

Magyarország és a CERN

*Előadás fizikatanárok részére
(CERN, 2010)*

Horváth Dezső

horvath@rmki.kfki.hu

RMKI, Budapest és ATOMKI, Debrecen

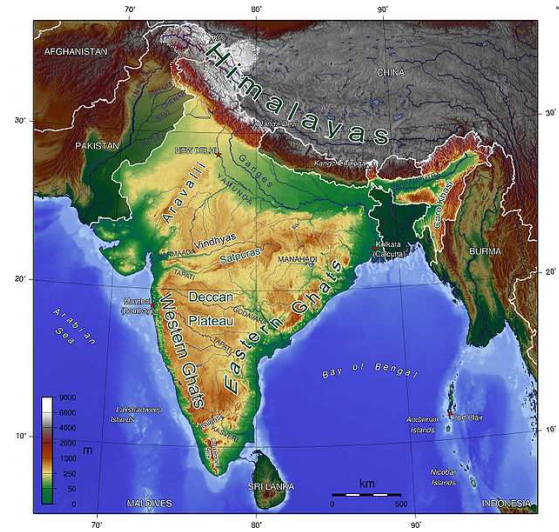


A felfedezés rögös útja, 1492

A kutatás
frontvonala:
Az
Atlanti-óceán
partja



A kutatás
célja:
India elérése



A kutatás
eszköze:
Columbus hajói



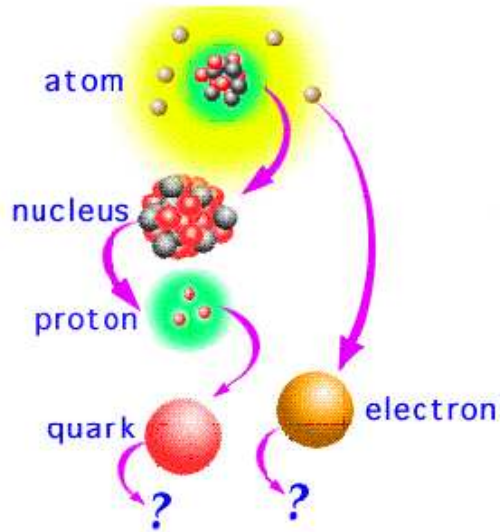
A kutatás
eredménye:
Amerika
felfedezése



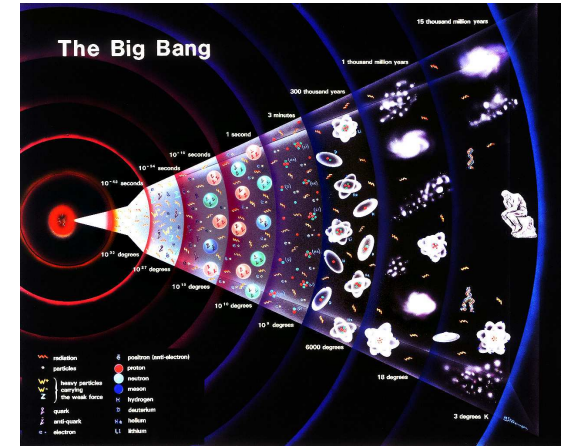
(Vesztergombi György után)

A felfedezés rögös útja, 2009

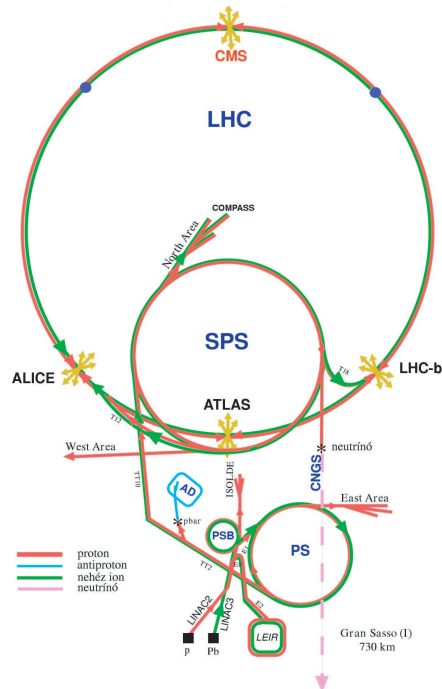
A kutatás frontvonala:
Az anyag mély szerkezete



