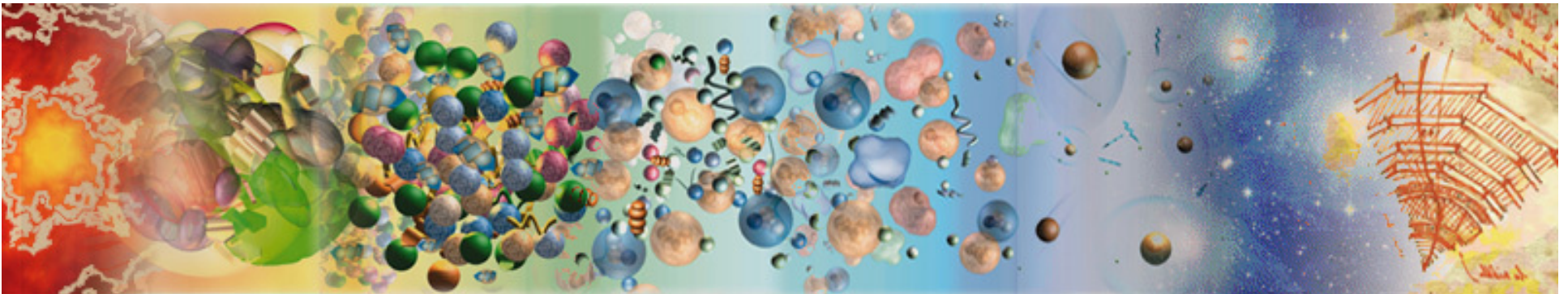


Új kiértékelési módszerek és alkalmazásuk az erős kölcsönhatás vizsgálatában

Siklér Ferenc
MTA Wigner FK

Az MTA 187. közgyűlése – A fizika fejlődési irányai



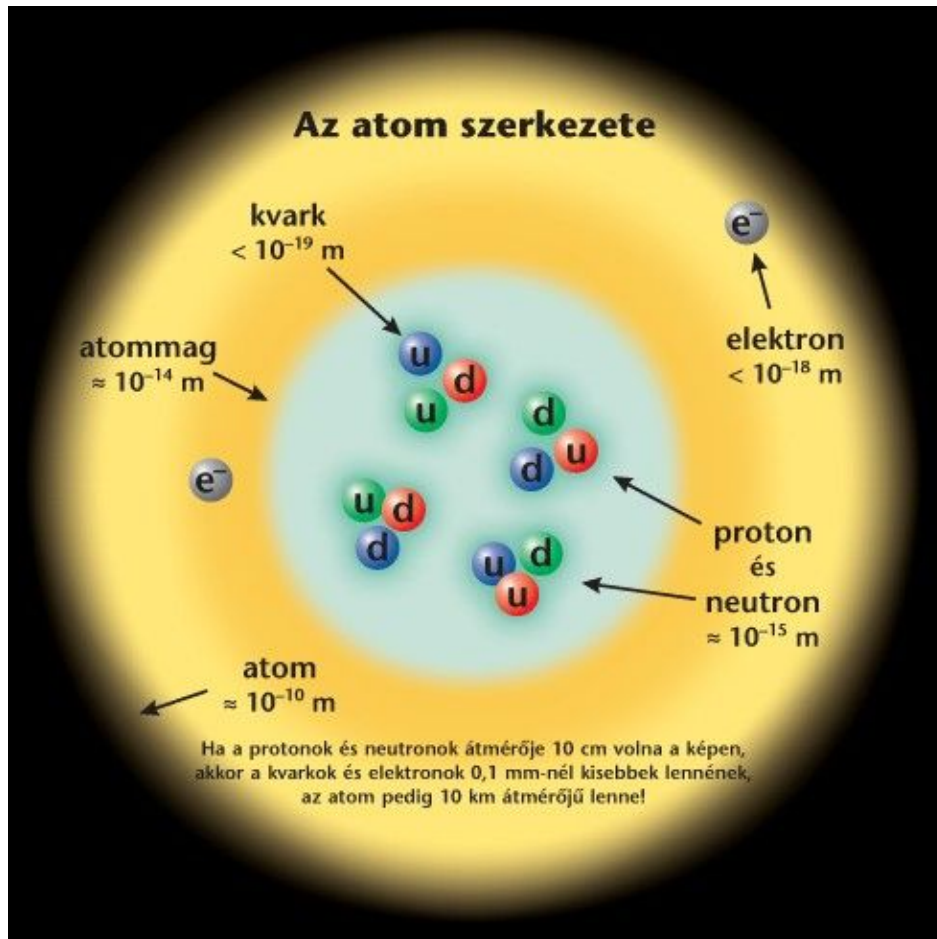
Budapest, 2016. május 4.



Vesztergombi György

1943 – 2016

Elemi részecskék és kölcsönhatások



Az anyagi részecskék három családja (fermionok)

	I	II	III		
tömeg	2,3 MeV/c ²	1,27 GeV/c ²	173 GeV/c ²	0	125 GeV/c ²
töltés	2/3	2/3	2/3	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0
név	u-kvark	c-kvark	t-kvark	foton	Higgs-bozon
	u	c	t	γ	H
	u-kvark	c-kvark	t-kvark	foton	Higgs-bozon
	4,8 MeV/c ²	95 MeV/c ²	4,2 GeV/c ²	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d-kvark	s-kvark	b-kvark	gluon	
	d	s	b	g	
	d-kvark	s-kvark	b-kvark	gluon	
	<2,2 eV/c ²	<0,17 MeV/c ²	<15,5 MeV/c ²	91,2 GeV/c ²	
	0	0	0	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	elektron-neutrínó	müon-neutrínó	tau-neutrínó	Z ⁰ -bozon	
	ν_e	ν_μ	ν_τ	Z⁰	
	elektron-neutrínó	müon-neutrínó	tau-neutrínó	Z-bozon	
	0,511 MeV/c ²	105,7 MeV/c ²	1,777 GeV/c ²	80,4 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	elektron	müon	tau	W [±] -bozon	
	e	μ	τ	W[±]	
	elektron	müon	tau	W-bozon	

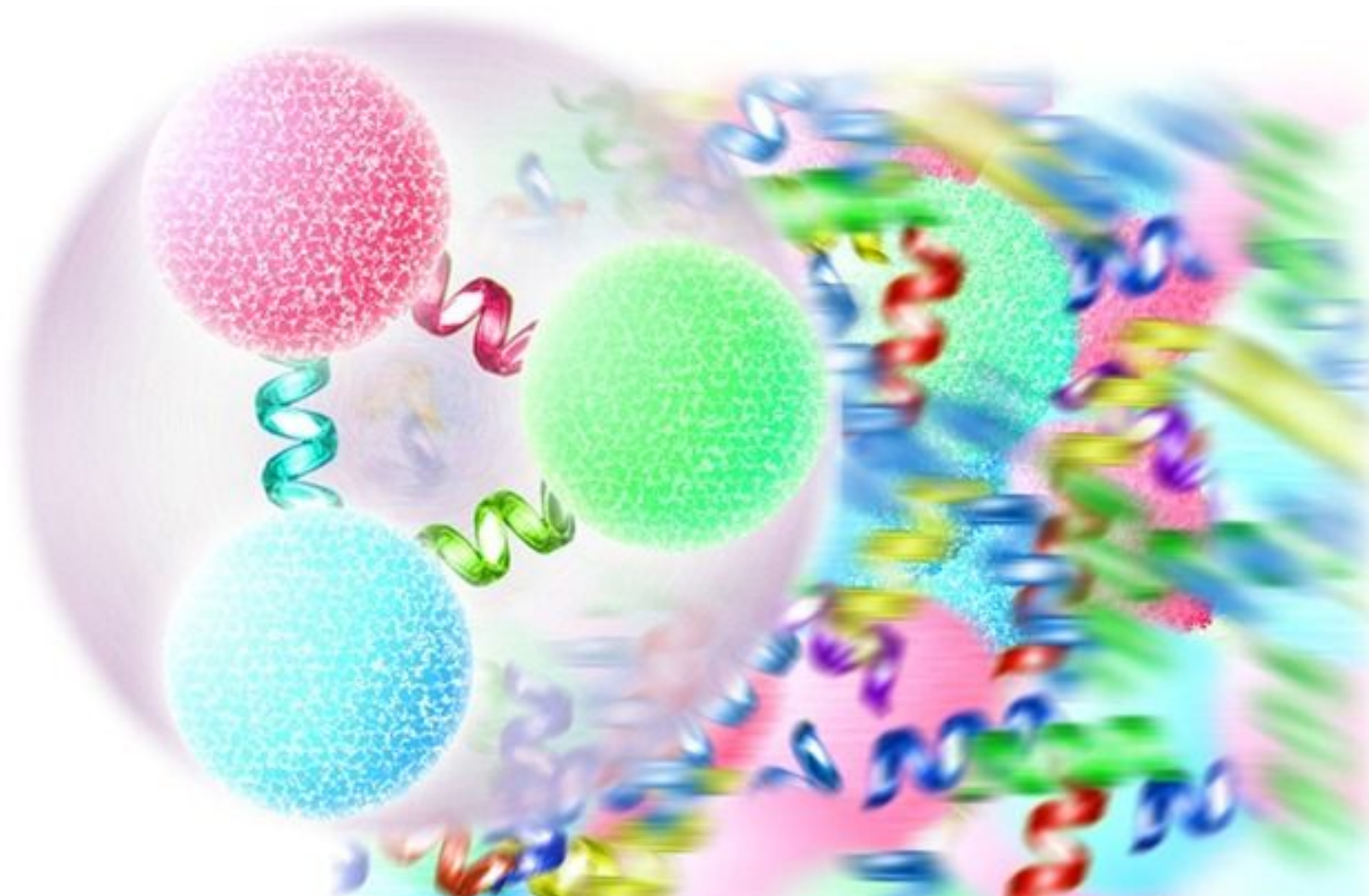
Kvarkok (left side of the table)

Leptonok (left side of the table)

Bozonok (kölcsönhatások) (right side of the table)

Elektromágneses, gyenge, **erős**; tömegvonzás

Erős kölcsönhatás



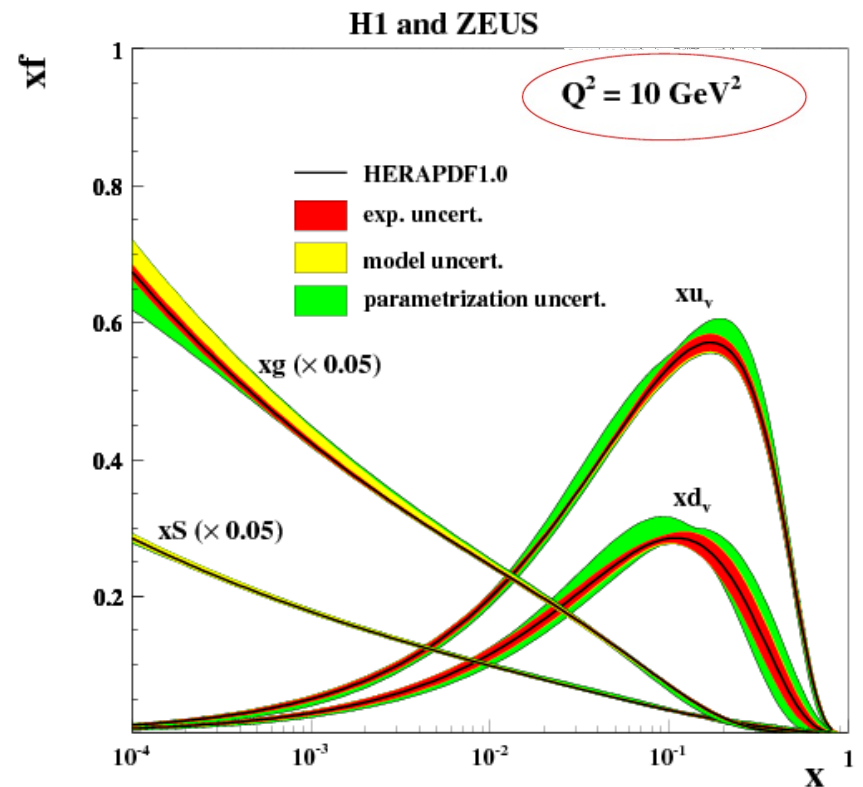
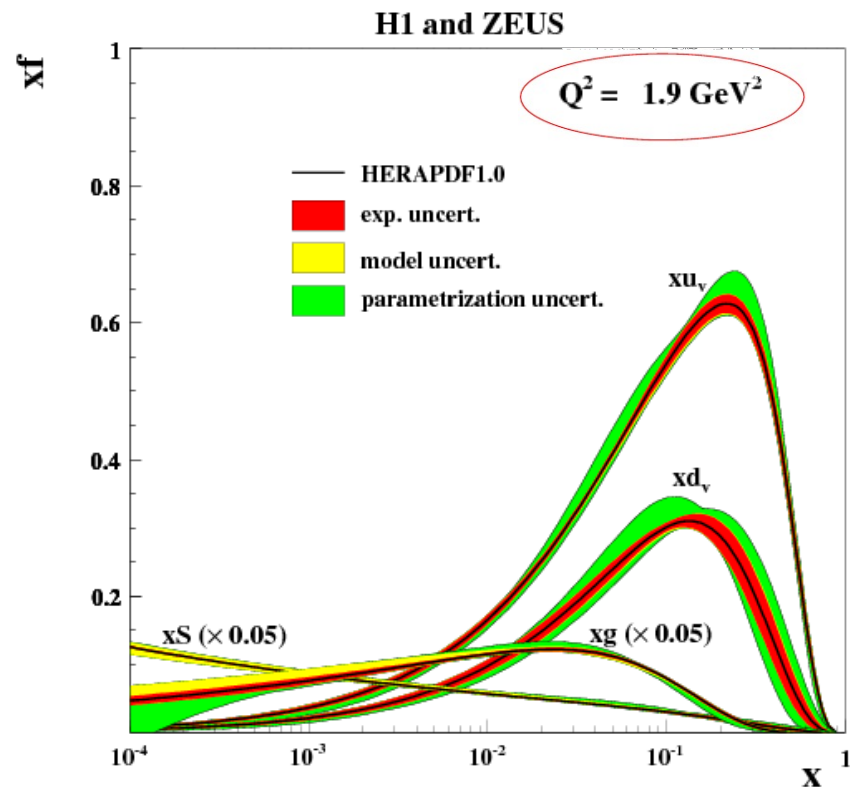
- Furcsa és bonyolult

- a közvetítő részecske – a gluon –, maga is (szín)töltött
- az erős kölcsönhatás a kvarkokat bezárja a hadronok belsejébe
- nagyenergiás nehézion-ütközések, kvark-gluon plazma

Proton

Összetett belső szerkezet – valami új felfedezésére

Proton



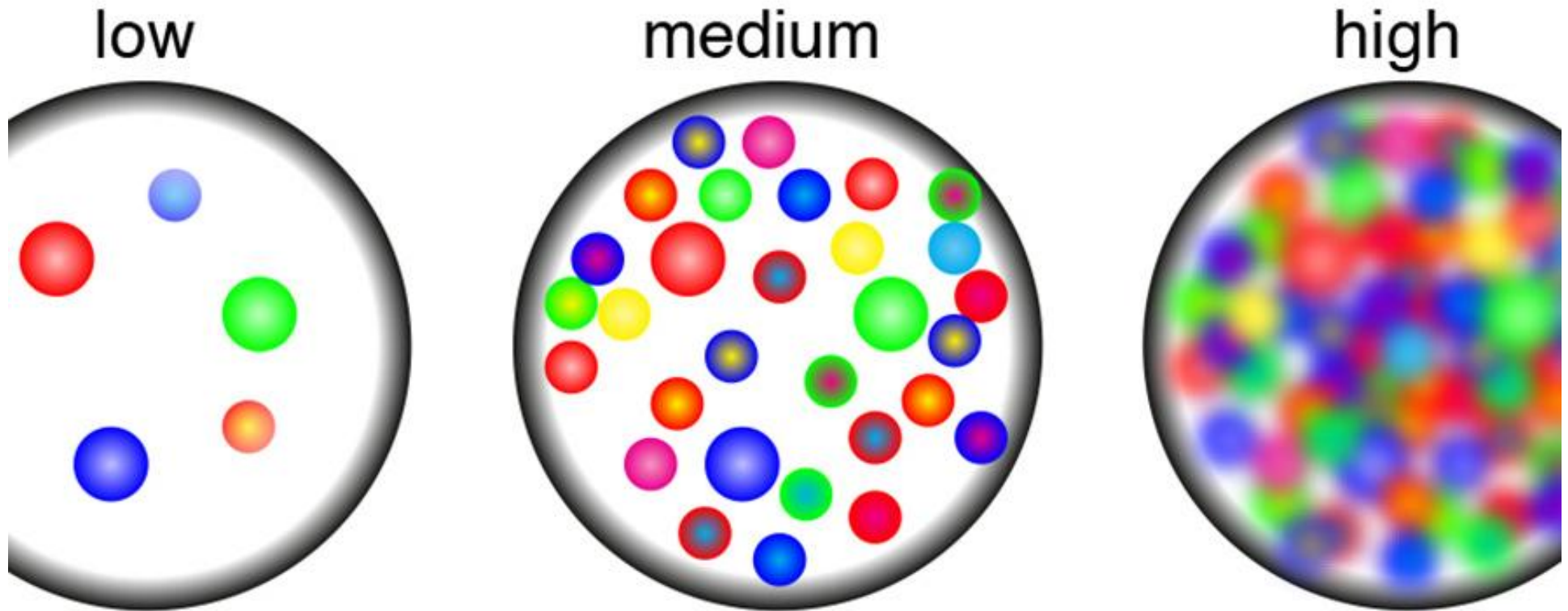
H1 and Zeus Collaborations, JHEP **01** (2010) 109

Nagyobb energia \rightarrow egyre több kis impulzushányadú gluon

Meghatározó szerep az átlagos proton-proton ütközésekben?

Proton

energy \rightarrow



Nagyobb energia \rightarrow egyre több kis impulzushányadú gluon

Mi történik akkor, ha „betelik”, telítődik a proton?

Kísérleti program



- Milyen új eszközökre volt szükség?
 - Kis impulzusú nyomkövetés ($0,9 \text{ GeV}/c \rightarrow 0,075 \text{ GeV}/c$)
 - Alacsony tévesztésű nyomkövetés (hibás pályák $\rightarrow 1\%$ alatt)
 - Újfajta kölcsönhatási pont keresés, átfedő ütközések esetén is
 - Töltött hadronok azonosítása

Önálló kutatás, egyéni hozzájárulás

Eur. Phys. J. C (2015)
DOI 10.1140/epjc/

Regular Article

Study of the pseudorapidity distribution of charged hadrons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV

The CMS Collaboration
CERN, Geneva

Received: 19 July 2015
© CERN for the benefit of the CMS Collaboration

Abstract Spectra of primary charged hadrons produced in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV. Charge multiplicities are measured in pseudorapidity bins $|\eta| < 1$ are identified. The hadron multiplicities are measured independently of the pseudorapidity tunes of the production process.

