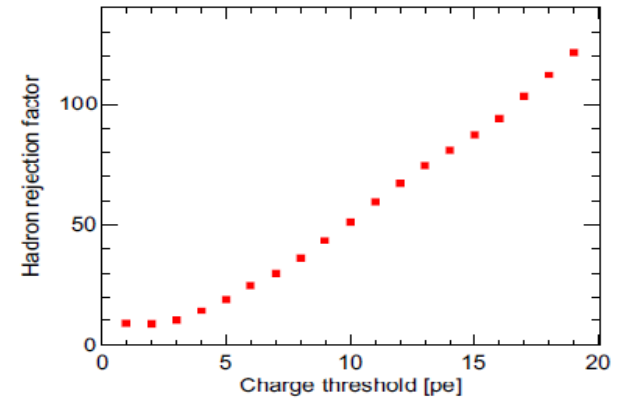
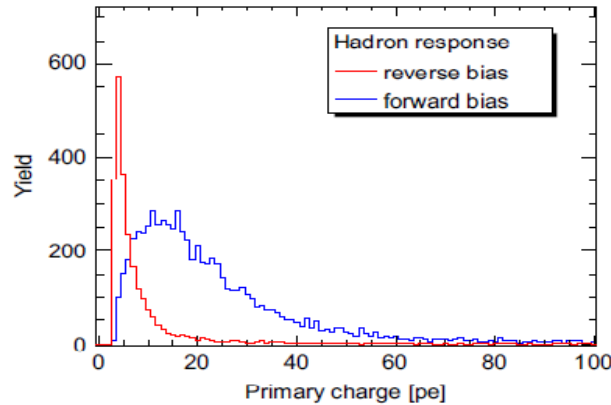


**Slika4:** Reverse bias (RB) način rada HBD-a se postiže držanjem ulazne mreža na nižem negativnom naponu od GEM modula. Naboj primarne ionizacije stvoren prolaskom hadrona se odvlači prema mreži, dok se fotoelektroni stvoreni Čerenkovljevim zračenjem multipliciraju kroz trostruki GEM modul ostavljajući signal rasprostranjen na nekoliko ćelija. Preuzeto iz [2].

# Hadron Blind Detektor



**Slika 5:** 1) Odaziv HBD-a na hadrone u FB i RB načinu rada; faktor odbacivanja hadrona s obzirom na sakupljeni naboj na ćelijama.  
2) Odaziv HBD-a na jednostruke ( $\approx 20$  p.e.) i dvostruke ( $\approx 40$  p.e.) udare elektrona.  
Preuzeto iz [2].



# eID varijable i separacija elektrona



- Općeniti min.bias uvjeti (elementary cuts):  
( $|bbc_z| < 20$  cm,  $p_{t} > 0.2$  GeV/c, centralitet sudara)
- Korištene eID varijable:
  - HBD {hbdcharge, HBDR, tof}
  - RICH {no, disp,  $\chi^2/n_{peo}$ }
  - EMCal {prob, EMCal match ( $\sigma$ )}
- Definicija standardnih eID uvjeta:
  - HBD {HBDR  $\geq 10$ ,  $|tof| \leq 2$ }
  - RICH {no  $> 2$ , disp  $< 5$  cm,  $(\chi^2/n_{peo}) < 20$ }
  - EMCal { $\sigma < 3$ , prob  $> 0.01$ }

**napomena:** min.bias uvjeti se koriste u analizi svih podataka, pa i kod primjene različitih eID uvjeta

# eID varijable i separacija elektrona



- Promatramo spektar varijable  $E/p$  (ecore/mom)  
(za elektrone očekujemo približno gausijanski spektar centriran oko  $E/p \approx 1$ )  
(hadronsku pozadinu procjenjujemo eksponencijalnom raspodjelom)

$$\text{signal}(E/p) = \text{gaus}[0] + \text{expo}[3]$$

$$\text{gaus}[0] = [0] \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x - [1]}{[2]}\right)^2\right)$$

$$\text{expo}[3] = \exp([3] + [4]x)$$

(prilagodba na području  $0.6 < E(\text{GeV})/p(\text{GeV}/c) < 1.8$ )

(u simulacijama [HIJING events] su elektroni i hadroni prebrojavani na istom području varijable  $E/p$  uz iste eID uvjete)