A kutatás célja:
Higgs-bozon, űsrobbanás utáni állapot



A kutatás eszköze:
nagyenergiájú gyorsítók



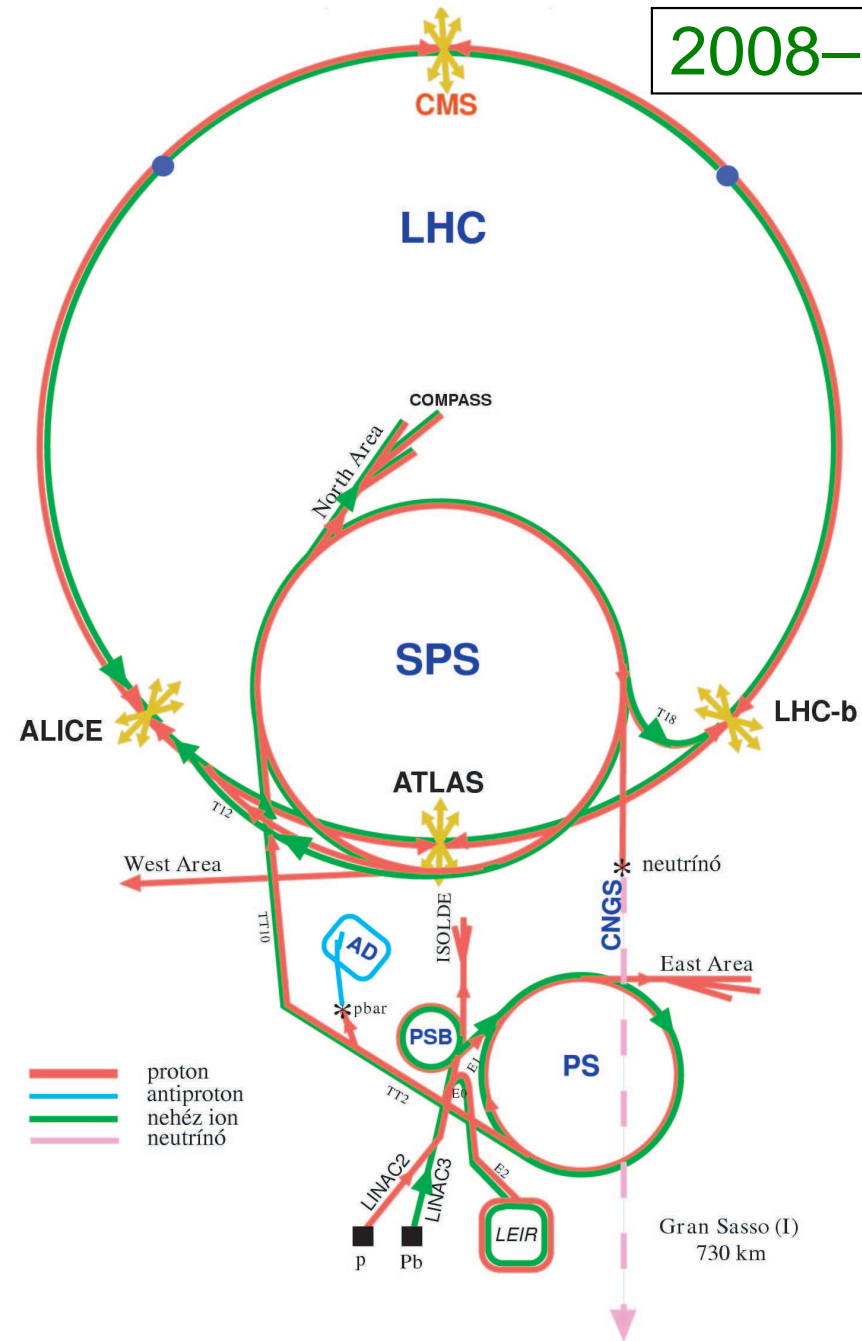
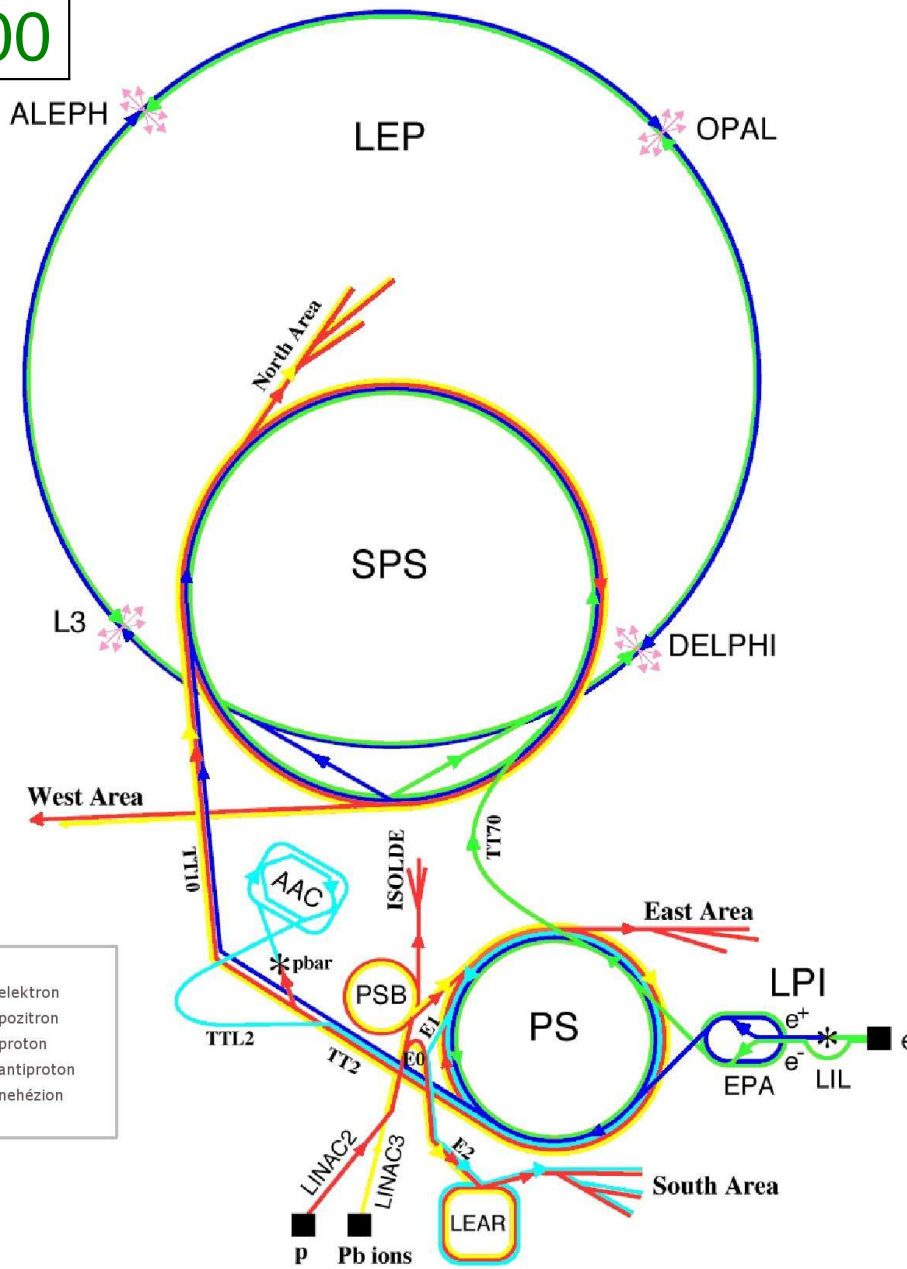
A kutatás eredménye:
Új fizika?



A CERN gyorsítói

-2000

2008-



A CERN antiproton-lassítója (AD)

a *CPT*-invariancia ellenőrzésére épült

Három *CPT*-kísérlet az AD-nál:

ATRAP: $q(\bar{p})/m(\bar{p}) \leftrightarrow q(p)/m(p)$

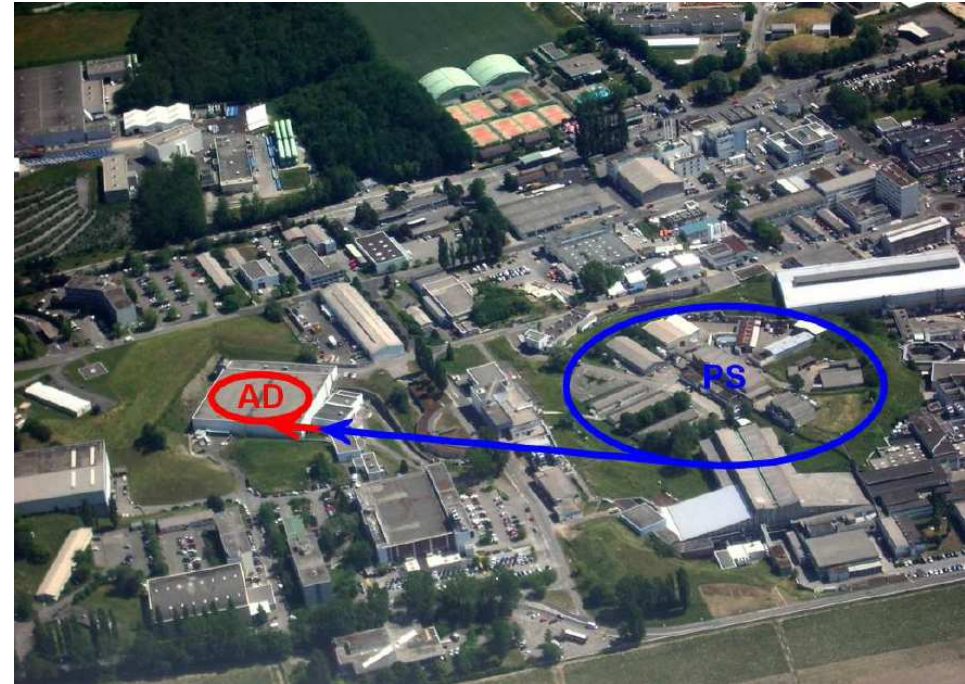
$\bar{H}(2S - 1S) \leftrightarrow H(2S - 1S)$

ALPHA: $\bar{H}(2S - 1S) \leftrightarrow H(2S - 1S)$

ASACUSA: $q(\bar{p})^2 m(\bar{p}) \leftrightarrow q(p)^2 m(p)$

$\mu_e(\bar{p}) \leftrightarrow \mu_e(p)$

Vörös: működik, zöld: tervben



ASACUSA: Atomic Spectroscopy And Collisions Using Slow Antiprotons
(Tokió, Aarhus, Bécs, Brescia, Budapest, Debrecen, München)

R. S. Hayano, M. Hori, D. Horváth, E. Widmann: *Repts Prog. Phys.* 70 (2007) 1995-2065.

Magyar résztvevők: Barna Dániel, Horváth Dezső, Zalán Péter (RMKI)

Juhász Bertalan (ATOMKI→SMI), Tőkési Károly (ATOMKI)

Sótér Anna (ELTE→MPQ)