1 Introduction

The study of energy particle physics. The (p_T) spectra hadron collisions that can be used quantum chromodynamics (QCD) Monte Carlo (MC) quantities of hadron production are treated as DD in other final-state baryon (and by the existing help improve in proton-proton collisions. The state effect yields of di-

The pseudorapidity distribution of charged hadrons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV is measured using a data sample obtained with the CMS detector, operated at zero magnetic field, at the CERN LHC. The yield of primary charged long-lived hadrons produced in inelastic pp collisions is determined in the central region of the CMS pixel detector ($|\eta| < 2$) using both hit pairs and reconstructed tracks. For central pseudorapidities ($|\eta| < 0.5$), the charged-hadron multiplicity density is $dN_{ch}/d\eta|_{|\eta| < 0.5} = 5.49 \pm 0.01$ (stat) ± 0.17 (syst), a value obtained by combining the two methods. The result is compared to predictions from Monte Carlo event generators and to similar measurements made at lower collision energies.

* e-mail: cms-publication-committee-chair@cern.ch

PRL 105, 022002 (2015)

Transverse

Charge multiplicities are measured in pseudorapidity bins $|\eta| < 1$ are identified. The hadron multiplicities are measured independently of the pseudorapidity tunes of the production process.

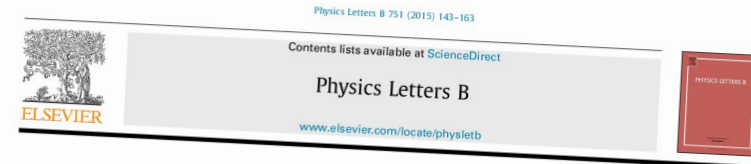
DOI: 10.1140/epjc/

Introduction.—Monte Carlo event generators and to similar measurements made at lower collision energies. The result is compared to predictions from Monte Carlo event generators and to similar measurements made at lower collision energies. The result is compared to predictions from Monte Carlo event generators and to similar measurements made at lower collision energies.

* Full author list

Published by the Creative Commons Attribution for the benefit of the published article

0031-9007/10/



Pseudorapidity distribution of charged hadrons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV

CMS Collaboration*
CERN, Switzerland

ARTICLE INFO

Article history:
Received 21 July 2015
Received in revised form 20 September 2015
Accepted 1 October 2015
Available online 8 October 2015
Editor: M. Doser

Keywords:
CMS
Physics
Proton-proton
13 TeV
Hadrons
Spectra

ABSTRACT

The pseudorapidity distribution of charged hadrons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV is measured using a data sample obtained with the CMS detector, operated at zero magnetic field, at the CERN LHC. The yield of primary charged long-lived hadrons produced in inelastic pp collisions is determined in the central region of the CMS pixel detector ($|\eta| < 2$) using both hit pairs and reconstructed tracks. For central pseudorapidities ($|\eta| < 0.5$), the charged-hadron multiplicity density is $dN_{ch}/d\eta|_{|\eta| < 0.5} = 5.49 \pm 0.01$ (stat) ± 0.17 (syst), a value obtained by combining the two methods. The result is compared to predictions from Monte Carlo event generators and to similar measurements made at lower collision energies.

© 2015 CERN for the benefit of the CMS Collaboration. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Funded by SCOAP³.

1. Introduction

The yields of charged hadrons are among the most basic physical observables in high-energy particle collisions and provide an essential first step in exploring the physics of a new energy regime. Studies of such yields have a long history in high-energy particle and nuclear physics, as well as in cosmic ray physics. At collider energies, the inclusive production of charged hadrons is driven by a combination of perturbative and nonperturbative quantum chromodynamics (QCD) phenomena, such as saturation of parton densities, multiparton interactions, parton hadronization, and soft diffractive scattering.

The yields of primary charged hadrons are commonly studied using their multiplicity as a function of pseudorapidity, $dN_{ch}/d\eta$. Of particular interest for understanding the physics of hadron production is the dependence of $dN_{ch}/d\eta$ on the collision energy, which reflects the relative roles of soft- and hard-scattering contributions. Soft interactions, which are modeled phenomenologically, give rise to a significant fraction of the produced particles. Contributions from hard-scattering processes increase with increasing collision energies. Measurements are necessary to tune the modeling of these contributions in Monte Carlo (MC) event generators, and as reference data to study nuclear effects in proton-nucleus

and nucleus-nucleus collisions. A good understanding of inclusive hadron production is also important to control the pileup backgrounds, from overlapping proton-proton collisions in a given bunch crossing, that affect all physics analyses at the LHC.

In this Letter, measurements of $dN_{ch}/d\eta$ in the range $|\eta| < 2$ are reported for inelastic proton-proton (pp) collisions delivered by the CERN LHC at a center-of-mass energy of 13 TeV in June 2015. The analysis is based on 11.5 million events recorded at zero magnetic field during a special low-intensity beam configuration with 0.2–5% proton-proton interaction probability per bunch that their transverse separation was $\pm 3\sigma$ at the nominal CMS interaction point, where σ denotes the standard deviation of the Gaussian beam profile. Following earlier analyses at $\sqrt{s} = 0.9$ TeV, 2.36 TeV [1], 7 TeV [2], and 8 TeV [3], N_{ch} is defined to include decay products of particles with decay length $ct < 1$ cm, where τ is the lifetime of the particle and c is the velocity of light. Products of secondary interactions are excluded, and contributions from prompt leptons are removed.

The data are compared to PYTHIA8 v208 [4,5] (with the CMS underlying event tunes [6]; CUETP81 and CUETP8M1, using different parton densities), and to EPOS LHC [7] (LHC tune [8]). Both MC event generators reproduce well the main characteristics of the experimental data measured in hadronic collisions at lower energies, and provide predictions for the \sqrt{s} -dependence of hadron production observables using different implementations of the dominant

* e-mail address: cms-publication-committee-chair@cern.ch.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2015.10.004>

0370-2693/© 2015 CERN for the benefit of the CMS Collaboration. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Funded by SCOAP³.

© 2015 CERN for the benefit of the CMS Collaboration. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Funded by SCOAP³.

Önálló kutatás, egyéni hozzájárulás

Eur. Phys. J. C (2014)
DOI 10.1140/epjc/

Regular Article

Study of ... and proto

The CMS Coll
CERN, Geneva

Received: 19 July
© CERN for the

Abstract Spectra of identified charged hadrons are measured in pp collisions at $\sqrt{s} = 0.9, 2.76,$ and 7 TeV. Charged pions and kaons at low p_T and in laboratory pseudorapidity $|\eta| < 1$ are identified via their energy loss in the silicon tracker. The two-particle correlation functions show effects of quantum statistics, Coulomb interaction, and also indicate the role of multi-body resonance decays and mini-jets. The characteristics of the one-, two-, and three-dimensional correlation functions are studied as a function of the transverse pair momentum and of the charged-particle multiplicity of the event. The extracted radii are in the range $1-5$ fm, reaching highest values for very high multiplicity pPb, also for similar multiplicity PbPb collisions, and decrease with increasing k_T . The dependence of the radii on the multiplicity and k_T largely factorizes and appears to be insensitive to the type of the colliding system and center-of-mass energy.

1 Introduction

The study of energy particle physics. The (p_T) spectra of hadron collisions that can be understood in terms of quantum chromodynamics (QCD) soft parton interactions. Carlo (MC) event generators provide quantities of interest for the study of other final-state particles, such as baryon (and antibaryon) production, and by the existence of resonance decays help improve the understanding of proton-proton collisions. The present study is a reference for the state effects on the yields of identified particles.

The present study is a reference for the state effects on the yields of identified particles.

*e-mail: cms

en
ne
co
pr
sca
tio
me
and
to
bacl
serv
nucl
heav
TI
from
enok
guide
gener
tic sci
doubl
fracti
treatc
refer t
and ar
fractio
events.
The
and ps

*Full s

Published
the Crea
tion of
the publi

0031-90C

Available on the CMS information server

CMS AN-14-042

CMS Draft Analysis Note

The content of this note is intended for CMS internal use and distribution only

2014/08/20

Head Id: 234946

Archive Id: 234945:234946M

Archive Date: 2014/04/02

Archive Tag: trunk

Femtoscopy with identified charged hadrons in pp, pPb, and peripheral PbPb collisions at LHC energies

Ferenc Sikler¹ and the CMS Heavy Ions Group
¹ Wigner RCP, Inst for Part and Nucl Phys, Budapest, Hungary

Abstract

Short range correlations of identified charged hadrons in pp ($\sqrt{s} = 0.9, 2.76,$ and 7 TeV), pPb ($\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV), and peripheral PbPb collisions ($\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV) are studied with the CMS detector at the LHC. Charged pions and kaons at low p_T and in laboratory pseudorapidity $|\eta| < 1$ are identified via their energy loss in the silicon tracker. The two-particle correlation functions show effects of quantum statistics, Coulomb interaction, and also indicate the role of multi-body resonance decays and mini-jets. The characteristics of the one-, two-, and three-dimensional correlation functions are studied as a function of the transverse pair momentum and of the charged-particle multiplicity of the event. The extracted radii are in the range $1-5$ fm, reaching highest values for very high multiplicity pPb, also for similar multiplicity PbPb collisions, and decrease with increasing k_T . The dependence of the radii on the multiplicity and k_T largely factorizes and appears to be insensitive to the type of the colliding system and center-of-mass energy.

This box is only visible in draft mode. Please make sure the values below make sense.

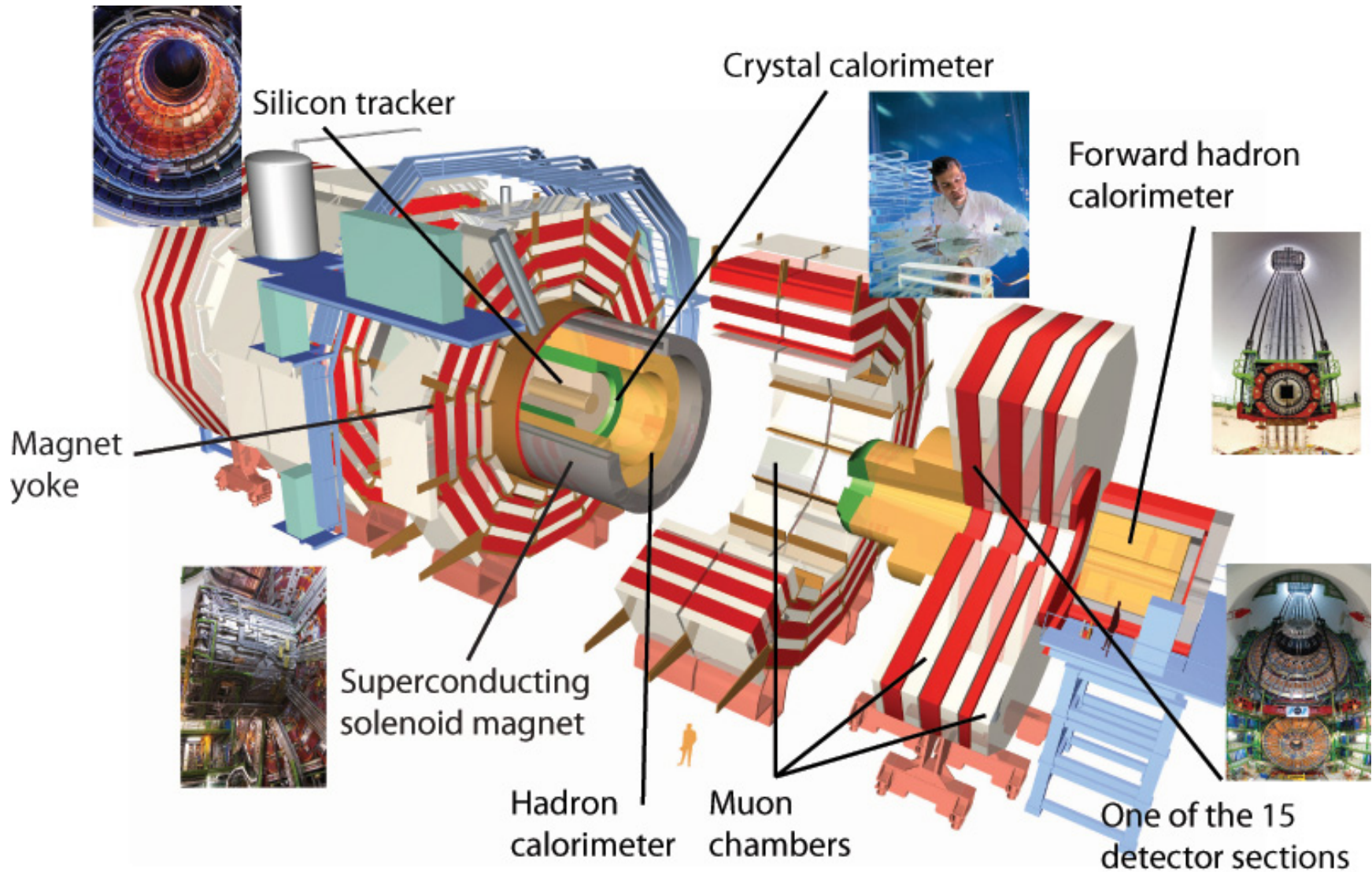
PDFAuthor: Ferenc Sikler and the CMS Heavy Ions Group
PDFTitle: Femtoscopy with identified charged hadrons in pp, pPb, and peripheral PbPb collisions at LHC energies
PDFSubject: CMS
PDFKeywords: CMS, physics, femtoscopy, particle identification

Please also verify that the abstract does not use any user defined symbols



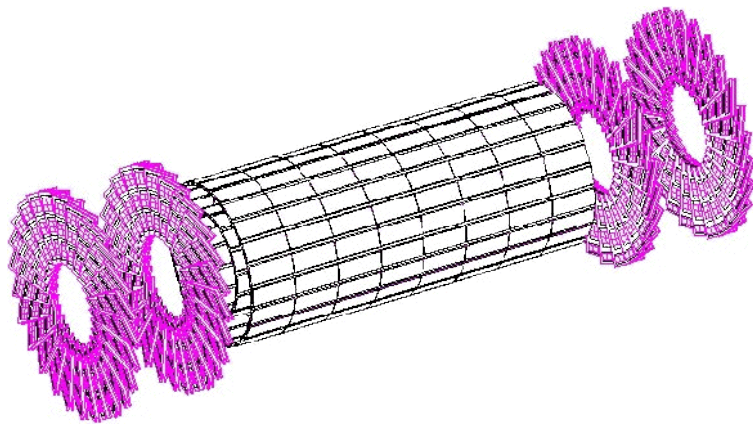
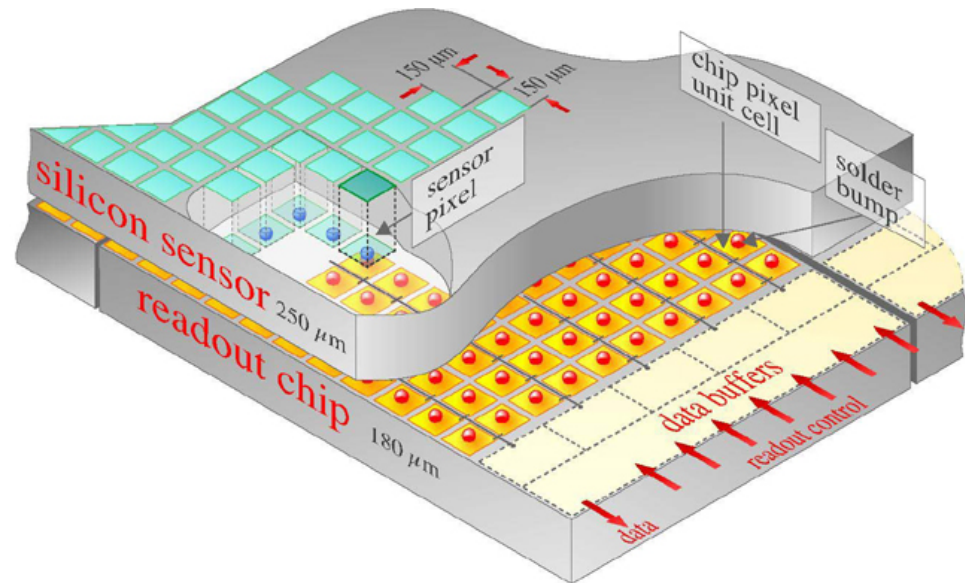
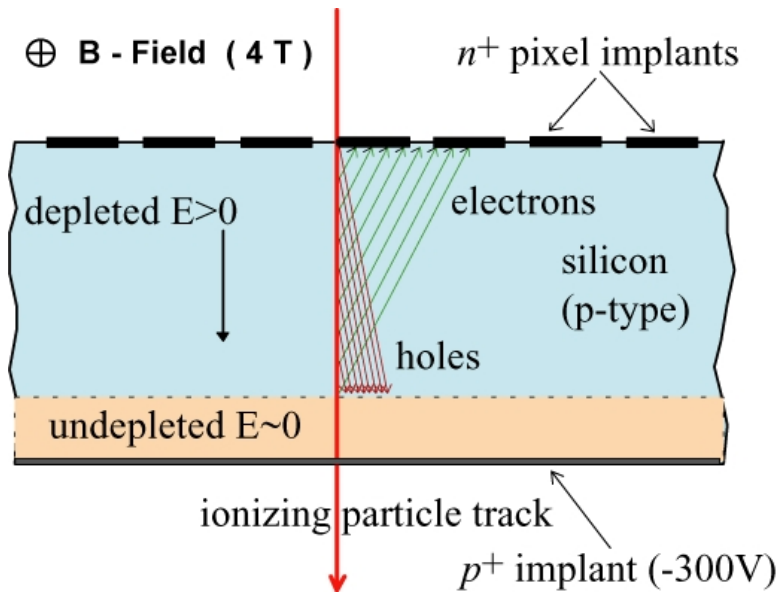
A CMS-kísérlet