# Rezultati i usporedba sa simulacijama (HBD)



centrality	$ \text{tof}  \leq 2$	$ \text{tof}  \leq 1.5$	$ \text{tof}  \leq 1$	$\text{HBDR} \geq 5$	$\text{HBDR} \geq 10$	$\text{HBDR} \geq 15$
0-10 %	0.84   0.78	0.81   0.72	0.77   0.68	0.70   0.73	0.58   0.68	0.45   0.63
10-20 %	0.85   0.65	0.83   0.62	0.78   0.58	0.76   0.64	0.66   0.59	0.56   0.52
20-40 %	0.85   0.51	0.83   0.48	0.79   0.43	0.80   0.51	0.74   0.45	0.67   0.39
40-60 %	0.87   0.29	0.85   0.27	0.81   0.22	0.83   0.31	0.79   0.27	0.74   0.22
60-92 %	0.88   0.08	0.85   0.07	0.81   0.05	0.83   0.10	0.79   0.08	0.76   0.06

**Slika 6:** Rezultati analize HIJING događaja, prikazani u obliku: **efikasnost eID uvjeta | udio hadrona u ukupnom signalu**

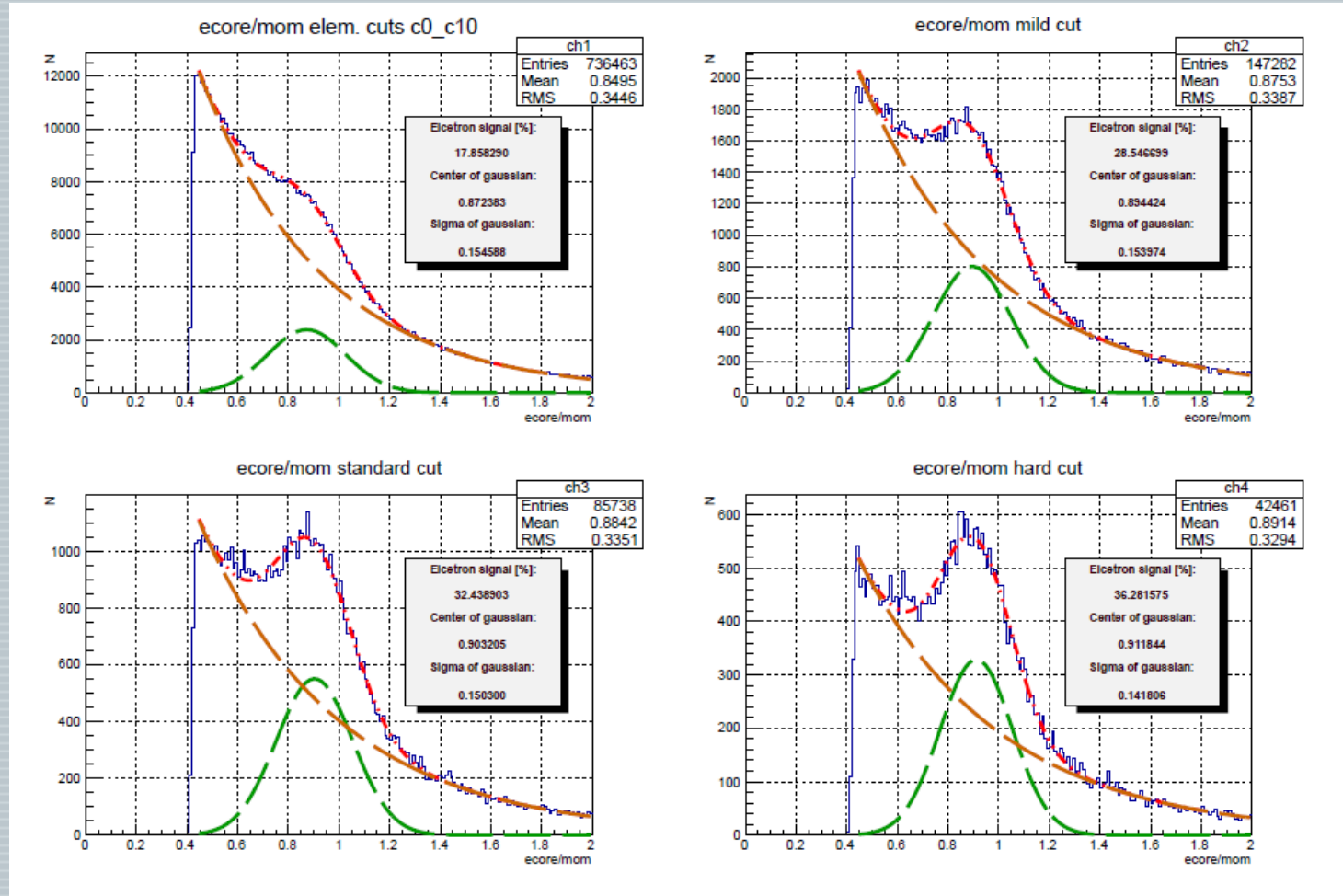
(definicija eID uvjeta korištenih za prikaz rezultata: **sl.7** i **sl.8**)