Particle Data Handbook, 2008

$$|m_p - m_{\bar{p}}|/m_p$$

VALUE	CL%	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT
$<2 \times 10^{-9}$	90	1 HORI	06	SPEC $\bar{p}e^-$ He atom
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •				
$<1.0 \times 10^{-8}$	90	1 HORI	03	SPEC $\bar{p}e^-$ ^4He , $\bar{p}e^-$ ^3He
$<6 \times 10^{-8}$	90	1 HORI	01	SPEC $\bar{p}e^-$ He atom
$<5 \times 10^{-7}$		2 TORII	99	SPEC $\bar{p}e^-$ He atom

$$|q_p + q_{\bar{p}}|/e$$

VALUE	CL%	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT
$<2 \times 10^{-9}$	90	5 HORI	06	SPEC $\bar{p}e^-$ He atom
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •				
$<1.0 \times 10^{-8}$	90	5 HORI	03	SPEC $\bar{p}e^-$ ^4He , $\bar{p}e^-$ ^3He
$<6 \times 10^{-8}$	90	5 HORI	01	SPEC $\bar{p}e^-$ He atom
$<5 \times 10^{-7}$		6 TORII	99	SPEC $\bar{p}e^-$ He atom
$<2 \times 10^{-5}$		7 HUGHES	92	RVUE

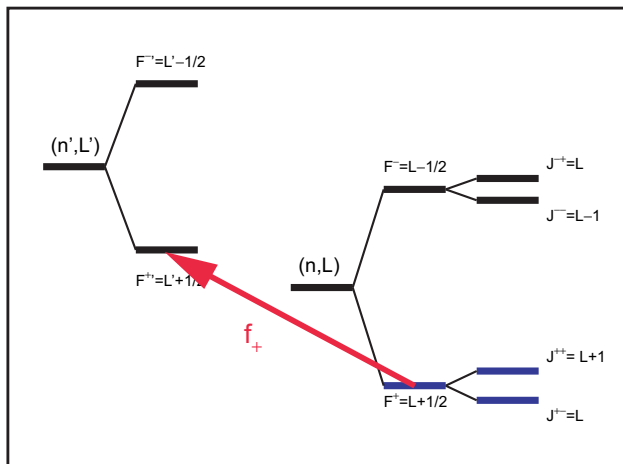
M. Hori, ..., B. Juhász, D. Barna, D. Horváth: *Phys. Rev. Lett.* 96 (2006) 243401.

Diplomamunka: Juhász Bertalan, Ujvári Balázs, Sótér Anna

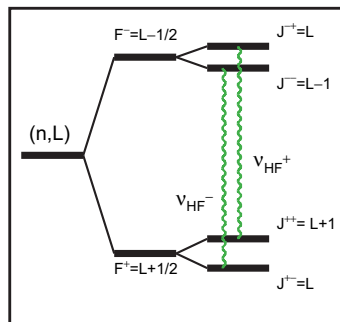
PhD: Juhász Bertalan



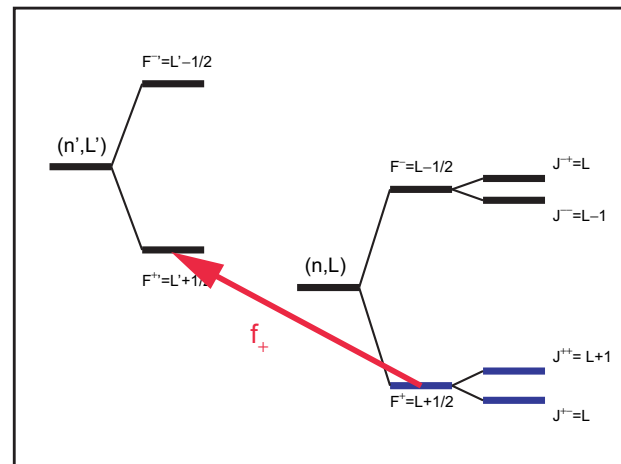
$\mu(\bar{p})$: vonal-felhasadás $\bar{p}\text{He}^+$ -ban



Step 1: depopulation of F^+ doublet with f_+ laser pulse



Step 2: equalization of populations of F^+ and F^- by microwave



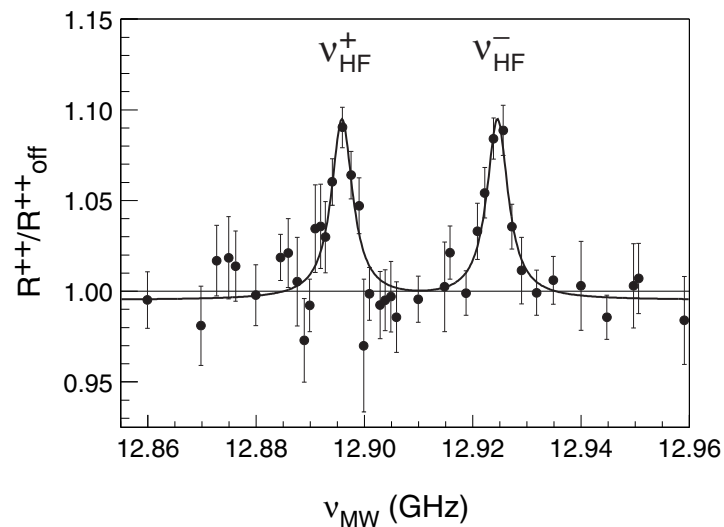
Step 3: probing of population of F^+ doublet with 2nd f_+ laser pulse

Mágneses momentumok

$\mu(p) \sim \mu(\bar{p}) \Rightarrow$ **CPT-invariancia OK**

T. Pask, D. Barna, A. Dax, R.S. Hayano, M. Hori, D. Horváth, S. Friedreich, B. Juhász, O. Massiczek, N. Ono, A. Sótér, E. Widmann:

Phys. Lett. B 678 (2009) 55-59.

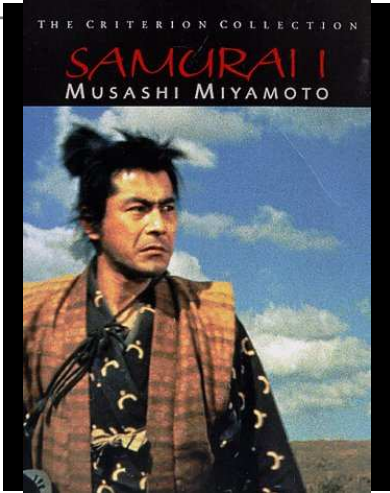


Mikrohullámú frekvencia-spektrum

Thomas Pask: PhD-dolgozat, Bécs, 2009.



Lassú antiproton-nyaláb fejlesztése



Monoenergetic
Ultra
Slow
Antiproton
Source for
High-precision
Investigations

5.8 MeV \bar{p} AD \Rightarrow RFQ (2000)

100 keV \bar{p} RFQ \Rightarrow csapda (2001)

5×10^6 \bar{p} csapdában hűtve (2002)

$> 5 \times 10^5$ lassú \bar{p} kivezetve (2004)

$> 5 \times 10^5$ \bar{p} FWHM ~ 3 mm (2008)