A CMS-kísérlet



Nagy akceptanciájú, jó lefedést biztosító, általános célú detektorrendszer

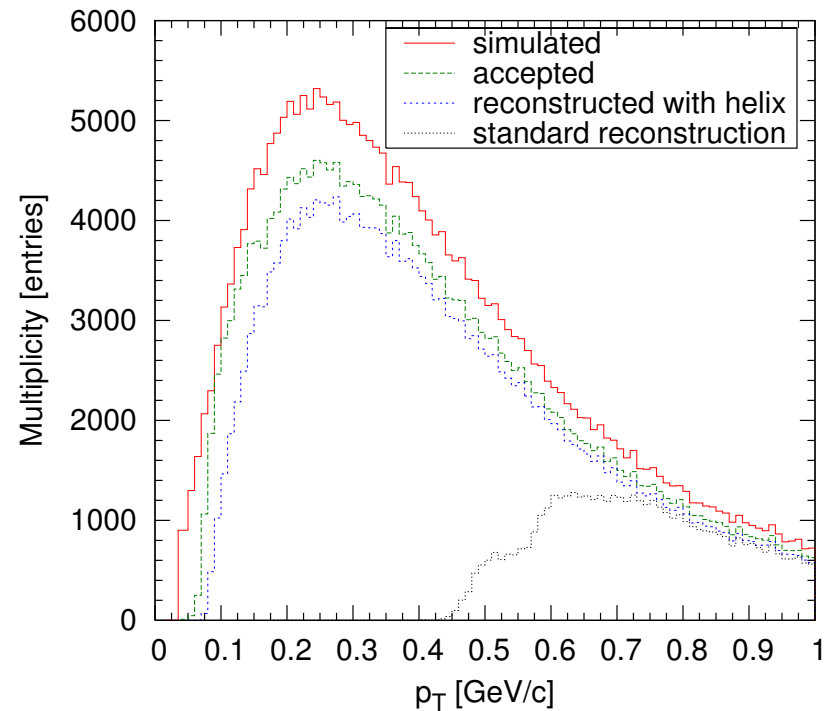
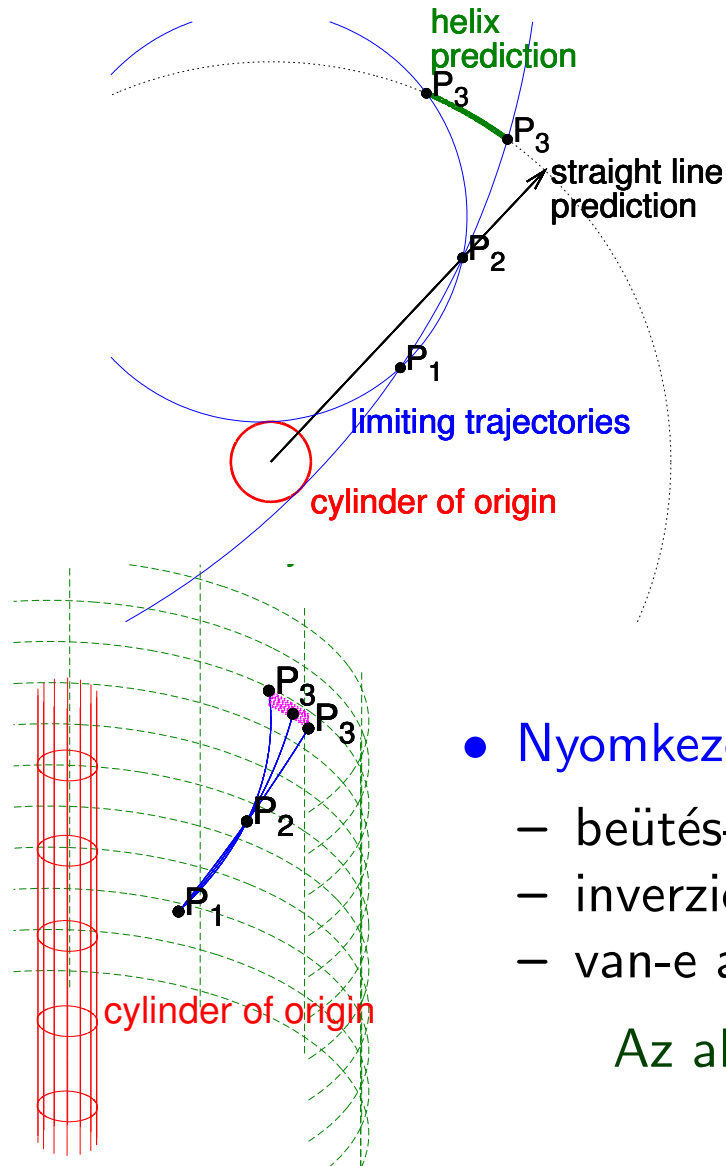
A CMS-kísérlet – nyomkövető



- Szilícium alapú nyomkövető rendszer
 - Pixel detektor: három hordó-réteg (4,4, 7,3 és 10,2 cm-es sugarakkal), valamint két végsapka-korong; 285 μm vastag, 150 μm \times 100 μm
 - Strip detektor: néhány rétege dupla; 300 és 500 μm vastag; 80–150 μm széles

Klaszterek: szomszédos, számottevő energialeadású pixelek/csíkok csoportjai

Kis impulzusú nyomkövetés



- Nyomkezdemények készítése

- beütés-párokat formálunk (P_1 és P_2)
- inverzió P_1 középponttal és P_1P_2 sugárral, $\Rightarrow P_3$
- van-e a megfelelő pont a téglalap alakú burkolón?

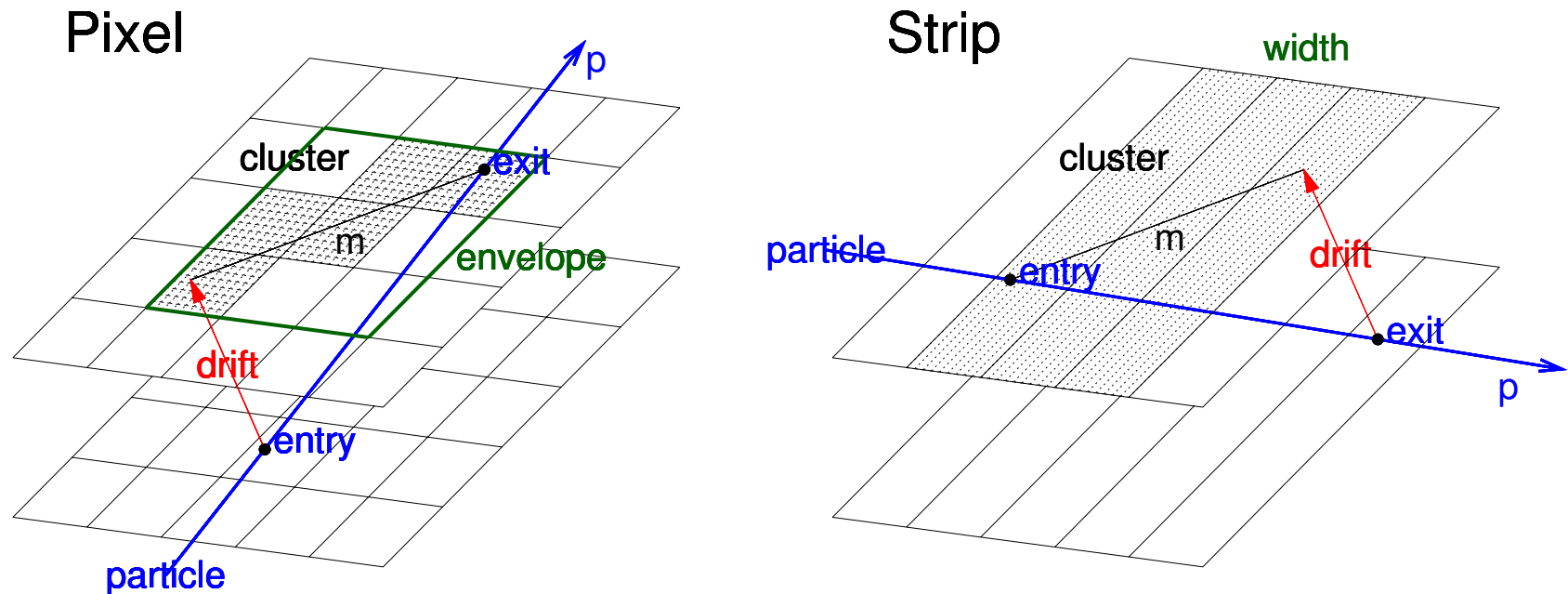
Az akceptancia 75 MeV/c-ig terjed pionokra

CMS AN-2006/100
Int J Mod Phys E **16** (2007) 1819
J Phys G **35** (2008) 104150

Kis impulzusú nyomkövetés

Alacsony tévesztésű nyomkövetés

- Probléma
 - túl sok beütés, melyik pont melyik részecskéhez tartozik?
- Segítség
 - töltött részecske \rightarrow leadott energia \rightarrow klaszter
 - a klaszterek alakja kapcsolatban van a bejövő részecske irányával



Nagyon hatékony szűrő

Alacsony tévesztésű nyomkövetés

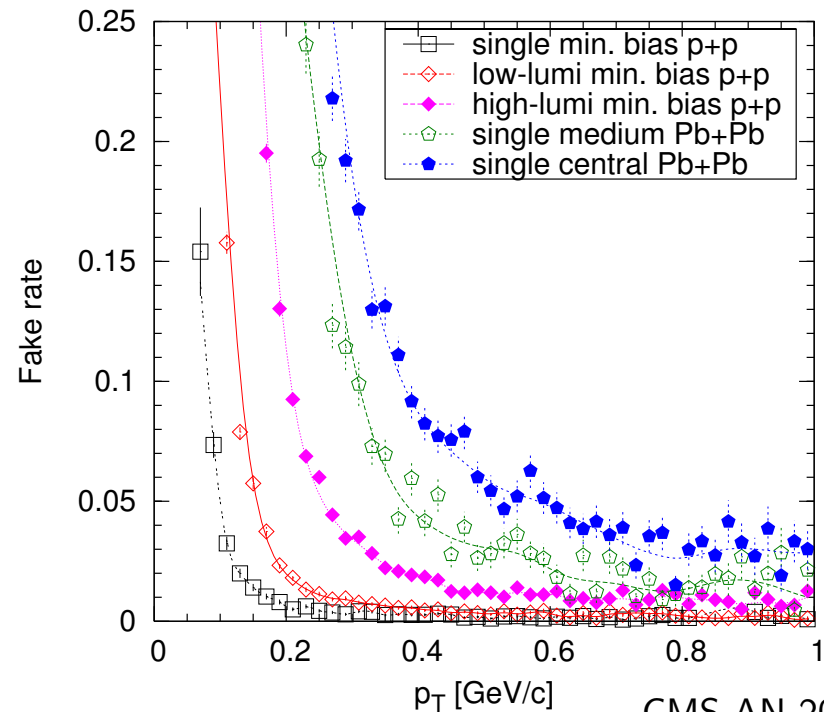
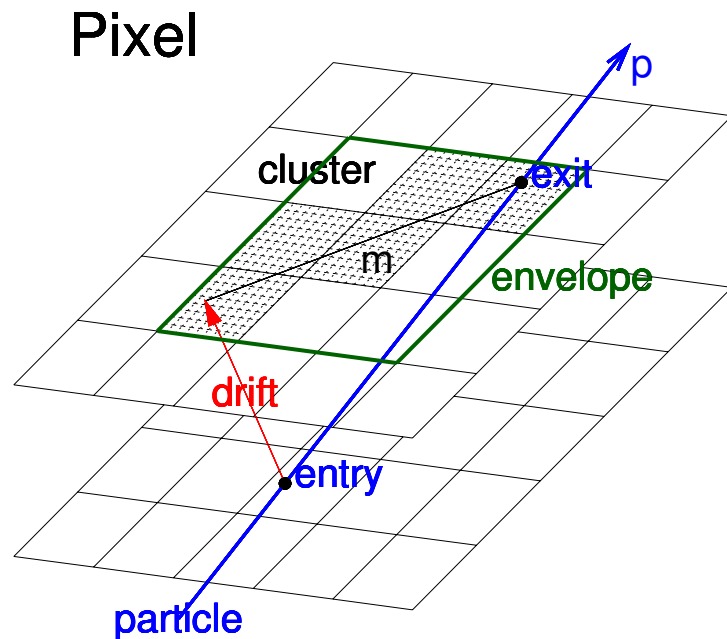
- Probléma

- túl sok beütés, melyik pont melyik részecskéhez tartozik?

- Segítség

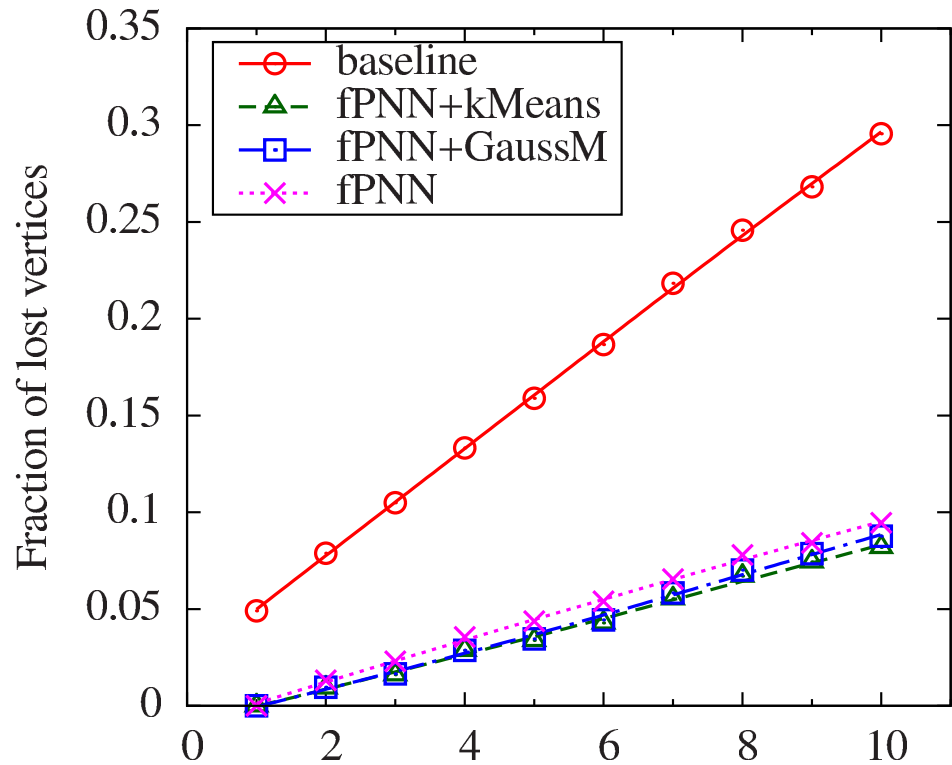
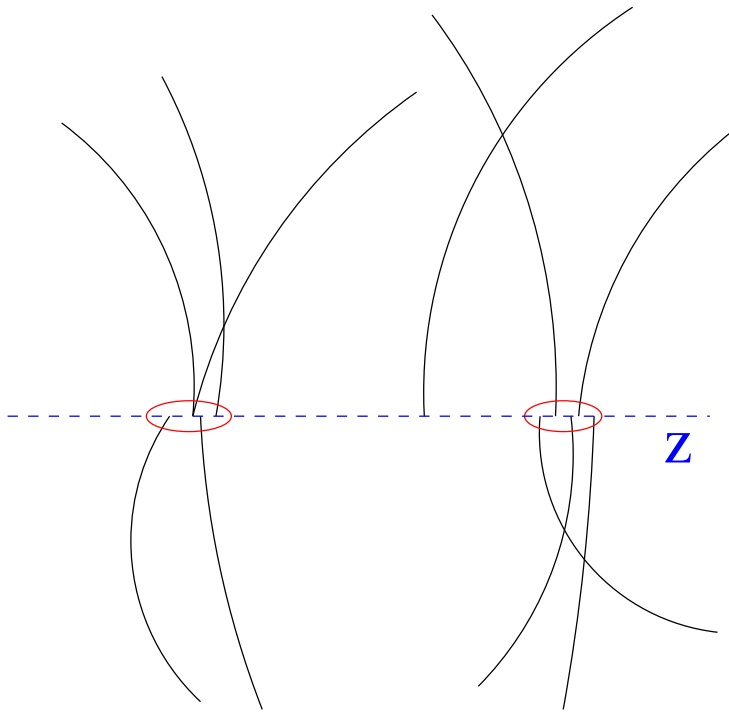
- töltött részecske \rightarrow leadott energia \rightarrow klaszter

- a klaszterek alakja kapcsolatban van a bejövő részecske irányával



CMS AN-2006/100
Int J Mod Phys E **16** (2007) 1819
J Phys G **35** (2008) 104150

Kölcsönhatási pontok javított keresése



A részecskék nyalábközelpontjának z koordinátáját és annak becsült σ_z hibája

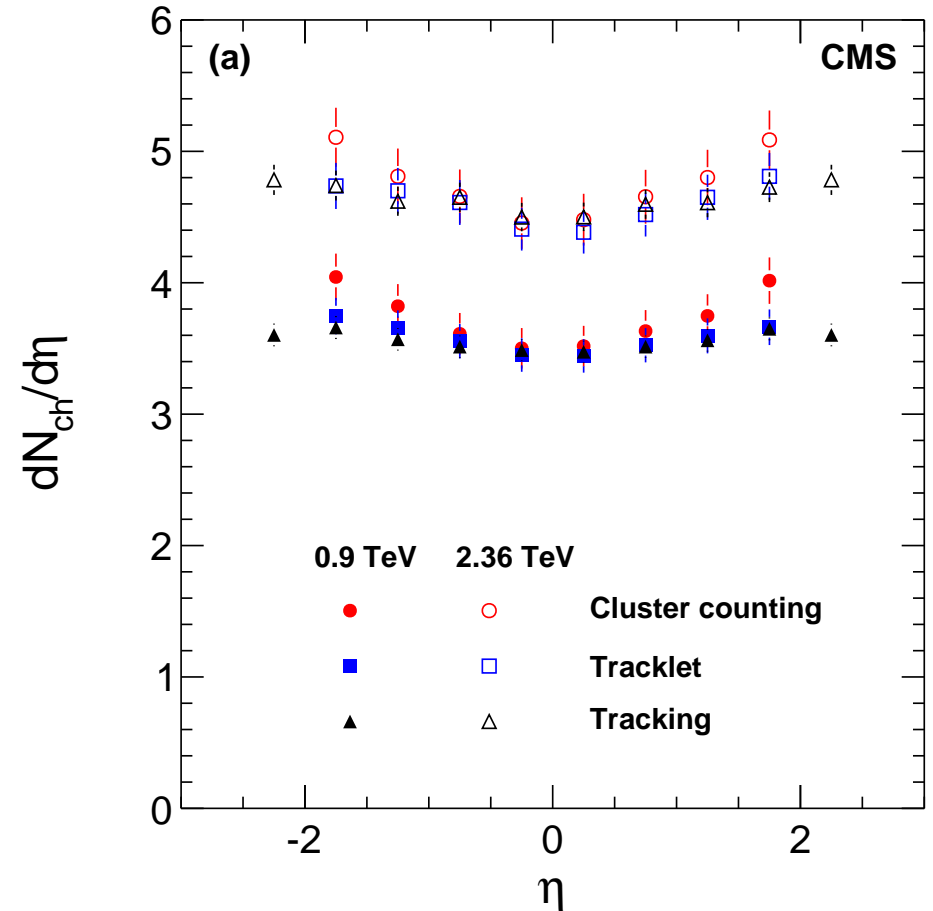
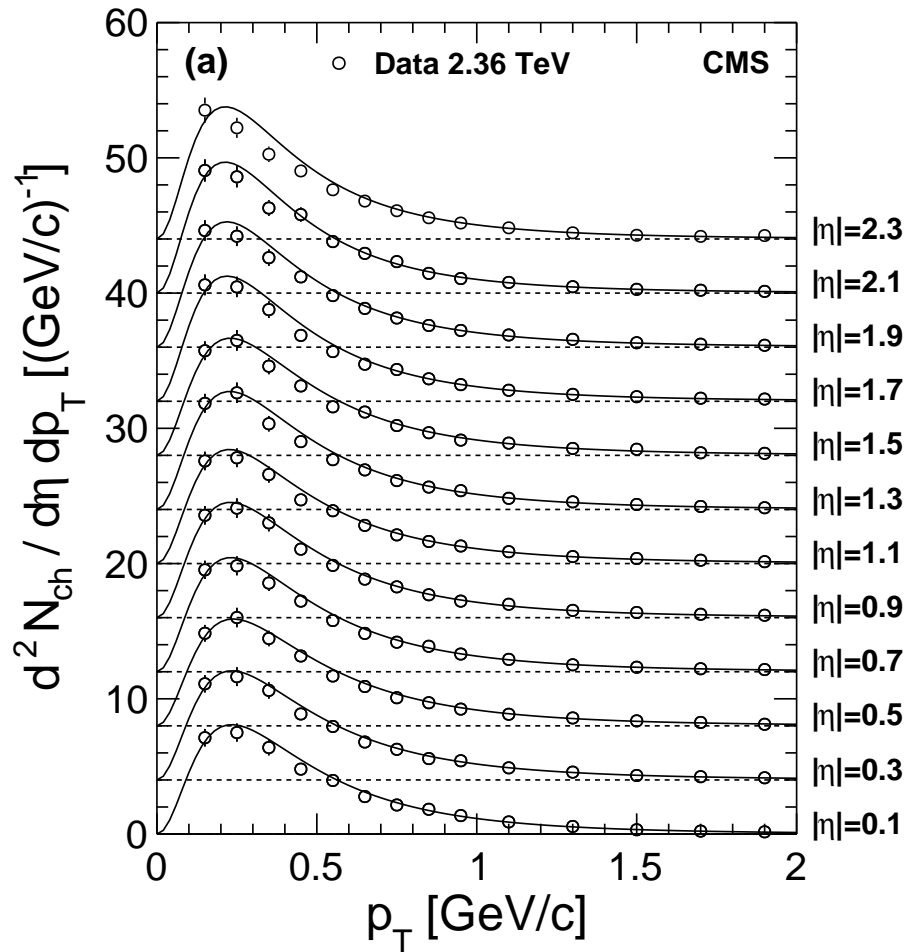
• Összevonó klaszterezés