mild cut	$\text{HBDR} \geq 5,  \text{tof}  \leq 2$
standard cut	$\text{HBDR} \geq 10,  \text{tof}  \leq 2$
hard cut	$\text{HBDR} \geq 15,  \text{tof}  \leq 1$

# Rezultati i usporedba sa simulacijama (HBD)



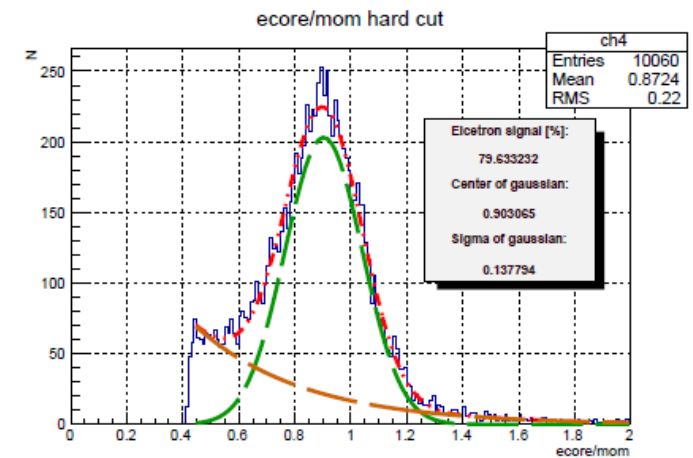
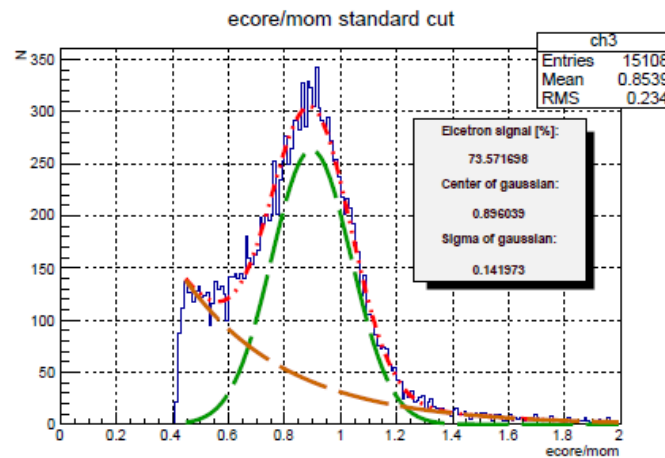
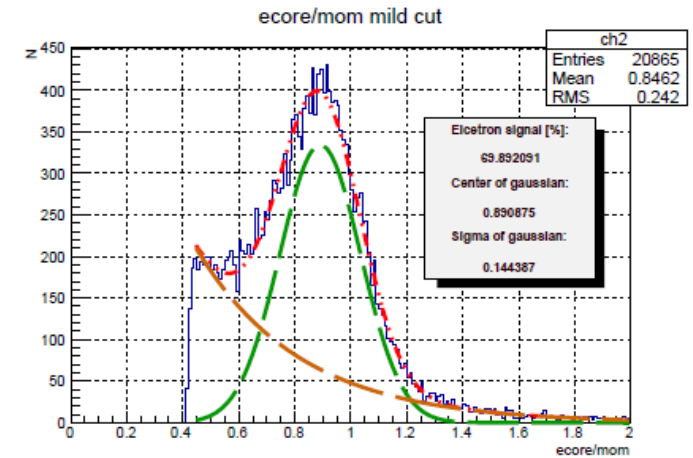
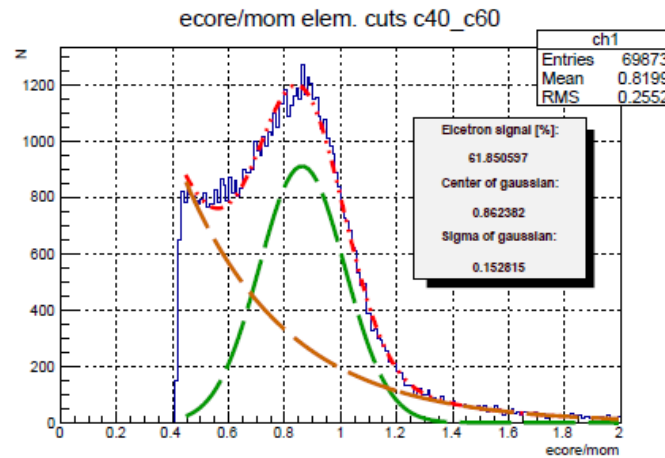
Slika 7:  
Spektar  
varijable  
E/p u  
području  
centraliteta:  
0-10 %.