Cél: atom- és magfizika, QCD, \bar{H}

N. Kuroda, ..., B. Juhász, D. Horváth, ..., Y. Yamazaki: **Phys. Rev. Lett.** 94 (2005) 023401.

N. Kuroda, ..., D. Barna, ... D. Horváth, ..., Y. Yamazaki: **Phys. Rev. Lett.** 100 (2008) 203402.

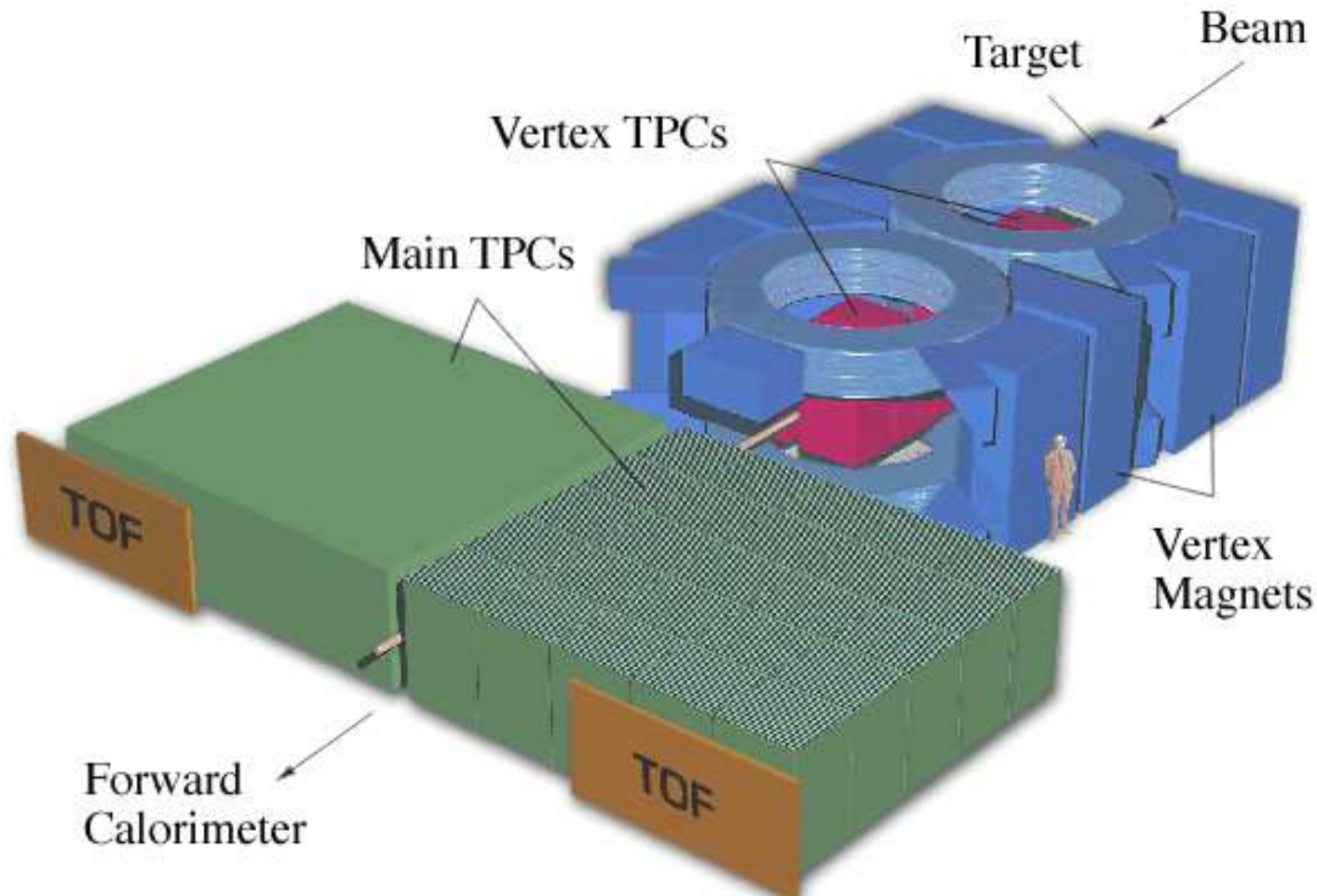


Nehézion-fizika: NA49 → NA61

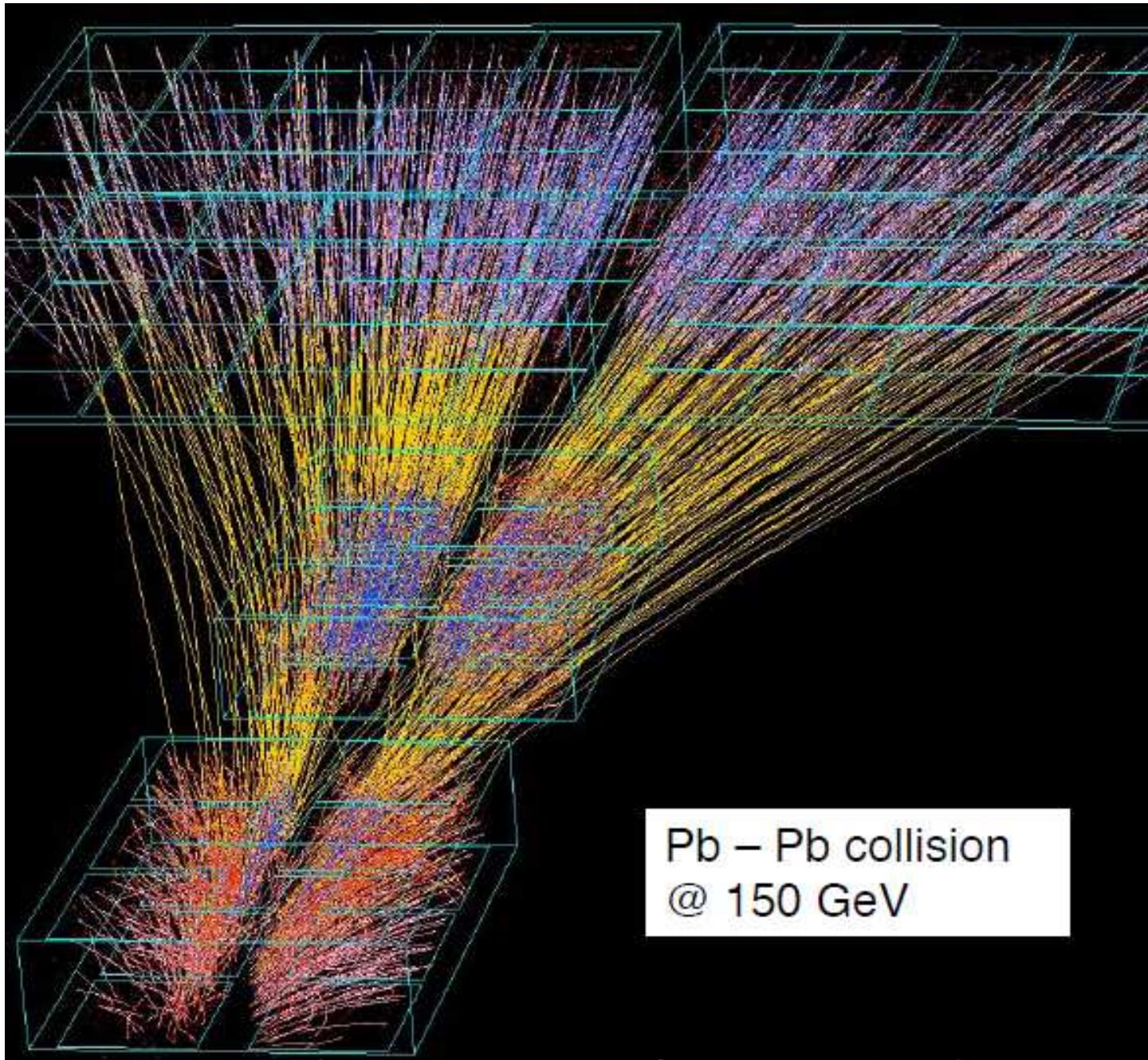
Társalapító és próféta: Vesztergombi György

Technikai koordinátor: Fodor Zoltán

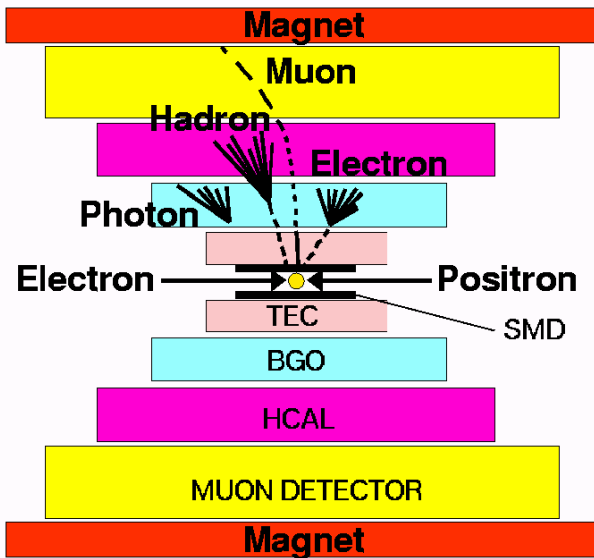
Számos diplomamunka és PhD (ELTE): Siklér Ferenc,
Veres Gábor, Varga Dezső, Barna Dániel, László András