- két részecske d távolsága: $d^2 = (z_i - z_j)^2 / (\sigma_i^2 + \sigma_j^2)$
- minden lépésben megkeressük a két legközelebbi klasztert (d_{\min}) és egyesítjük
- az új klaszter z -je és σ -ja a két klaszter súlyozott átlaga
- addig folytatjuk, amíg d_{\min} túl nagy nem lesz
- csoportosítás: gaussi keverék modell; k-means

Nucl Instrum Meth A **621** (2010) 526

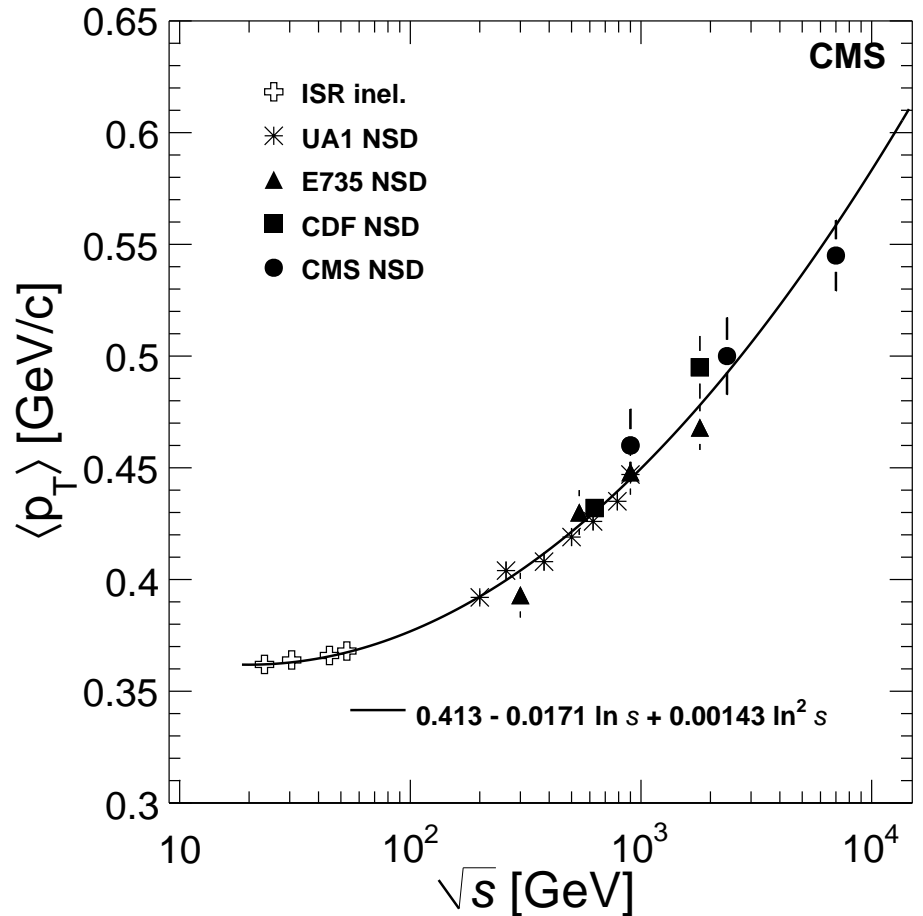
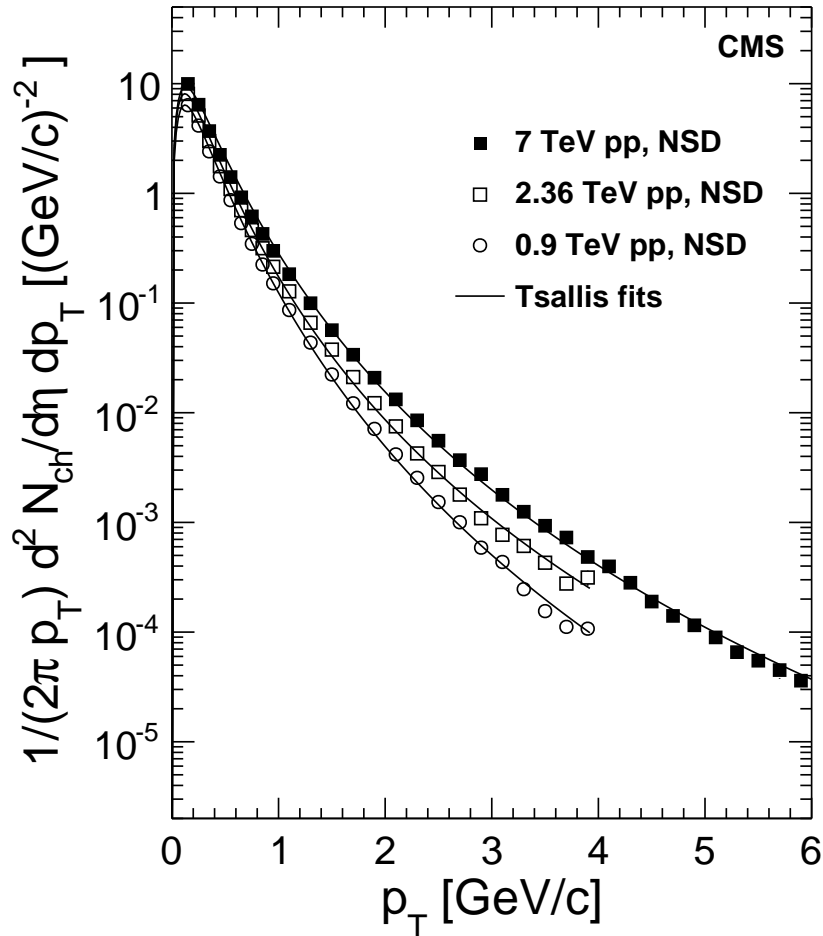
Egy rekonstruált proton-proton ütközés

Töltött hadronok eloszlásai



Gyors kiértékelés, differenciális spektrumok, 3 módszer
Kis p_T -n is működő nyomkövetés, kölcsönhatási pontok keresése
Mérések 0,9, 2,36 és 7 TeV-en

Töltött hadronok eloszlásai



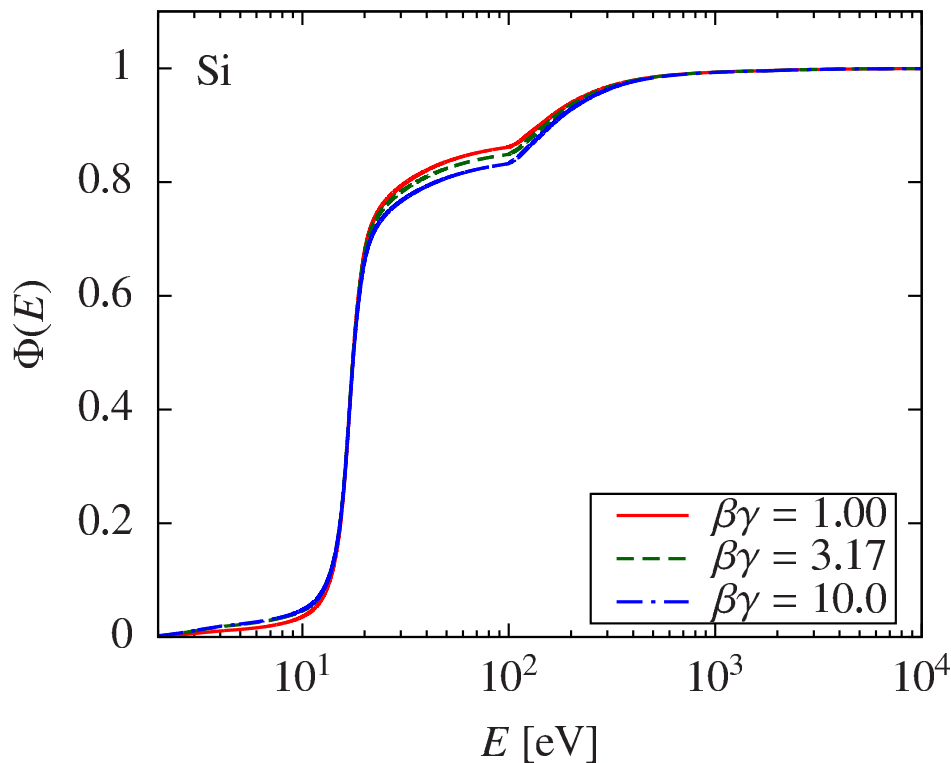
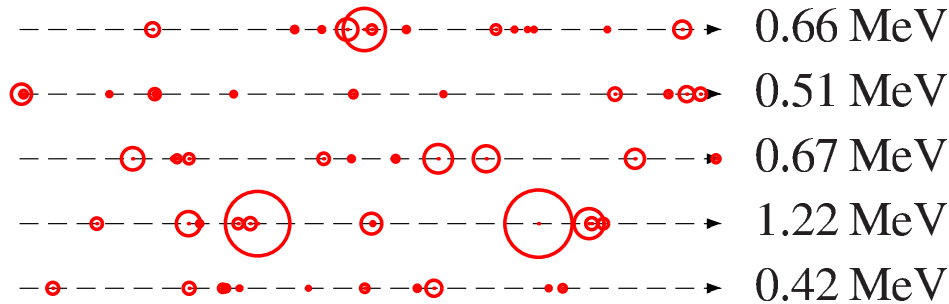
LHC: első impulzusmérés, első 2,36 TeV-es mérés

A vártnál meredekebb energiafüggés: $dN/d\eta$ és $\langle p_T \rangle$

Eseménygenerátorok javítása, gluon telítési modellek sikere

CMS AN-2009/182, High Energy Phys **02** (2010) 041
 CMS AN-2010/069, Phys Rev Lett **105** (2010) 022002

Töltött részecskék energialeadása



• Töltött részecske áthaladása anyagon

- Bonyolult folyamat, gerjesztések, szórások, $1/\Delta E^2$
- Az üküzések energiaspektruma: Bethe-Fano (Si), valamint Fermi virtuális foton (Ne) közelítés
- Hosszú farkú eloszlás, hogyan értékeljük ki, pl kevés beütésnél?

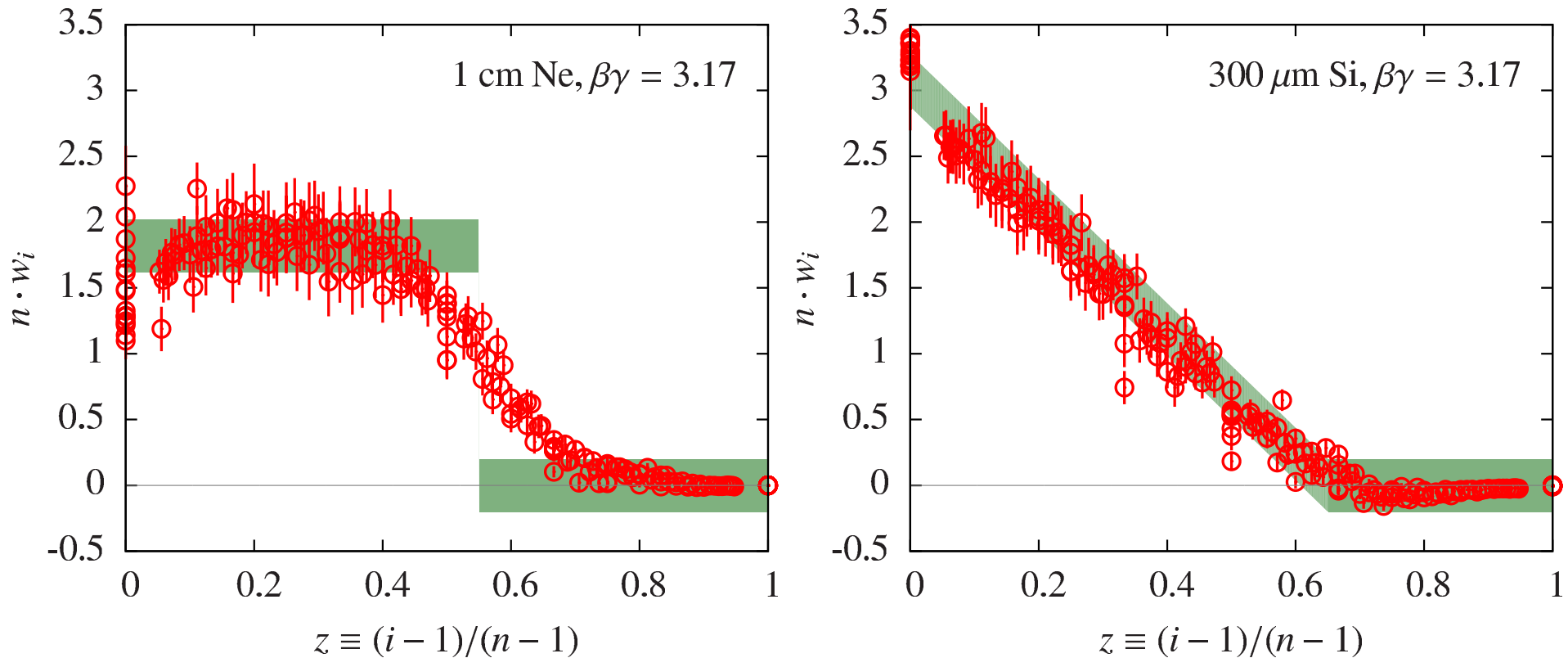
• A pálya mentén $\Delta E_i/\Delta x_i$ értékek

- Levágott átlagolás, (0,50%)
- Hatványátlagok
- Súlyozott átlagolás
- Melyek az optimális súlyok?
- ⇒ Analitikus modell
- Létezhet-e ilyen? Max likelihood?

Szerteágazó vizsgálatok: többféle anyag (Si és Ne), $\beta\gamma$, vastagság

Nucl Instrum Meth A **687** (2012) 30

Az energiavesztés-ráta becslése, lin kombináció



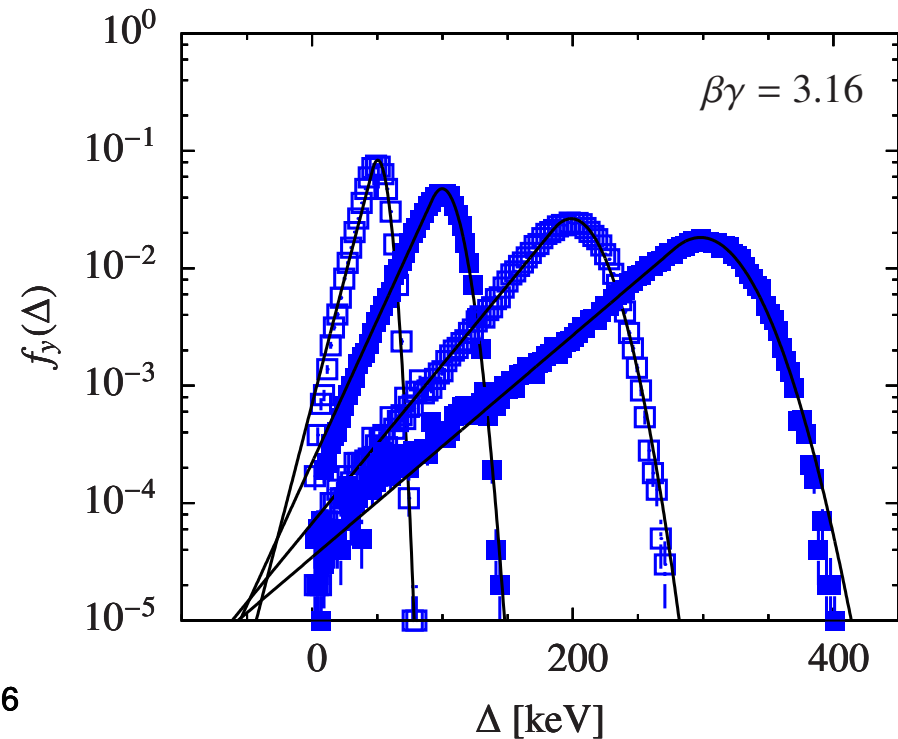
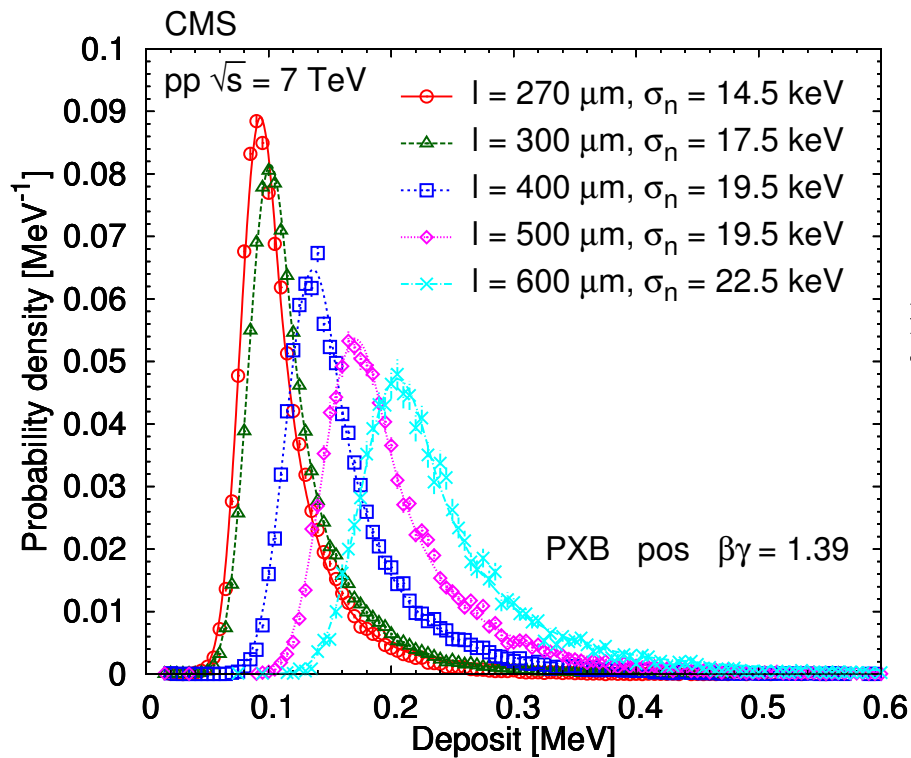
• Optimális súlyok