# Rezultati i usporedba sa simulacijama (HBD)



**Slika 8:**  
Spektar  
varijable  
E/p u  
području  
centraliteta:  
40-60 %.





# Rezultati i usporedba sa simulacijama (PHENIX)



centrality	(1)	(2)	(3)	(4)
0-10 %	0.27   0.39	0.12   0.25	0.16   0.26	0.04   0.14
10-20 %	0.18   0.29	0.07   0.19	0.11   0.19	0.03   0.09
20-40 %	0.11   0.21	0.04   0.14	0.06   0.13	0.01   0.06
40-60%	0.04   0.12	0.02   0.09	0.02   0.09	0.01   0.05
60-92 %	0.01   0.08	0.003   0.07	0.005   0.06	0.001   0.05

**Slika 9:** Usporedba rezultata simulacije i analize podataka, prikazana u obliku: **udio hadrona u ukupnom signalu (HIJING) | udio hadrona u ukupnom signalu (data)**

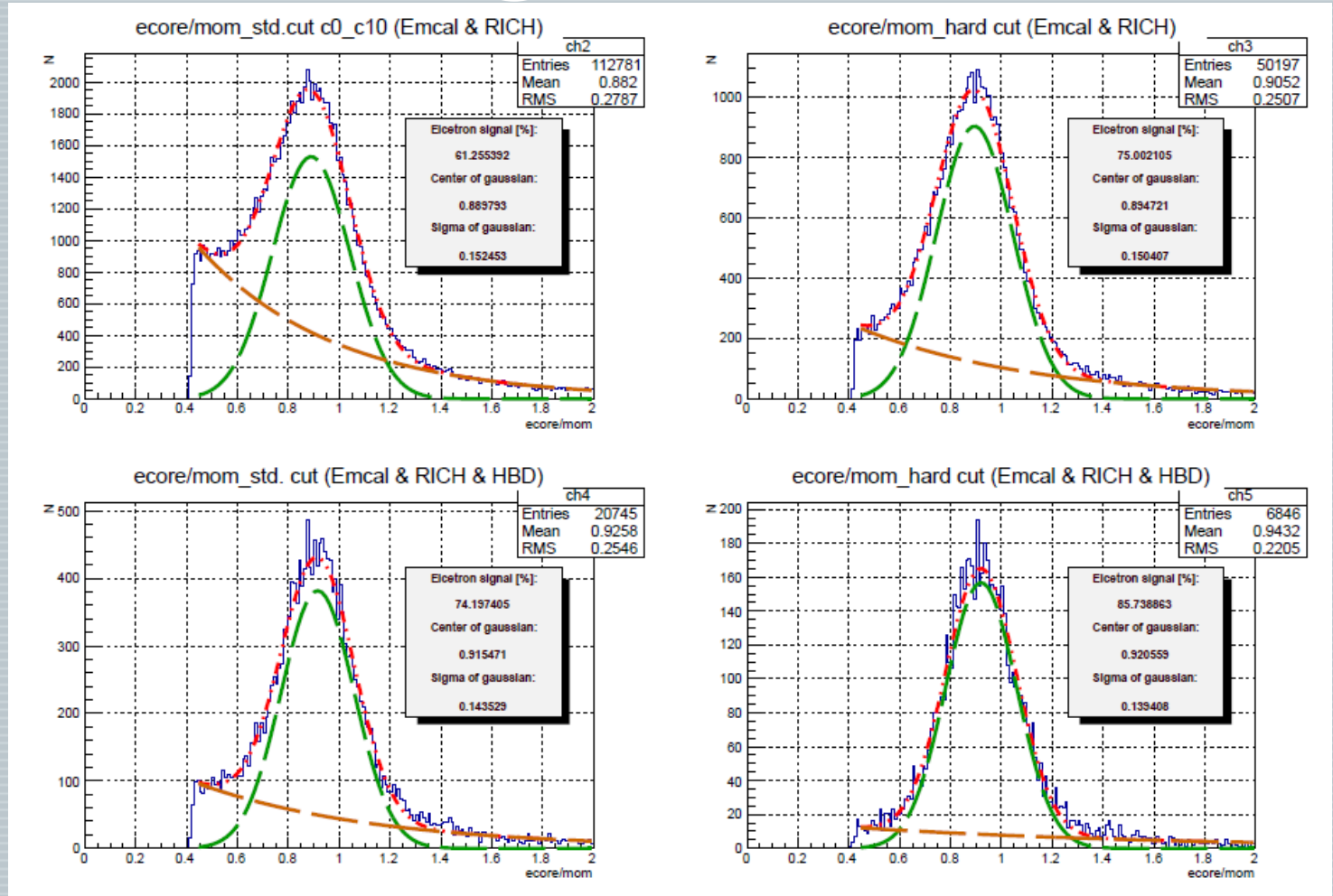
(definicija eID uvjeta korištenih za prikaz rezultata: **sl.10** i **sl.11**)