Pb-Pb ütközés az NA49 detektorban



L3, az első magyar CERN-kísérlet



18 magyar résztvevő,
9 hazai színekben
RMKI, ELTE, ATOMKI,
DE

3 PhD: Csilling Ákos
(ELTE), Zilizi Gyula,
Szillási Zoltán (DE)



Omni-Purpose Apparatus for LEP

Large Electron Positron collider, 1989–2000

310 résztvevő, 421 publikáció

Magyar
résztvevők:

(1995-től)

diploma-
munkás

doktorandusz

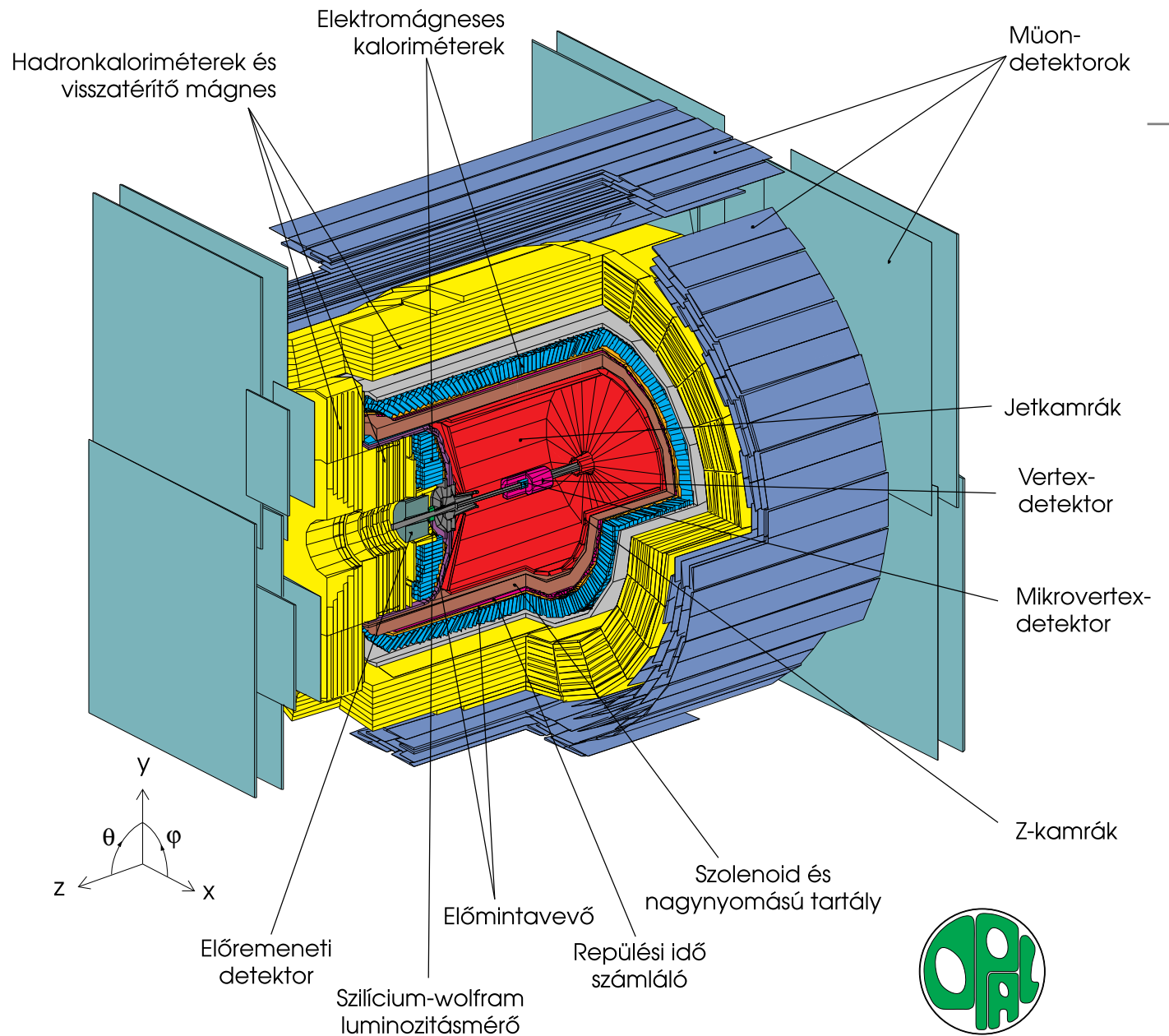
OPAL–PhD

Csilling Ákos	RMKI	2000	$\gamma\gamma$
Dienes Beatrix	DE→ATOMKI	1997	QCD
Hajdu Csaba	RMKI	1995	H^\pm
Horváth Dezső	RMKI & ATOMKI	1995	H^\pm , lumi, PE
Hudácskó Attila	DE	2003-05	$\gamma\gamma$
Igó-Kemenes Péter	Heidelberg		H^\pm
ifj. Krasznahorkay Attila	DE→ATOMKI	2003	$\gamma\gamma$
Pálinkás József	DE & ATOMKI→DE	1995-2000	QCD
Patay Gergely	BME	2004-06	TGC
Pásztor Gabriella	ELTE→RMKI	1995	H^\pm
Trócsányi Zoltán	DE & ATOMKI	1997	QCD
Ujvári Balázs	DE	2001	$\gamma\gamma$
Vértesi Róbert	BME→DE→RMKI	2002	$\gamma\gamma$

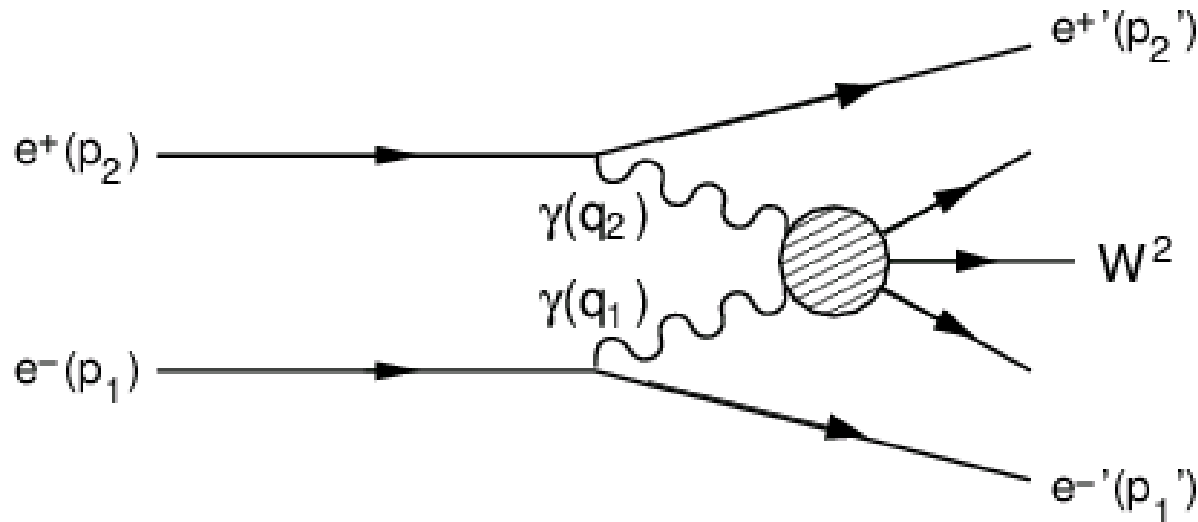


Az OPAL detektor

1989–2000



Hadronkeltés foton-foton ütközésben



Virtuális foton kilök virtuális $(q\bar{q})$ párt

Csilling Ákos (RMKI) hozta L3-ból
Thorsten Wengler (CERN) gondozta OPAL-ban

Vértesi Róbert (BME, dipl.: 2002-03)

ifj. Krasznahorkay Attila (DE, dipl.: 2003-04; PhD: 2009)