- a lineáris kombináció $y = \sum_{i=1}^n w_i y_i$, ahol $y_i \equiv \Delta E_i / \Delta x_i$ és $y_i \leq y_{i+1}$
- Variációs feladat, megoldása $\mathbf{w} = \frac{\mathbf{V}^{-1} \mathbf{m}}{\mathbf{1}^T \mathbf{V}^{-1} \mathbf{m}}$, a relatív felbontás $\frac{1}{\sqrt{\mathbf{m}^T \mathbf{V}^{-1} \mathbf{m}}}$
- Ne: a (0–55%) levágott átlagolás közel optimális

Szoros kapcsolat (hatvány: 0; exp*gauss: állandó; exp*hatvány: lineáris)

Nucl Instrum Meth A **687** (2012) 30

Az energiaveszteség-modell



- Annak valószínűsége, hogy a beütés energiája y

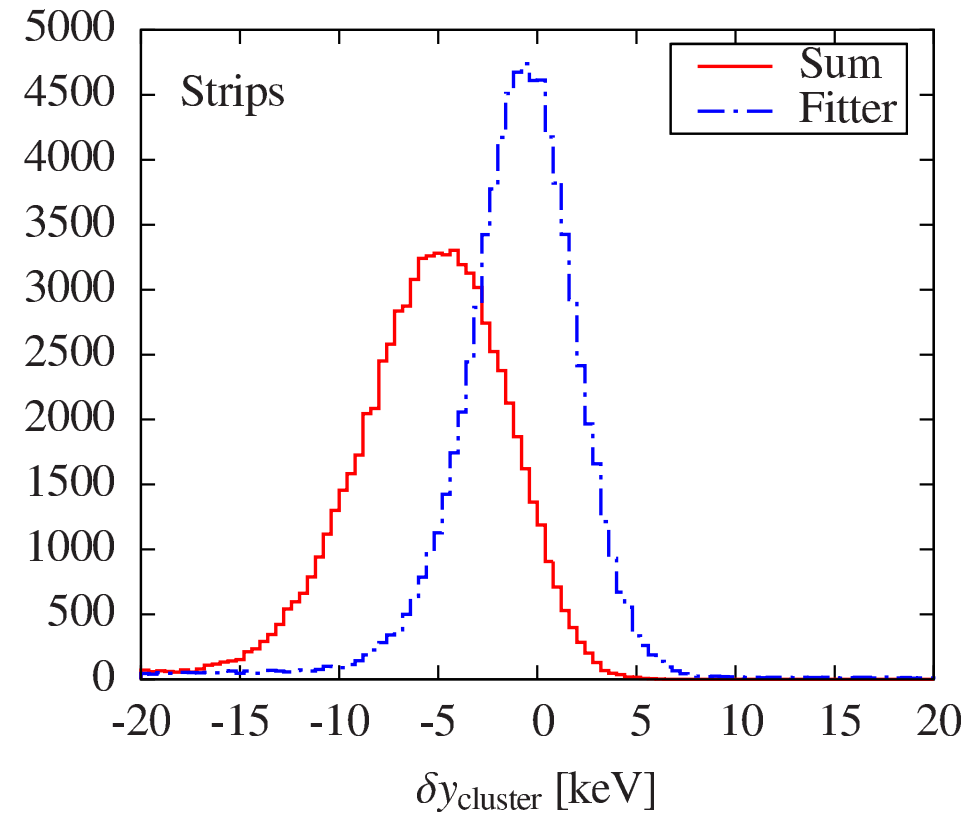
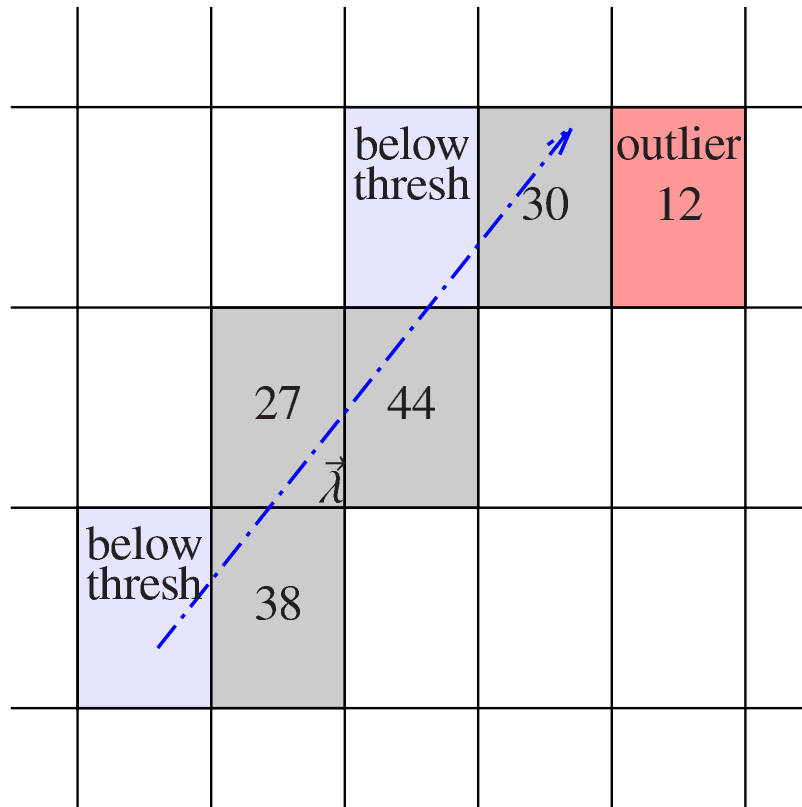
$$p(y|\varepsilon, l) \approx \frac{1}{\sigma_{\Delta}} \cdot \begin{cases} \exp\left[\frac{\nu(\Delta-y)}{\sigma_{\Delta}(y)} + \frac{\nu^2}{2}\right], & \text{ha } \Delta < y - \nu\sigma_{\Delta}(y) \\ \exp\left[-\frac{(\Delta-y)^2}{2\sigma_{\Delta}^2(y)}\right] & \text{egyébként.} \end{cases}$$

ahol a legvalószínűbb energiaveszteség $\Delta(l) \approx \varepsilon l [1 + a \log(l/l_0)]$

Egyszerű, de pontos: gyors maximum likelihood alkalmazás

Nucl Instrum Meth A **691** (2012) 16

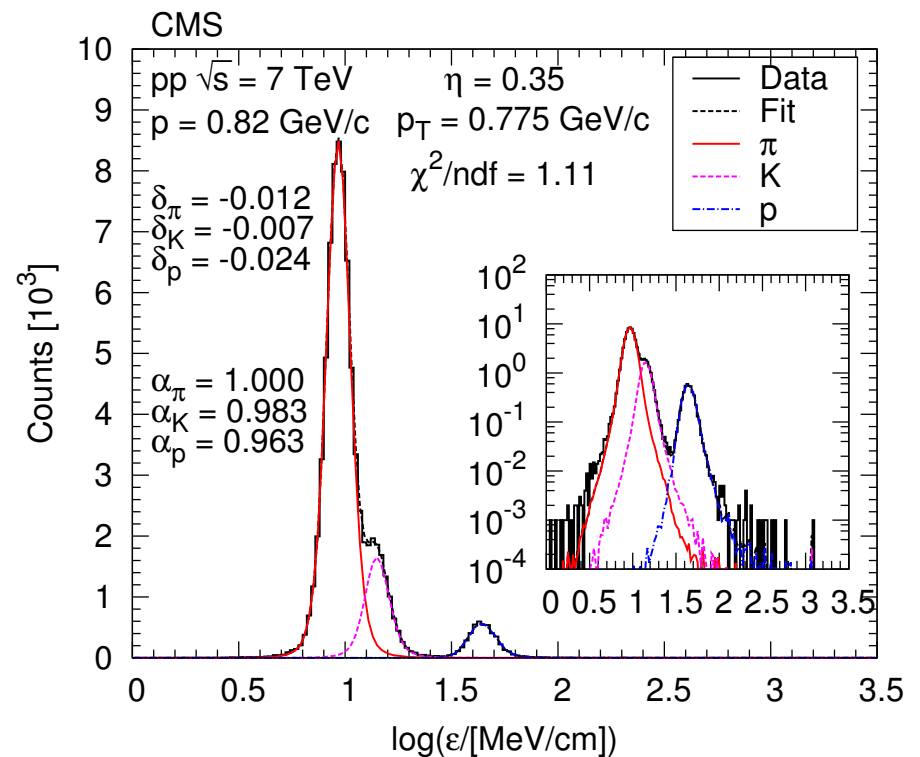
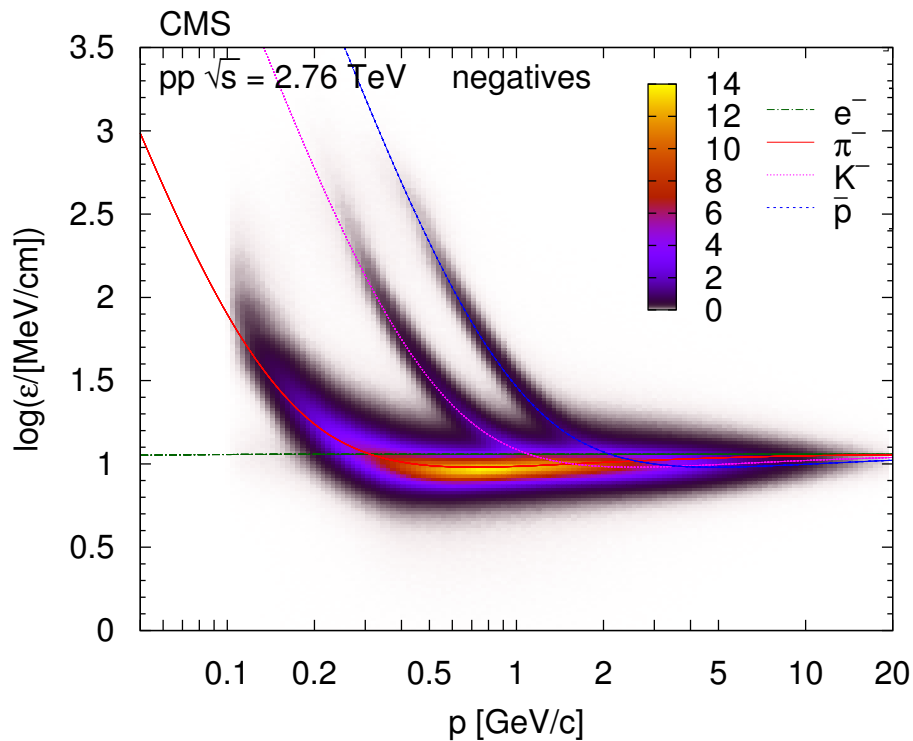
Az energiaveszteség-modell



- Sokféle alkalmazás

- a klaszterek hely- és energiabecslése; bizonytalanságuk számolható
- a kiolvasó chippek erősítésének kalibrációja
- a részecskék energiaveszteség-rátájának becslése

Az energiaveszteség-ráta kiszámítása



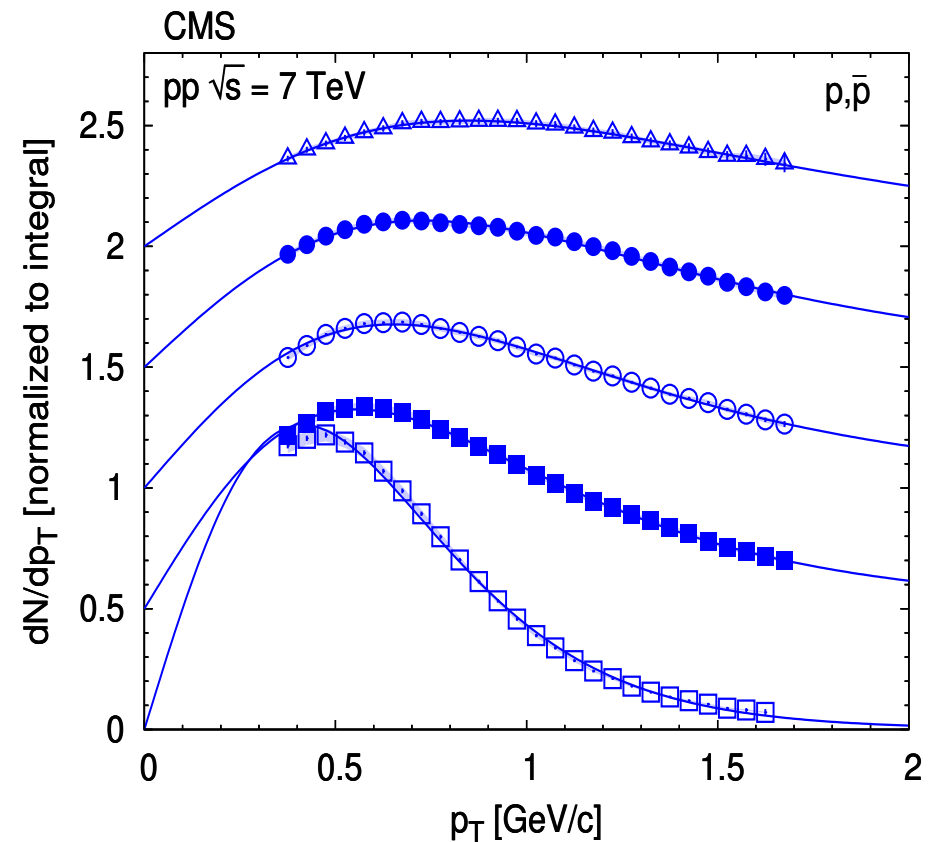
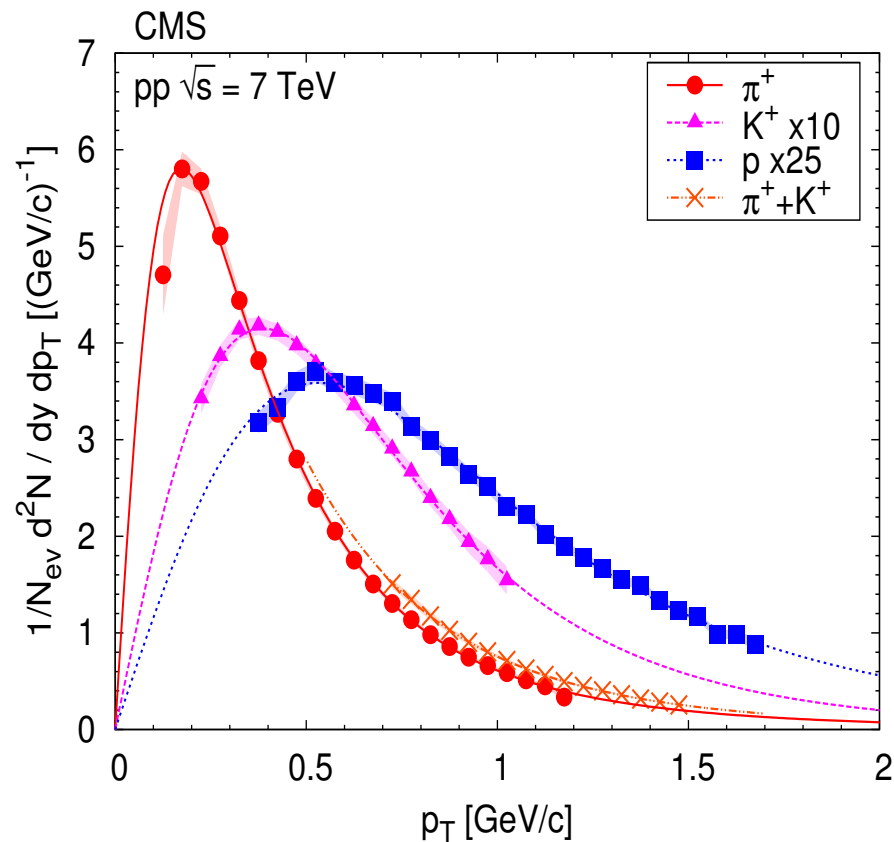
• A kiértékelés menete

- $\log \varepsilon$ becslése mindegy egyes részecskepályára
- téves beütések eltávolítása (energiaveszteségben kilógnak)
- illesztések n_{hits} és χ^2/ndf szeletekben

Egyidejű, differenciális illesztések az adatokból meghatározott sablonokkal

CMS AN-2010/143, Eur Phys J C **72** (2012) 2164

Azonosított hadronok eloszlásai



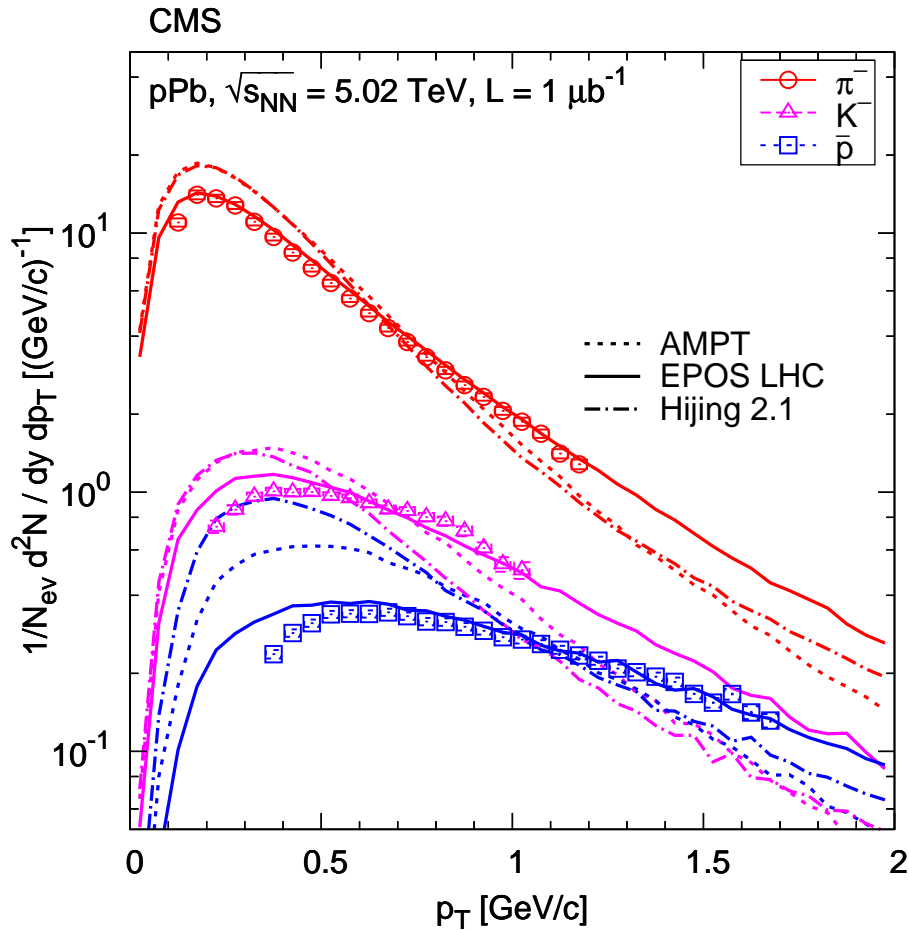
Tsallis-Pareto-eloszlás:

$$\frac{d^2N}{dydp_T} = \frac{dN}{dy} \cdot C \cdot p_T \left[1 + \frac{(m_T - m)}{nT} \right]^{-n}$$