(1) standard cut (RICH + EMCAL)	$no > 2, disp < 5 \text{ cm}, (chi^2/n_{peo}) < 20 ; \sigma < 3, prob > 0.01$
(2) hard cut (RICH + EMCAL)	$no > 3, disp < 4 \text{ cm}, (chi^2/n_{peo}) < 10 ; \sigma < 2, prob > 0.01$
(3) Standard cut (HBD + RICH + EMCAL)	(1) $\&\& HBDR \geq 10,  tof  \leq 2$
(4) Hard cut (HBD + RICH + EMCAL)	(2) $\&\& HBDR \geq 15,  tof  \leq 1$

# Rezultati i usporedba sa simulacijama (PHENIX)



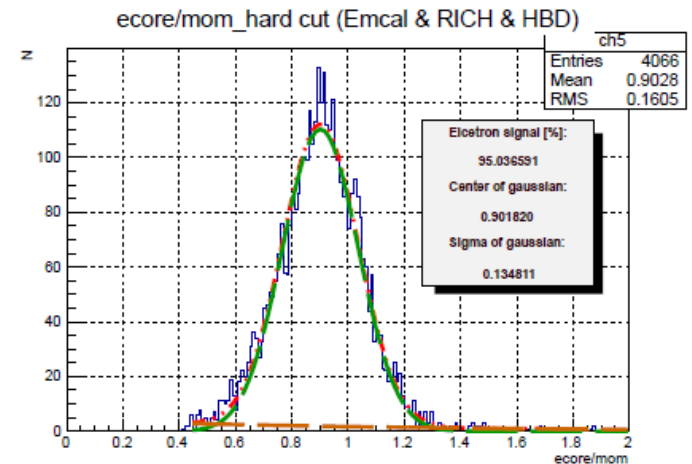
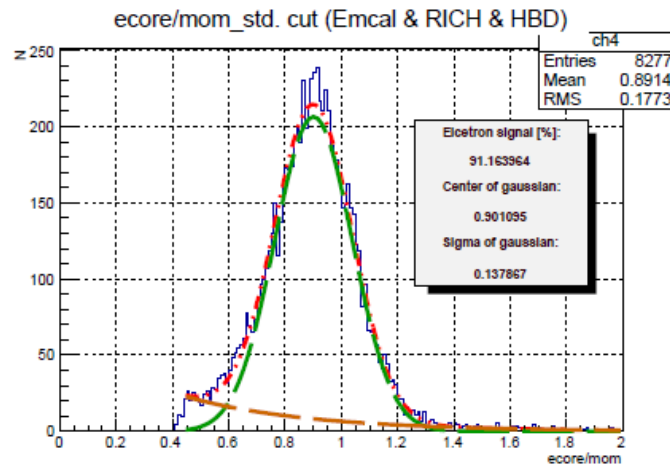
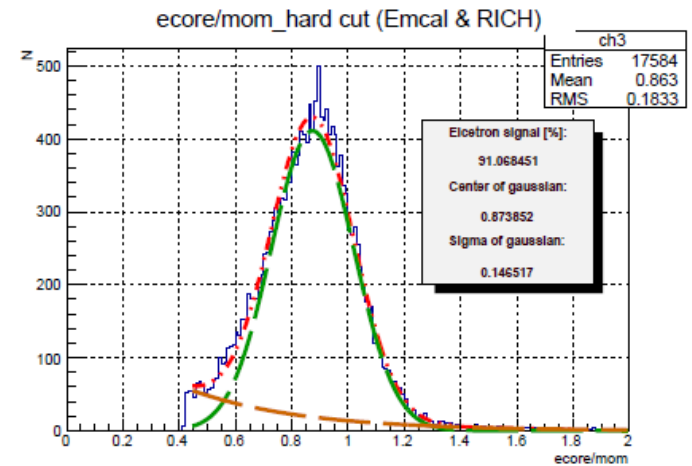
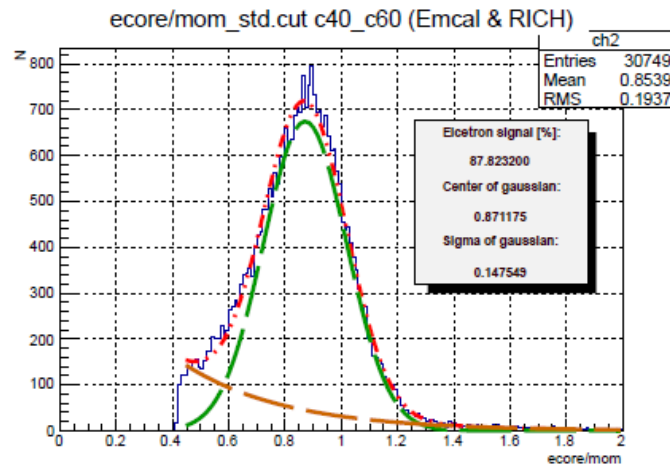
**Slika 10:**  
Spektar  
varijable  
E/p u  
području  
centraliteta:  
0-10 %.