Hudácskó Attila (DE, dipl.: 2003-05)

Ujvári Balázs (DE, PhD: 2001-09)



Töltött Higgs-bozon keresése

LEP: keltés párban (ha egyáltalán): $e^+e^- \rightarrow H^+H^-$

Bomlás nehéz fermionra: $H^+ \rightarrow q\bar{q}' \sim c\bar{s}'$ vagy $\tau^+\nu_\tau$

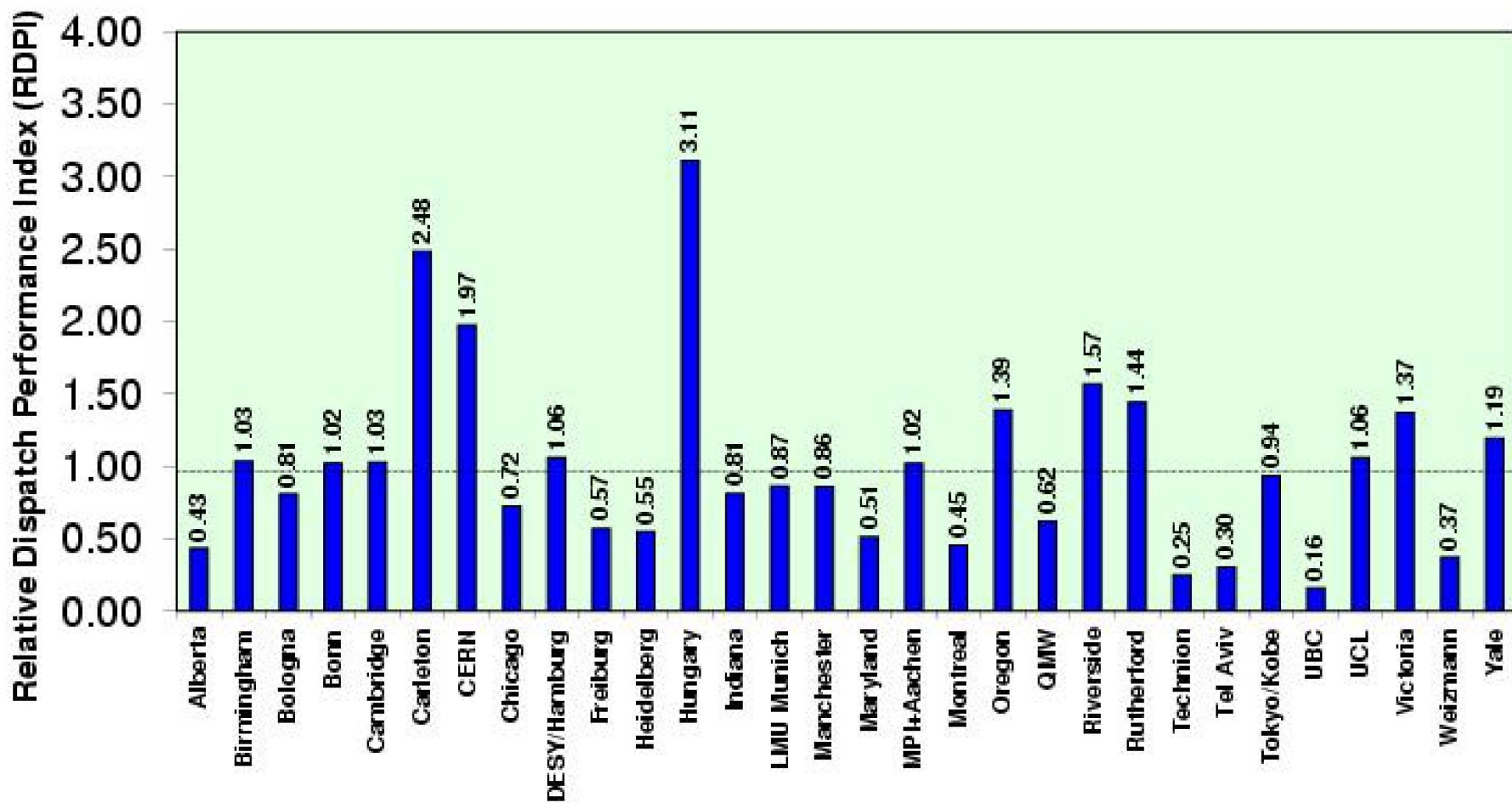
Három csatorna \Rightarrow három analízis:

$$e^+e^- \rightarrow H^+H^- \rightarrow \begin{cases} \tau^+\nu_\tau\tau^-\bar{\nu}_\tau & (\text{leptonos : Manchester}) \\ \tau^+\nu_\tau\bar{c}s + \tau^-\bar{\nu}_\tau c\bar{s} & (\text{vegyes : Hajdu Csaba}) \\ c\bar{s}c\bar{s} & (\text{hadronos : HD}) \end{cases}$$

Összesítés: Pásztor Gabriella
(Diplomamunka, 1995; PhD: 1999)