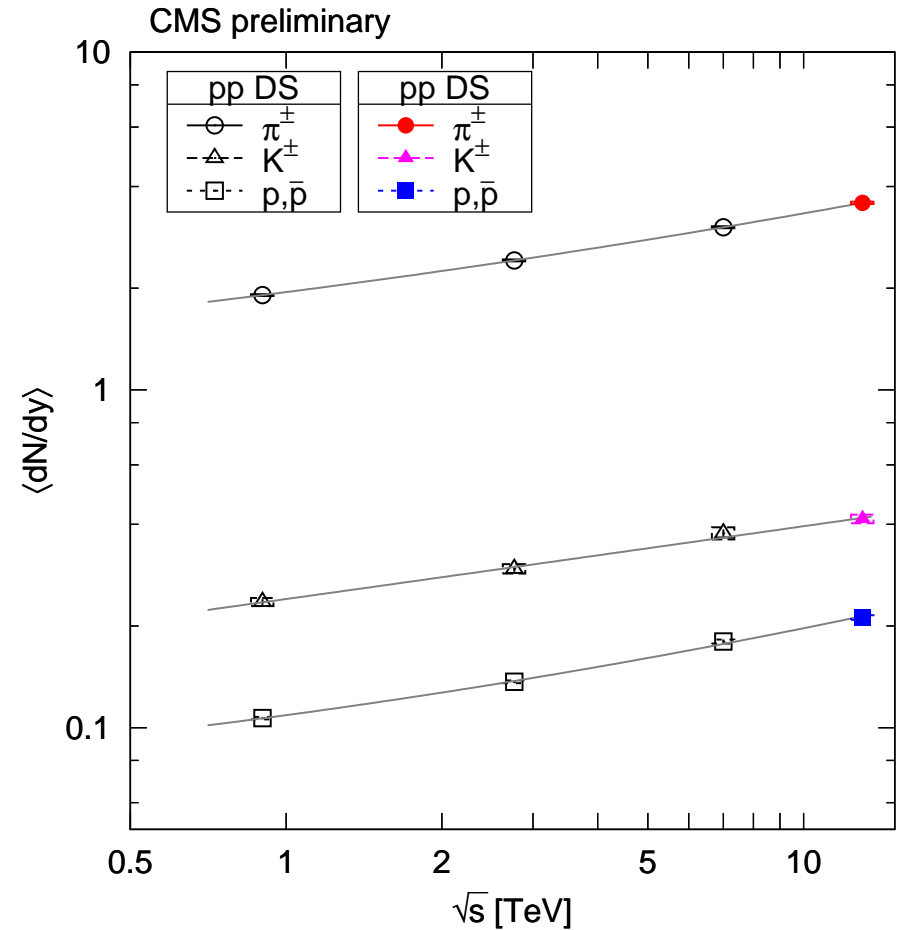
Gyökerei a nem-extenzív statisztikában; egy Lévy-eloszlás
 n – kitevő, T – meredekség reciproka, m – részecsketömeg

CMS AN-2010/143, Eur Phys J C **72** (2012) 2164

Azonosított hadronok eloszlásai



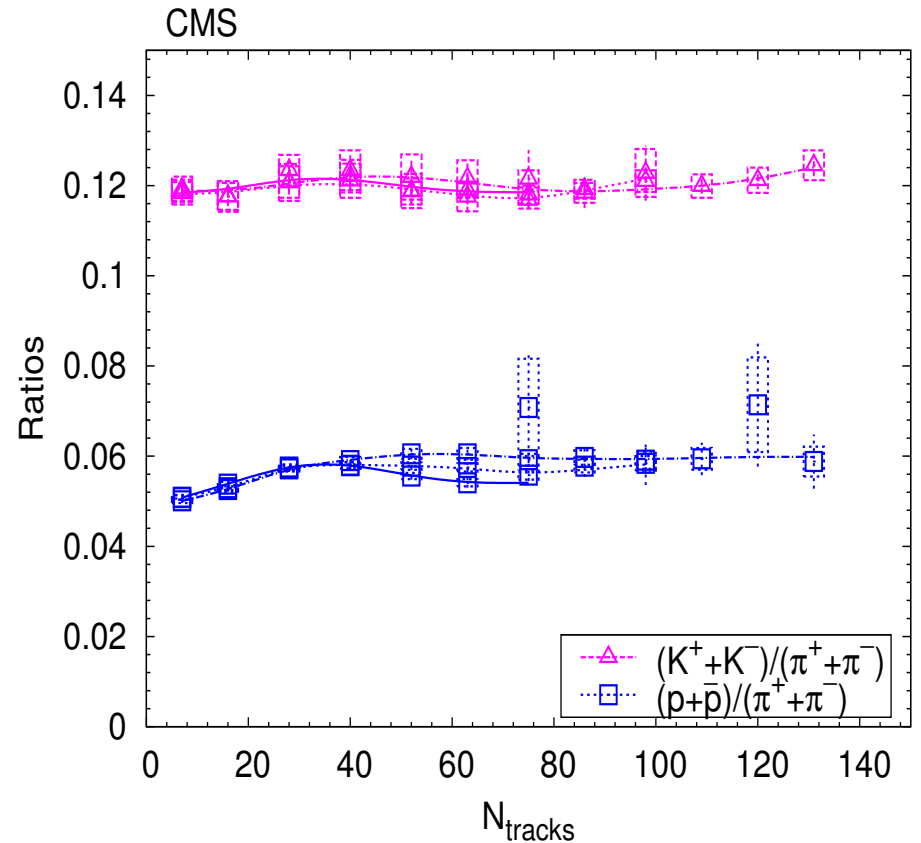
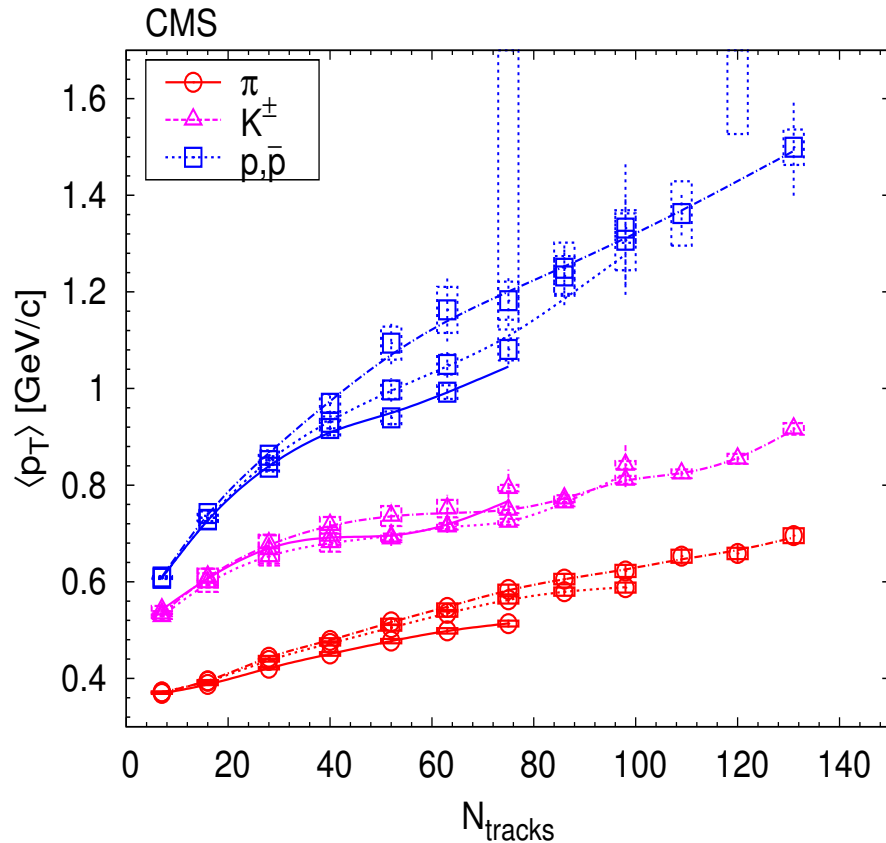
Eseménygenerátorok javítása



Energiafüggés

CMS AN-2012/404, Eur Phys J C **74** (2014) 2847
 CMS AN-2015/221, CMS PAS HIN-16-004

Azonosított hadronok eloszlásai

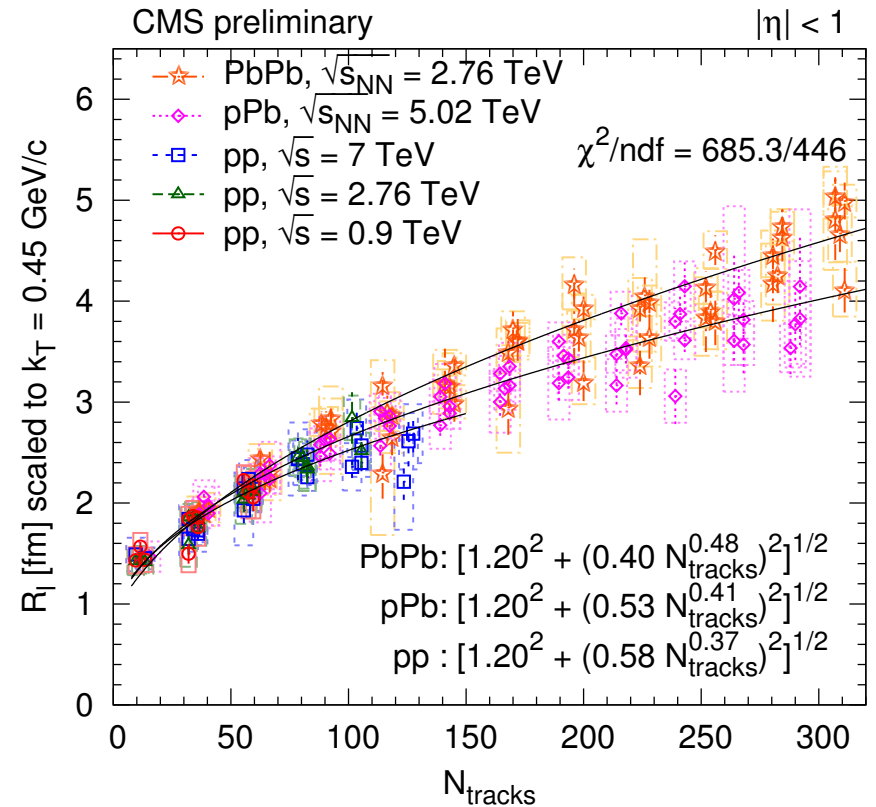
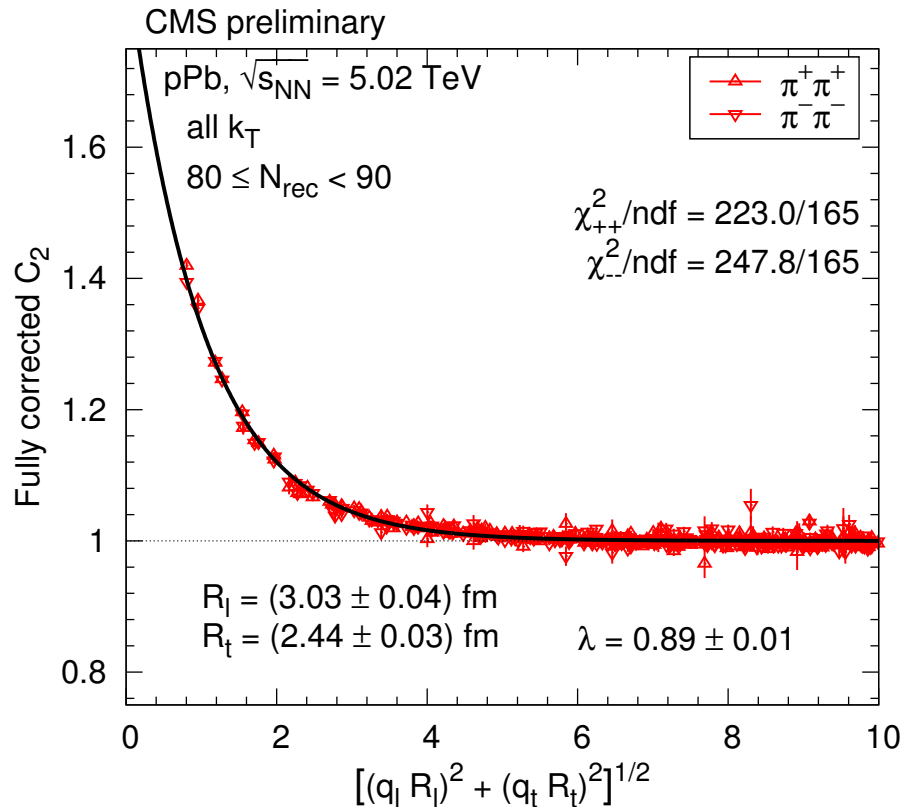


A részecskeszám-függés mindhárom energián nagyon hasonló
A $\langle p_T \rangle$ és hadron-arányok univerzális függése

A részecskekeltés tulajdonságait a rendelkezésre álló
partonok kezdeti energiája határozza meg

CMS AN-2010/143, Eur Phys J C **72** (2012) 2164

Azonosított hadronok korrelációi

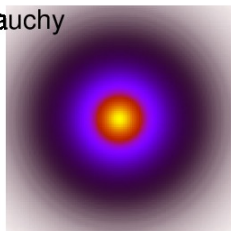


$$C_{2,BE}(q_l, q_o, q_s) = 1 + \lambda \exp \left[-\sqrt{(q_l R_l)^2 + (q_o R_o)^2 + (q_s R_s)^2} \right]$$

Gaussian



Cauchy



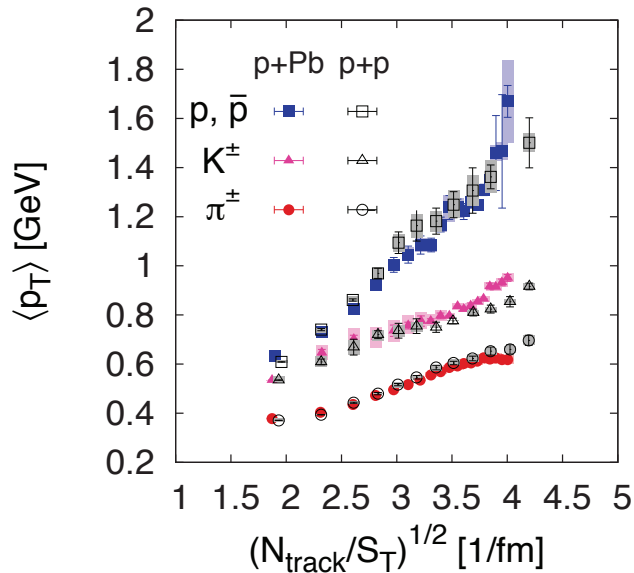
Exponenciális parametrizáció, Cauchy-eloszlású forrás

A zóna mérete a részecskeszámától függ

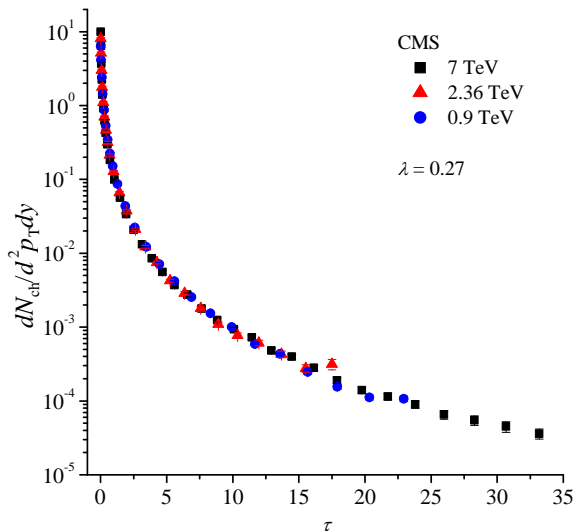
Kritikus hadronsűrűség – utolsó ütközés

CMS AN-2014/042, CMS PAS HIN-14-013

Az eredmények értelmezése



McLerran et al, Nucl Phys A **916** (2013) 210



Praszałowicz, Phys Rev Lett **106** (2011) 142002

• Tsallis-Pareto-eloszlás sikere

- származtatás: a szokásos entrópia általánosítása
- különösen alkalmas erős hatványfarkú, lassan lecsengő eloszlások illesztésére
- fraktálszerkezetű, valamint kaotikus jellegű dinamikai rendszerek; kevés idő