# Rezultati i usporedba sa simulacijama (PHENIX)



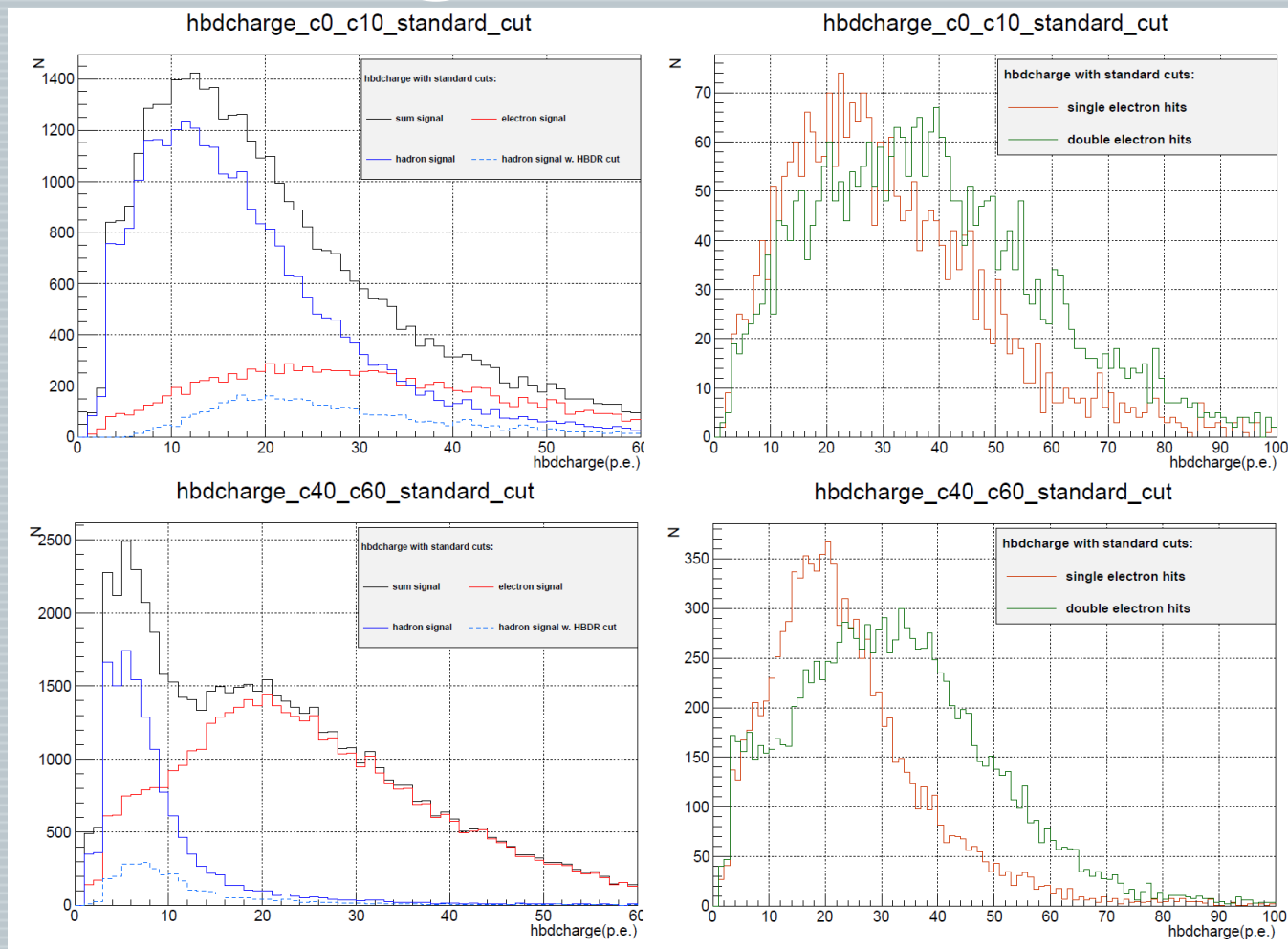
**Slika 11:**  
Spektar  
varijable  
E/p u  
području  
centraliteta:  
0-10 %.



# Odaziv HBD-a u simulacijama (HIJING događaji)



**Slika 12:** Spektar varijable hbdcharge u području centraliteta: 0-10 % i 40-60 % za hadrone i elektrone te posebno za jednostruke spram dvostrukih udara (beam pipe y conversions) elektrona.



# Zaključak



- Na podacima iz sudara Au+Au na 200 GeV s PHENIX-a iz 2010. godine (Run 10) promotrili smo mehanizme identifikacije elektrona (eID) i njihovog odvajanja od hadronske pozadine.
- Na spektar varijable  $E/p$  rađena je prilagodba gausijanskog spektra elektrona centriranog oko  $E/p \approx 1$  superponiranog s hadronskom pozadinom procijenjenom eksponencijalnom ovisnošću.
- Dobiveni udio hadronske kontaminacije u signalu usporedili smo tada sa rezultatima analize HIJING podataka iz simulacije, iz koje smo odredili i efikasnost primjenjenih eID uvjeta.

# Zaključak



- Efikasnost HBD-a, kao i čitavog PHENIX-a, se povećava u perifernim sudarima.
- Snažniji eID uvjeti, osim što smanjuju udio hadrona u signalu, smanjuju i efikasnost zadržavanja dobrog elektronskog signala – potrebno optimizirati “eID mehanizam”.
- Iz simulacija vidimo da smo precijenili udio hadrona u podacima s PHENIX-a, do 5% za HBD eID uvjete te 10% za PHENIX eID uvjete, jer se u repu raspodjele E/p nalazi i određeni udio elektrona koje smo tada krivo prepisali hadronima.

## Reference:

- 1) A.Adare et al. – Detailed measurement of  $e+e-$  pair continuum in  $p+p$  and  $Au+Au$  collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=200$  GeV and implications for direct photon production; *Physical Review C* 81, 034911 (2010)
- 2) W.Anderson et al. – Design, construction, operation and performance of a Hadron Blind Detector for the PHENIX experiment; *Nuclear Instruments and Methods in Physical Research A* 646 (2011)

Hvala na pozornosti.

Posebno bih se zahvalio svom  
mentoru doc.dr.sc. Mihaelu  
Makeku na ulozenom vremenu,  
zanju i trudu prilikom izrade ovog  
seminarskog rada.