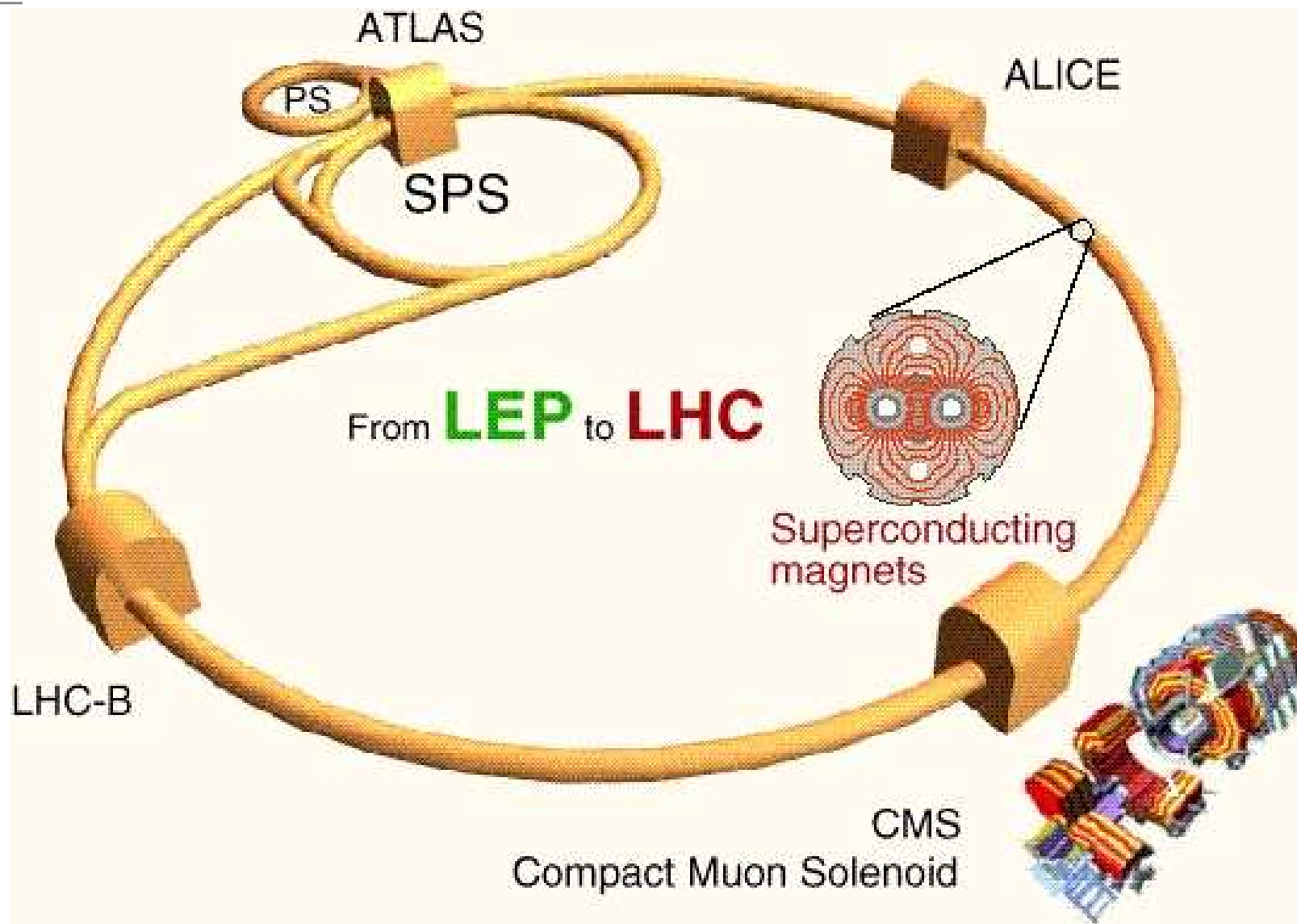
Az OPAL publikációs aktivitása, 2001



A versenyt 2002-ben végleg megnyertük



Nem találtunk Higgs-bozont a LEP-nél, építsünk LHC-t 😊



Az LHC CMS–detektora

(Compact Muon Solenoid)

Súly: 12500 tonna,
kétszerannyi vas, mint Eiffel–toronyban

> 2500 résztvevő a világ minden tájáról

A világ legnagyobb (szupravezető) szolenoidja:
átmérő ~ 6 m, $B = 4$ Tesla

Detektorépítésben magyar részvétel:

Müondetektor pozicionáló rendszere:

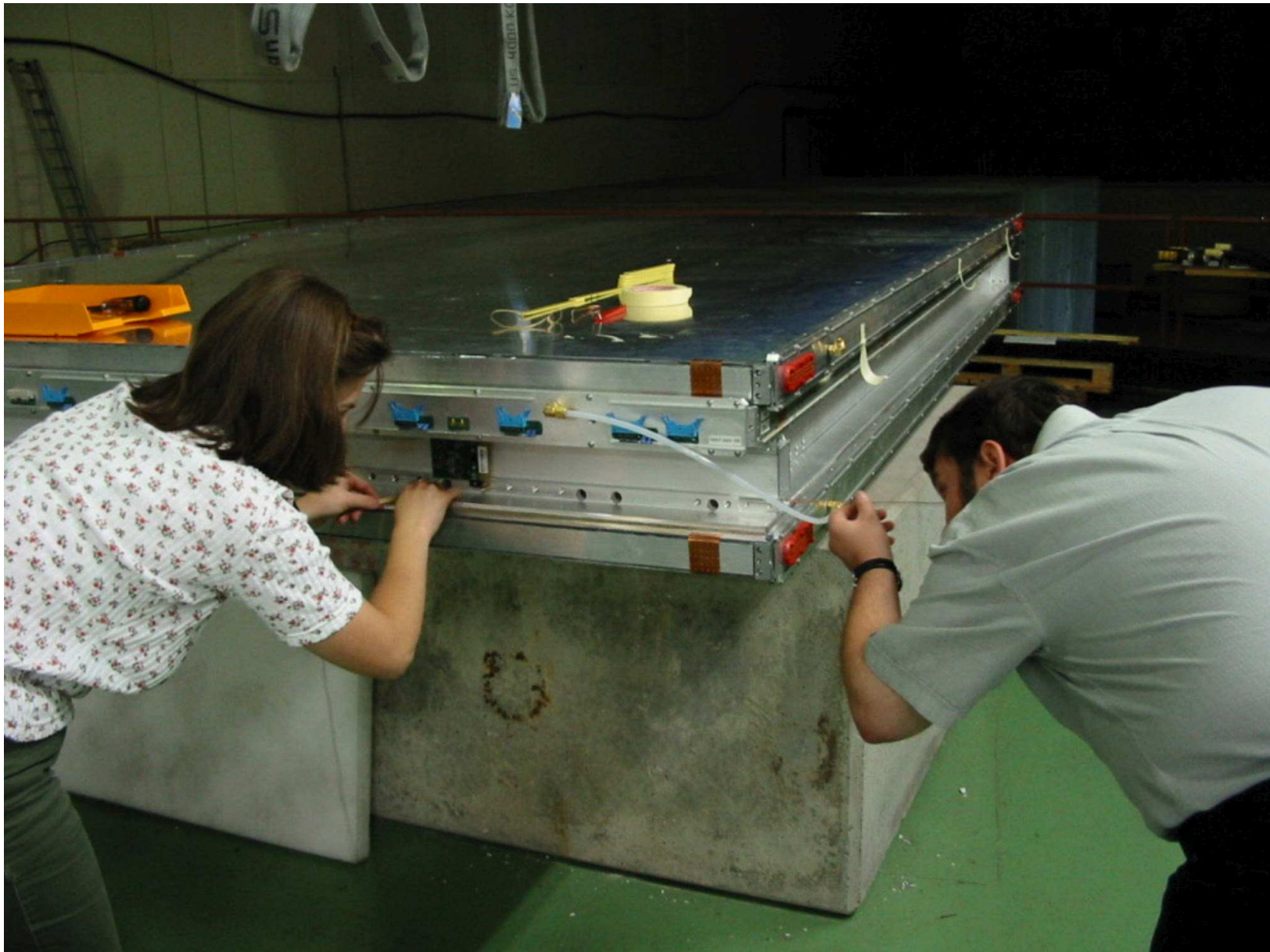
DE Kisérleti Fizika Tanszék és ATOMKI, össz. 16 fő

Very Forward Calorimeter: RMKI, össz. 20 fő

Adatkezelés: LHC Computing Grid



Munka a műionkamrákon



Béni Noémi és Szillási Zoltán (Debrecen)

Előreszórt részecskék észlelése

A detektor hermeticitásához szükséges lefedni a teljes teret
CMS HF: kvarcszálak acélban



Minden CERN-es magyar fűzte

Szálkalibráció kész darabon

CMS: magyar résztvevők

ATOMKI
Debrecen

Debreceni
Egyetem

RMKI
Budapest

RMKI
(folyt.)

Béni Noémi

Kapusi Anita

Aranyi Attila

Krajczár Krisztián

Christian Glenn

Raics Péter

Bencze György

László András

Fenyvesi András

Szabó Zsolt

Boldizsár László

Ódor Géza

Imrek József

Trócsányi Zoltán

Csilling Ákos

Siklér Ferenc

Molnár József

Ujvári Balázs

Debreczeni

Somhegyi

Novák Dezső

Zilizi Gyula

Gergely

Benjámín

Pálinkás József

Gutay Gergely

Szeberényi Ágnes

Sass Viktor

Hajdu Csaba

Szeles Sándor

Székely Géza

Hernáth Szabolcs

Vesztergombi

Szillási Zoltán

Hidas Pál

György

Veszprémi Viktor

Horváth Dezső

Zalán Péter

Kálvin Sándor

Hallgató, informatikus, mérnök



CMS: fizikai analízis

- A Standard modell ellenőrzése
hármasmértékcsatolások ($Z+\gamma$ keltése)
RMKI (Vesztergombi György és Hidas Pál)
- Nehézion-fizika, részecskeazonosítás
RMKI + ELTE (Siklér Ferenc, Veres Gábor,
Krajczár Krisztián)
- SUSY-részecskék keresése
RMKI + ELTE (Aranyi Attila + HD)
és ATOMKI + DE (Veszprémi Viktor + Kapusi
Anita)
- Extra dimenziók, fekete minilyukak keresése
ATOMKI (Trócsányi Zoltán, Regős Enikő)