TS Biró, G Purcsel, and K Ürmösy, Eur Phys J A **40** (2009) 325

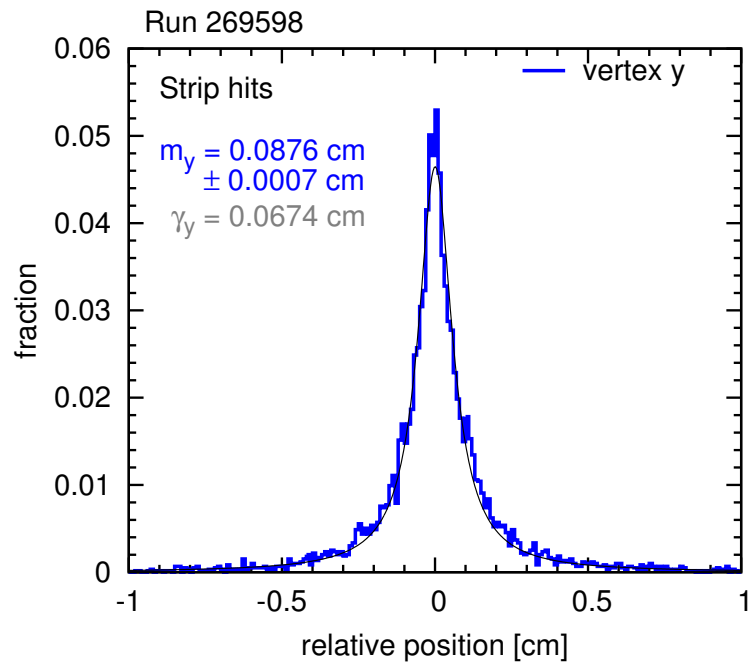
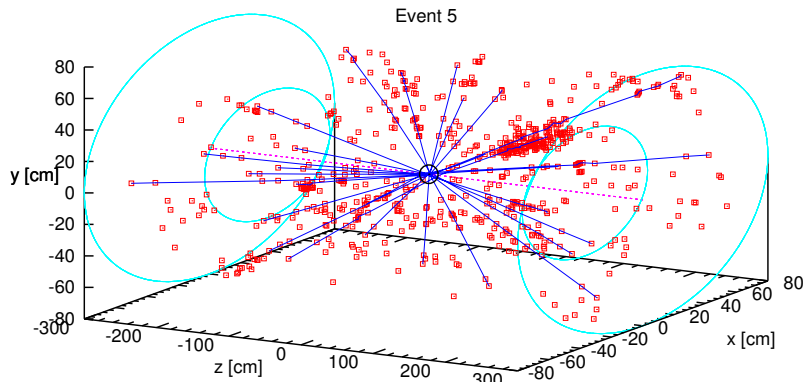
• Eseménygenerátorok javítása

- energiával való gyorsabb változás;
- ritka barionok megnövekedett keltése;
- megnövelt barion-transzport a központi régióba;
- kisebb szín-összekapcsolás

• Gluon telítés, geometriai skálázás

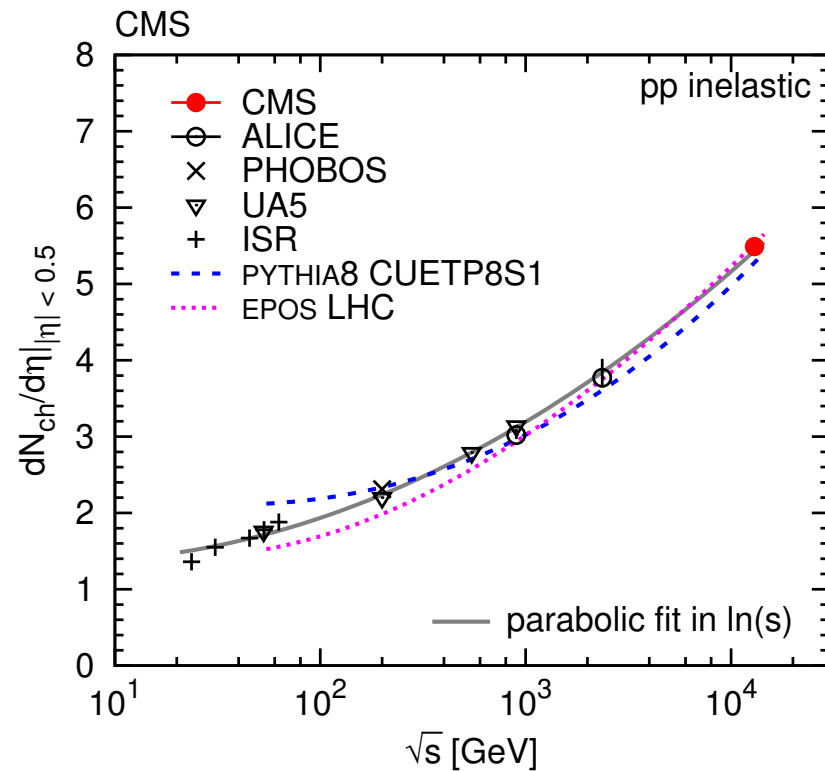
- a kis impulzusú gluonok viselkedése egyszerű
- a gluonok sűrűsége egyre nagyobb lesz; telítés
- klasszikus, erős tér (color glass condensate)
- geometriai skálázás: az eloszlások skáláznak a $\tau = m_T^{2+\lambda} / (Q_0^2 \sqrt{s}^\lambda)$ változóban

Rendkívüli körülmények



- 2016 április

- hol van a nyálábfol? eredmények másfél órán belül, $100 \mu\text{m}$ -es pontossággal



CMS AN-2015/142, Phys Lett B **751** (2015) 143

- 2015 június

- indul az LHC 13 TeV-en, de nincs mágnes
- párosított csík-beütések, $(x, y, z) \rightarrow (\theta, \phi)$
- klaszterezés a képek terében, egyenesek
- az első 13 TeV-es cikk

Kiértékelés – a következő generáció



Krajczár Krisztián
 PhD
 CMS Achievement Award
 Pb-Pb, hadronok elnyomása
 → MIT postdoc @ CERN



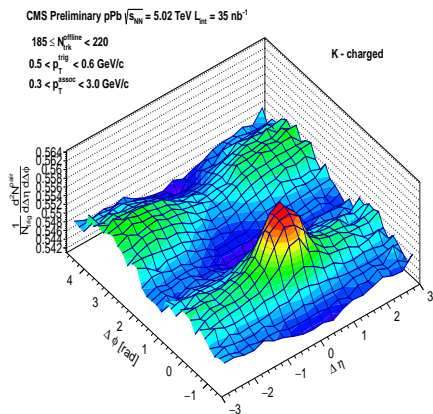
Zsigmond Anna
 doktorjelölt
 p-Pb és Pb-Pb, Z bozonok,
 parton-eloszlások módosulása
 → MPI postdoc @ München



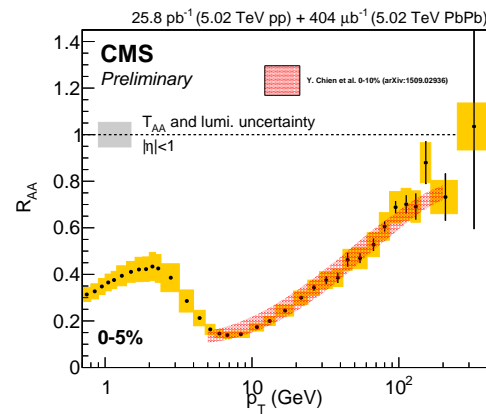
Englert Dávid
 MSc
 OTDK 2. díj
 p-Pb, azonosított részecskék
 szögkorrelációi
 → doktorand @ Southamp



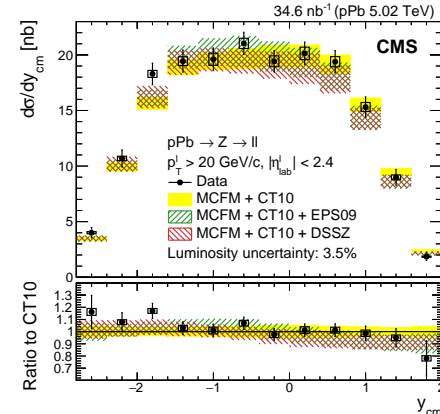
Surányi Olivér
 MSc hallgató
 kari TDK 1. díj
 p-p, pomeronok kicserélésével
 járó folyamatok
 → doktorand @ Budapest



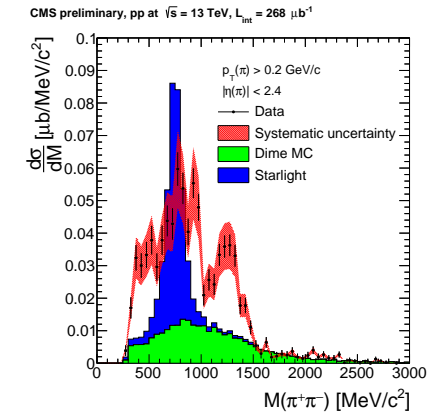
CMS PAS HIN-15-007



CMS PAS HIN-15-015

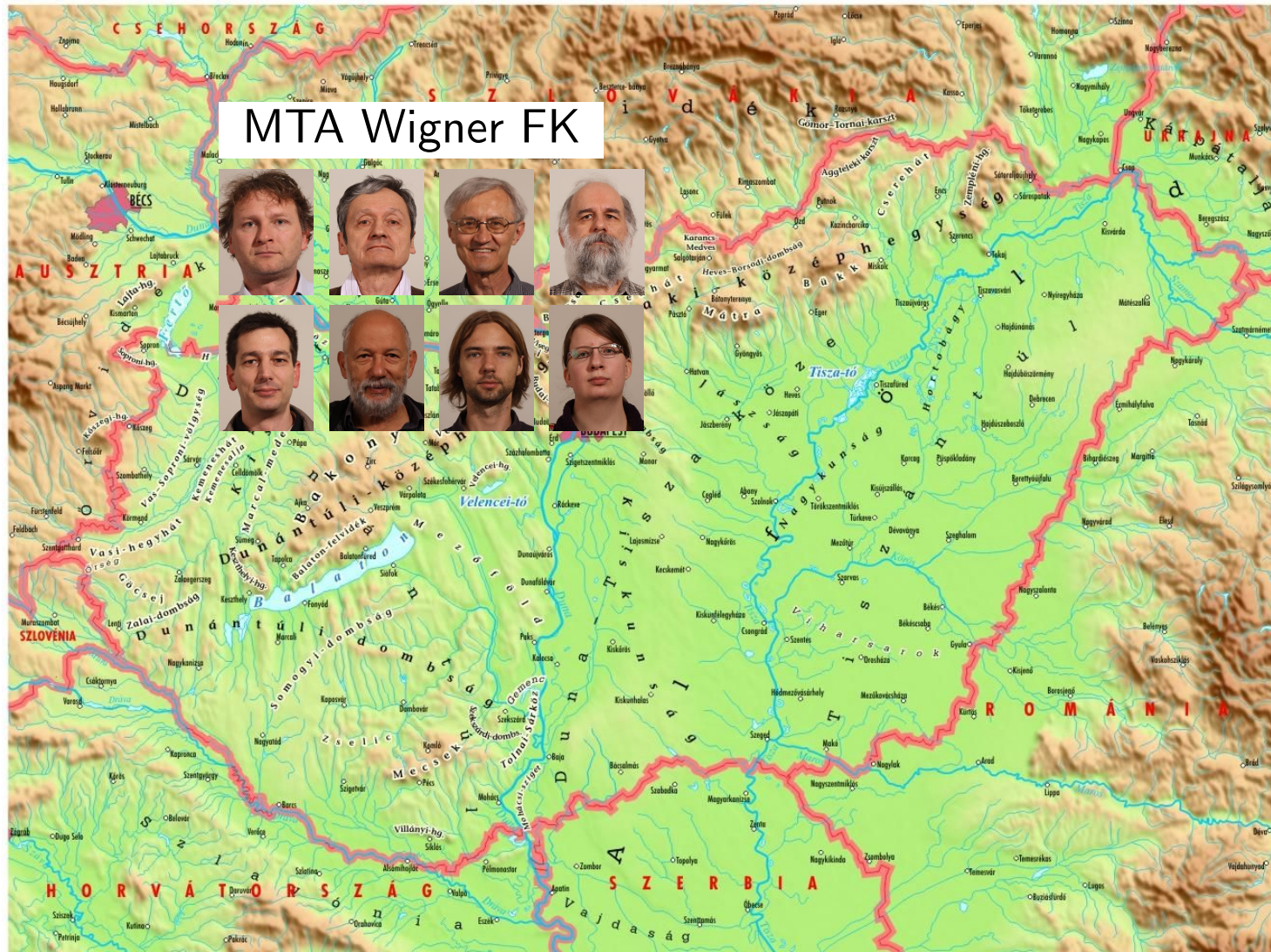


CMS PAS HIN-15-002

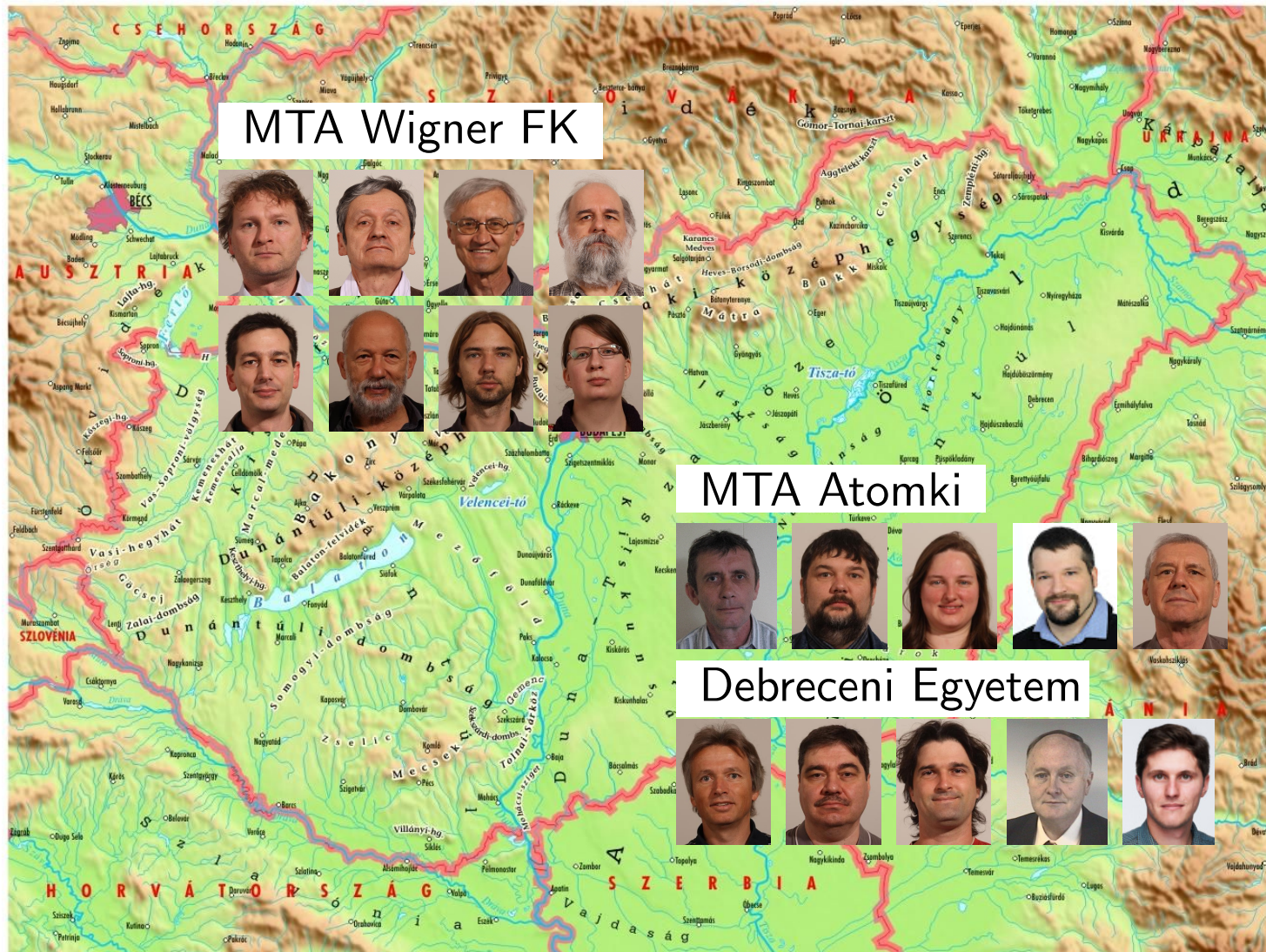


CMS AN-2015/288

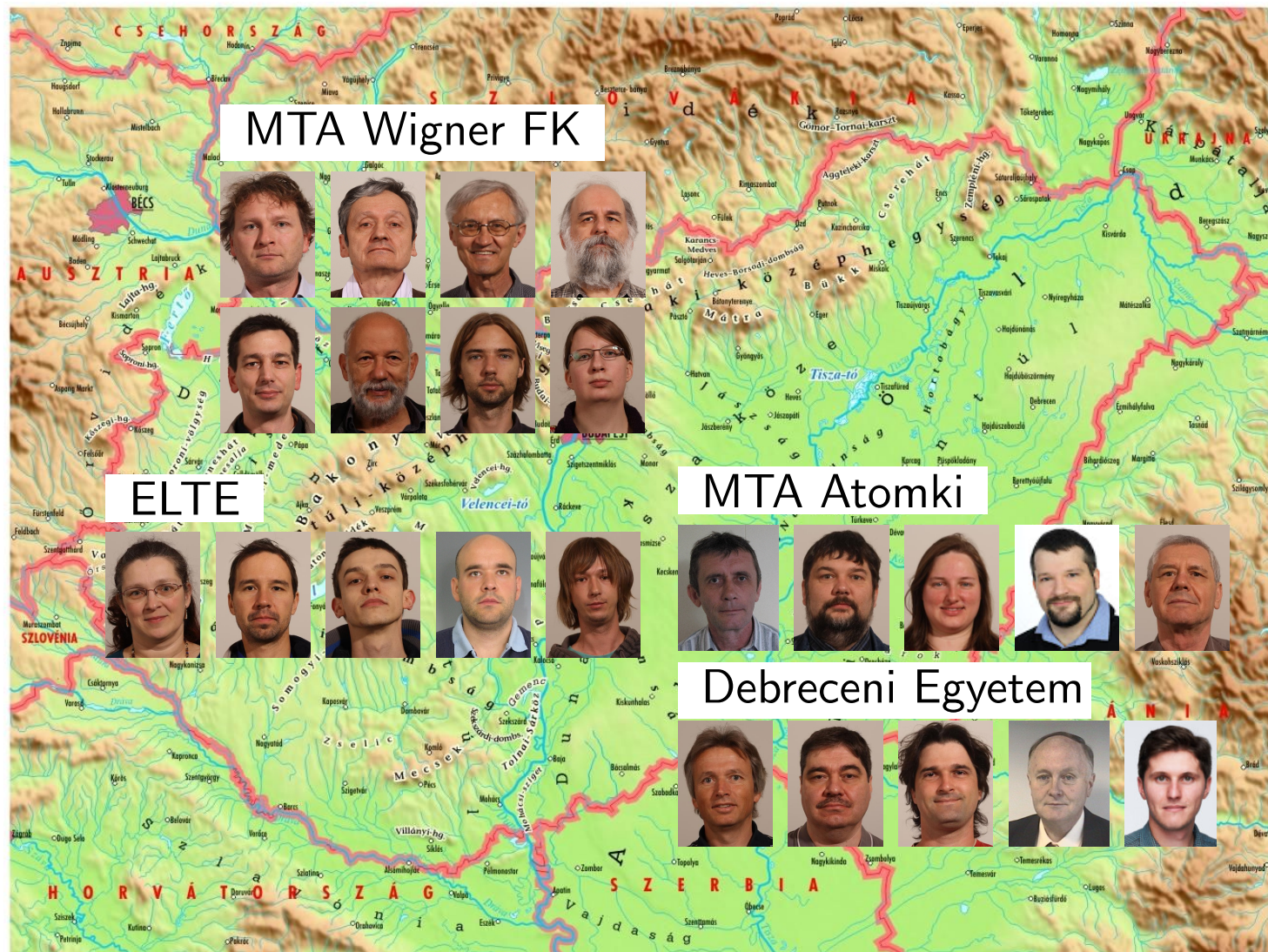
Magyar CMS csoportok



Magyar CMS csoportok

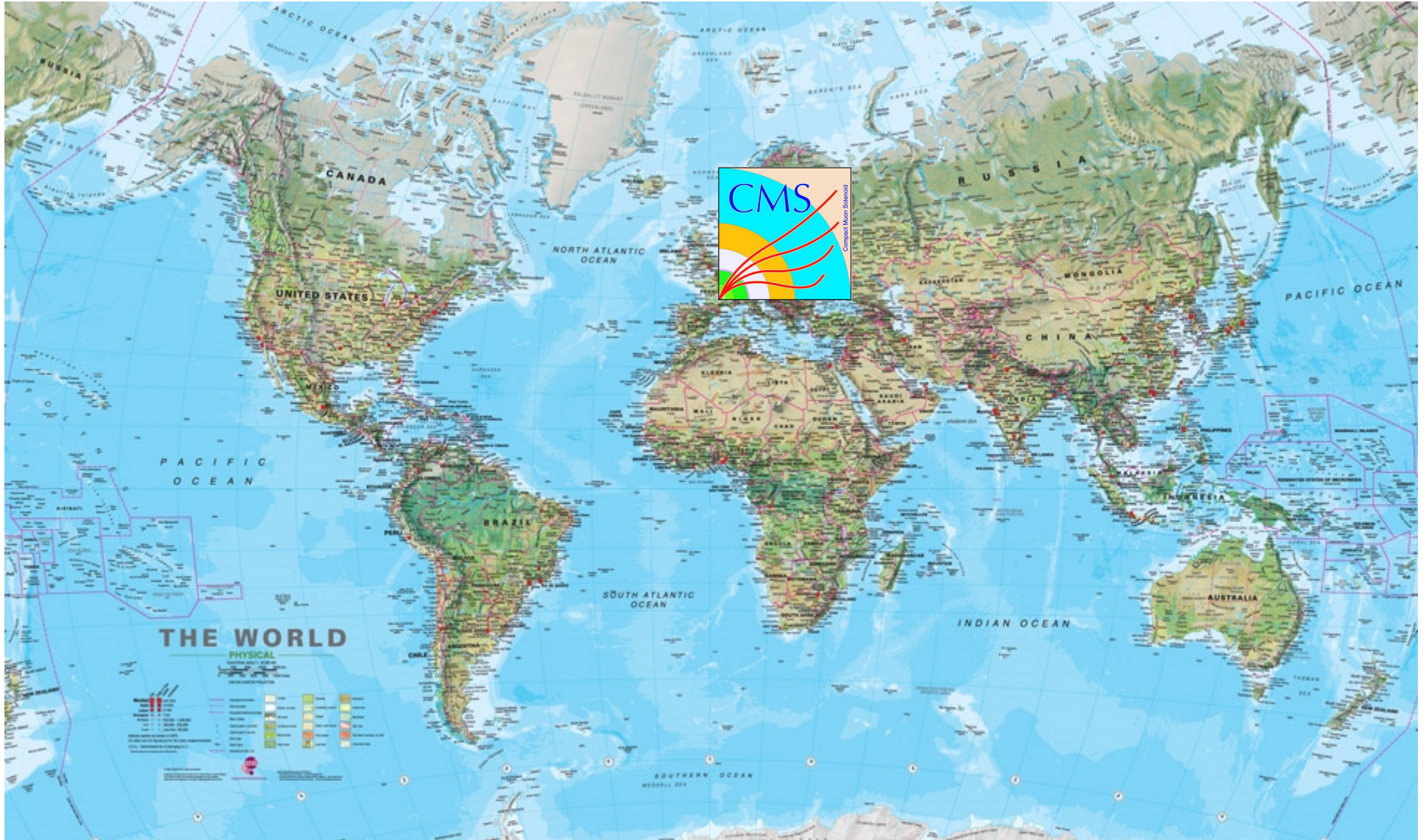


Magyar CMS csoportok



Tervezés, detektorépítés- és üzemeltetés, adatfelvétel, kiértékelés, fizika

Magyar nagyenergiás kísérleti fizika



Magyar nagyenergiás kísérleti fizika

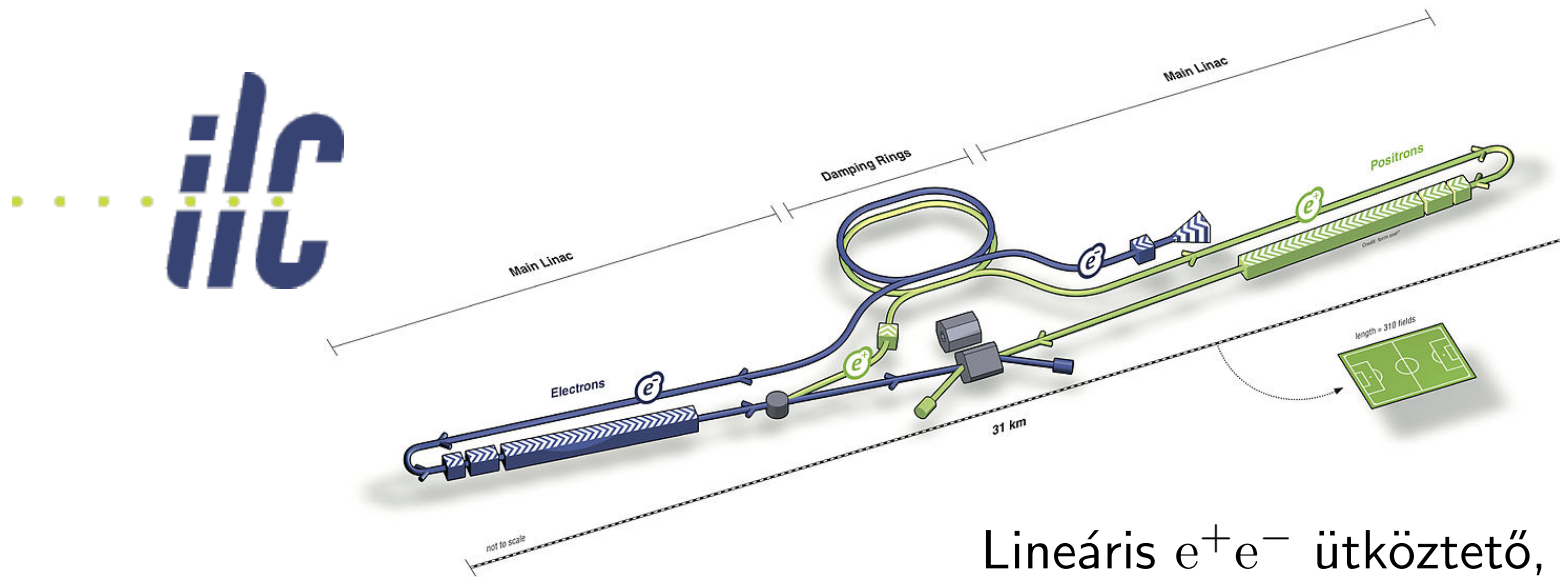


Magyar nagyenergiás kísérleti fizika



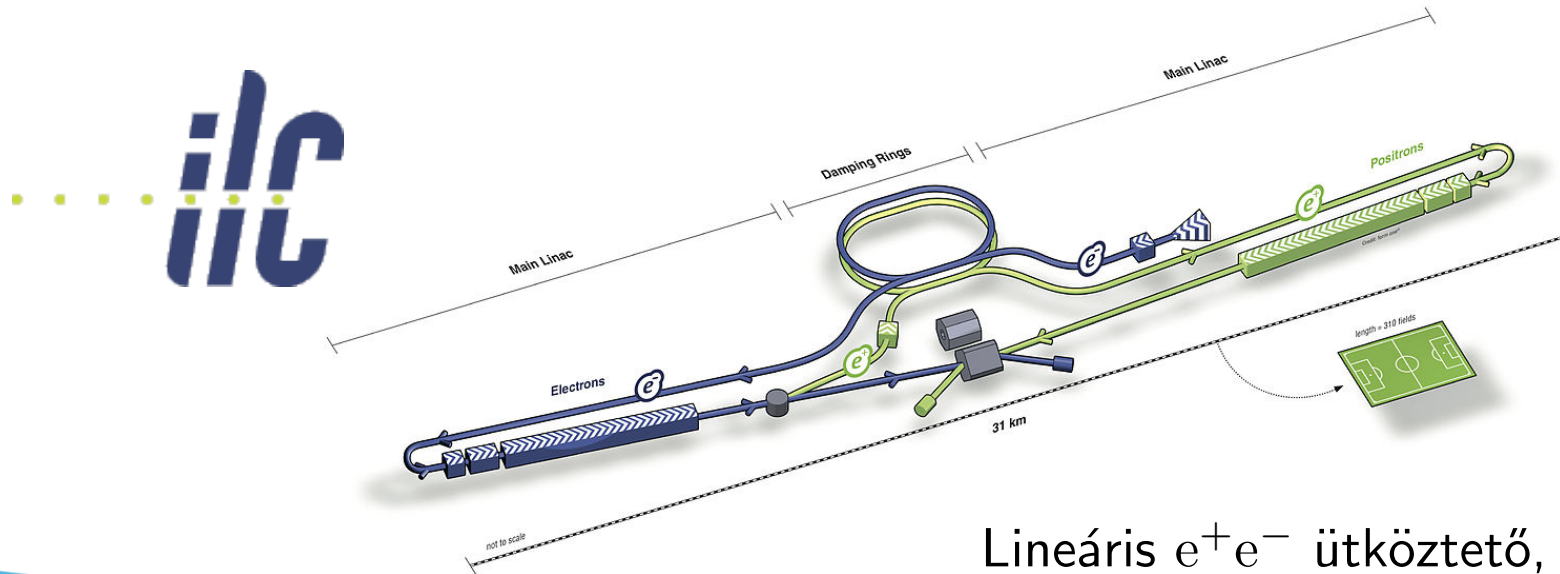
Széles spektrum – működő és tervezett kísérletek

A jövő lineáris gyorsítói

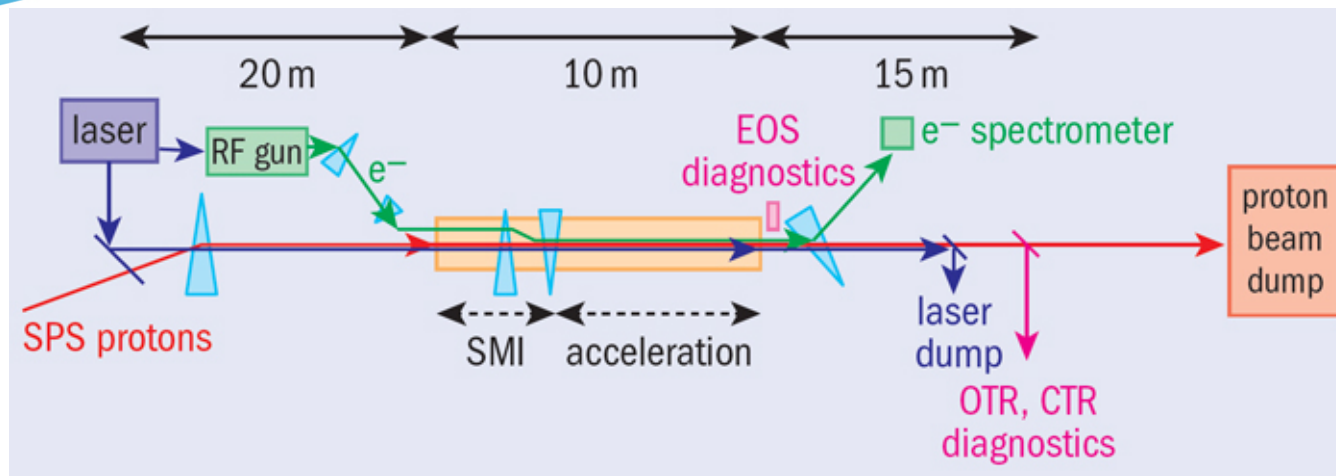


Lineáris e^+e^- ütköztető, 2026?, Japán?

A jövő lineáris gyorsítói



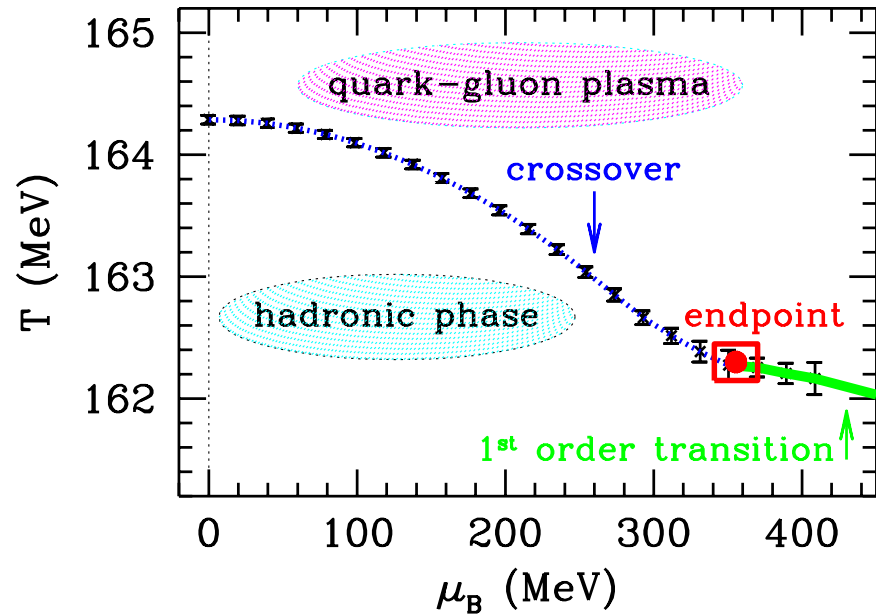
Lineáris e^+e^- ütköztető, 2026?, Japán?



Gyorsítás plazmával, hatalmas kihívás, néhány km? Mikor?

Erős kölcsönhatás

Hol van a fázisdiagram kritikus pontja?

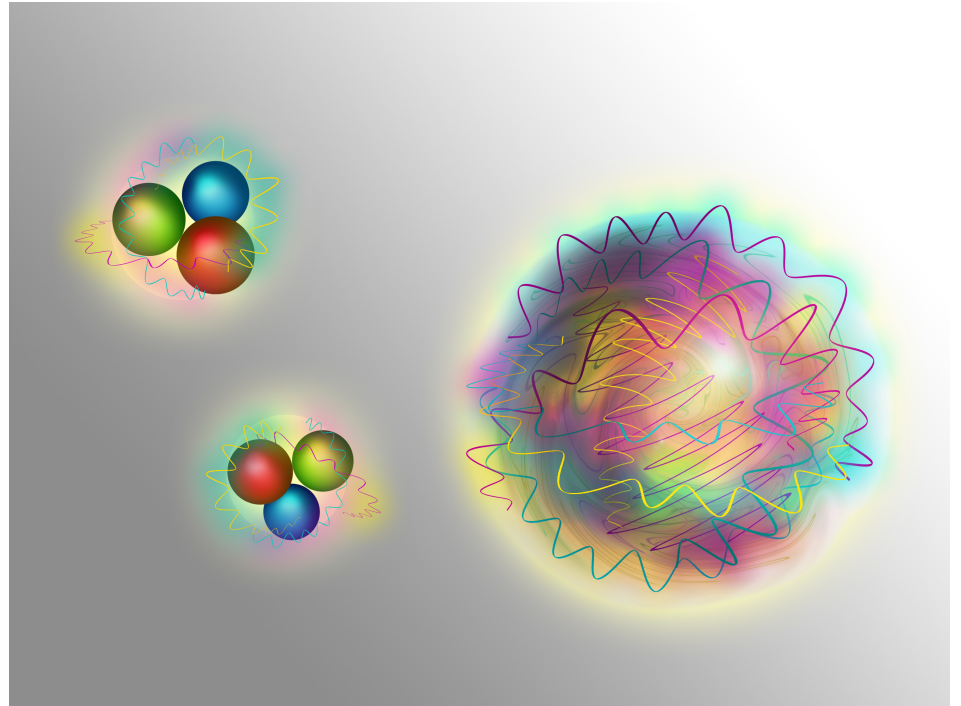
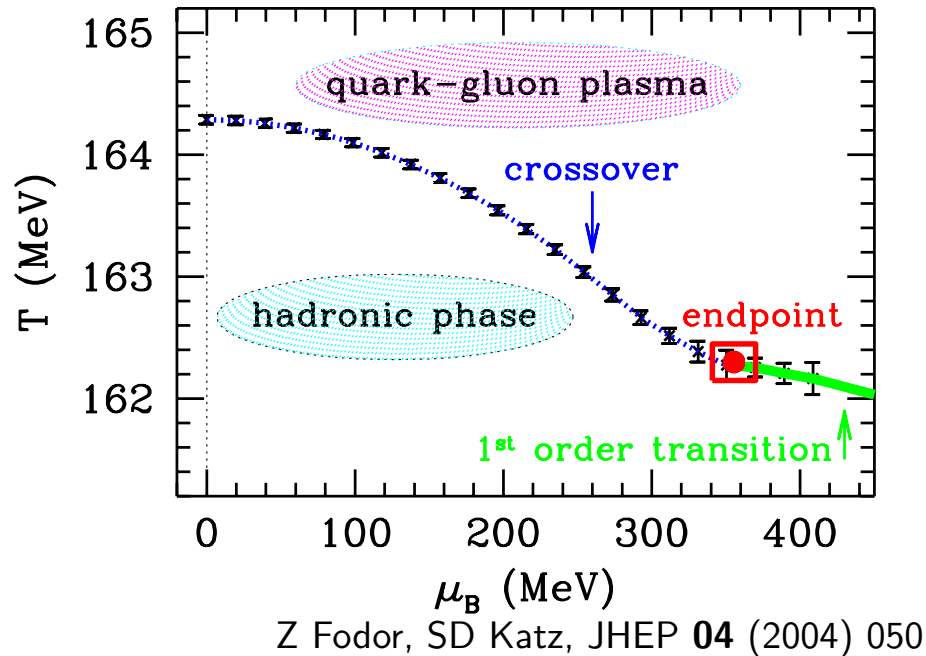


Z Fodor, SD Katz, JHEP **04** (2004) 050

Erős kölcsönhatás

Hol van a fázisdiagram kritikus pontja?

Egzotikus kötött állapotok?



Nyitott kérdések, a megoldások feltérképezése → kísérletek

A kísérletek fontosak, de önmagukban nem elegendőek → elméletek

Összefoglalás

- Matematika, modellezés
 - gáztöltésű és a szilícium-alapú detektorok kiértékelése
 - részecskék nyomkövetése, azonosítása új módszerekkel
- Alkalmazások
 - a kísérlet képessé vált széles impulzustartományban, azonosított részecskékkel végzett fizikára is
- Fizika, erős kölcsönhatás
 - a kapott adatok jó egyezést mutatnak egyszerű, a jelenségek köztes síkján működő leírásokkal:
Tsallis-Pareto-eloszlás, gluon telítés, kritikus hadronsűrűség