CMS: közös szemináriumok

Hétfőnként az RMKI - ATOMKI - CERN háromszögben,
médiatermek összekapcsolásával

Általában 10-15 résztvevő, komoly aktivitással

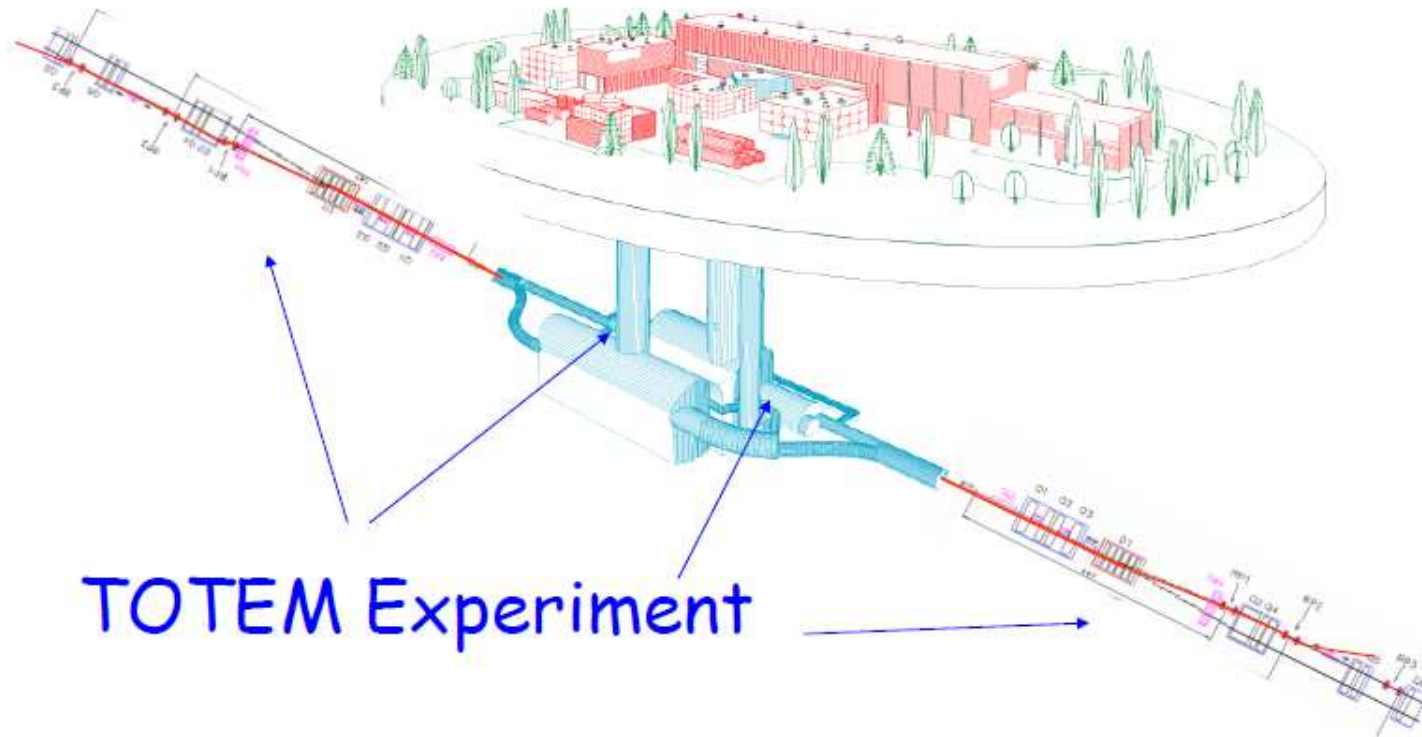
Nemcsak CMS-résztvevők: RMKI-sok, CERN-i magyarok

Előadások anyaga (hála Debreczeni Gergőnek):

<http://www.grid.kfki.hu/twiki/bin/view/CMS/WeeklyBudapestDebrecenMeetings>



Az LHC TOTEM-kísérlete



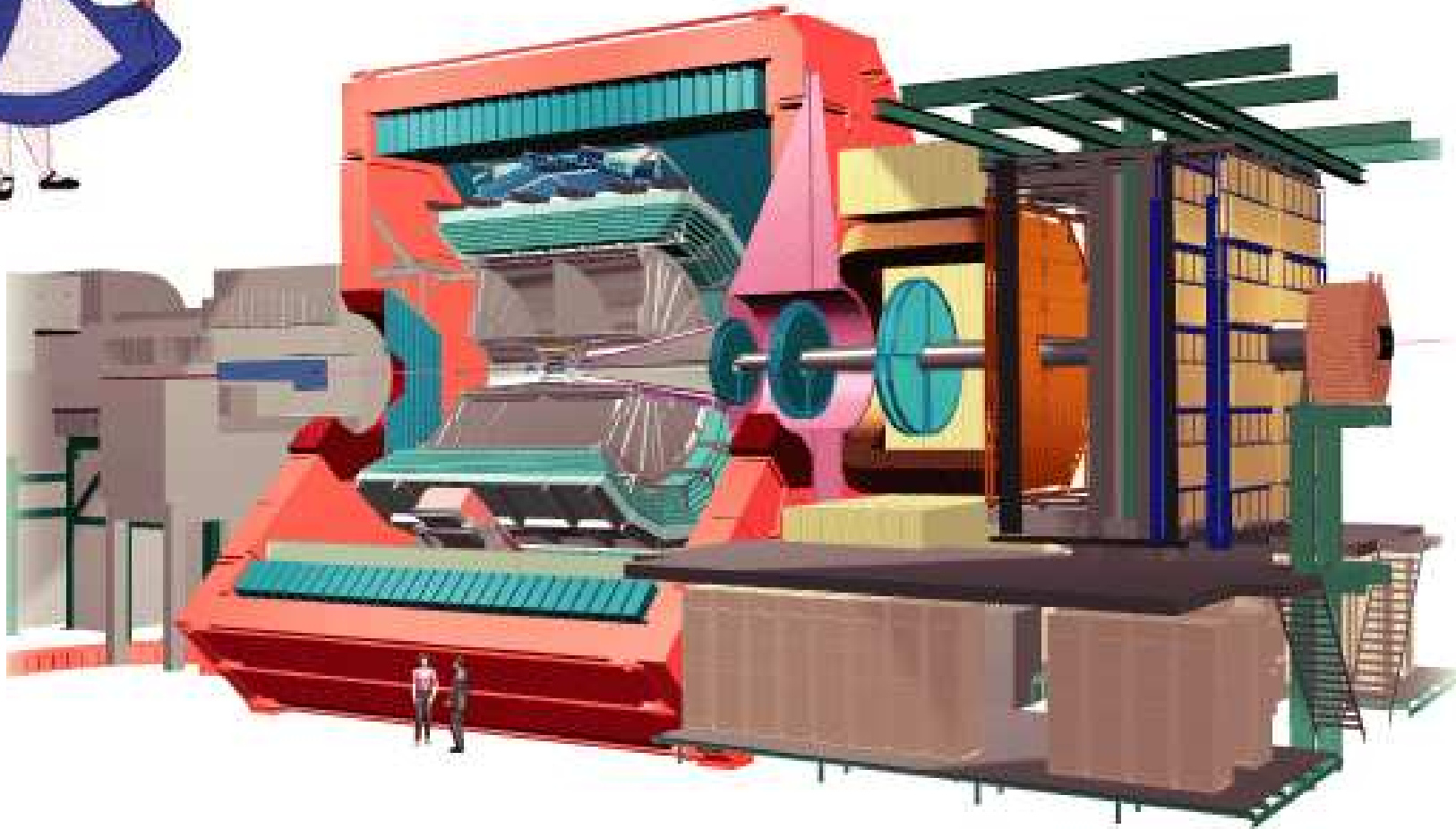
Csörgő Tamás, Ster András, Sziklai János (RMKI),
Csanád Máté (ELTE)

Előreszórt részecskék vizsgálata CMS mögött



Az LHC ALICE-kísérlete

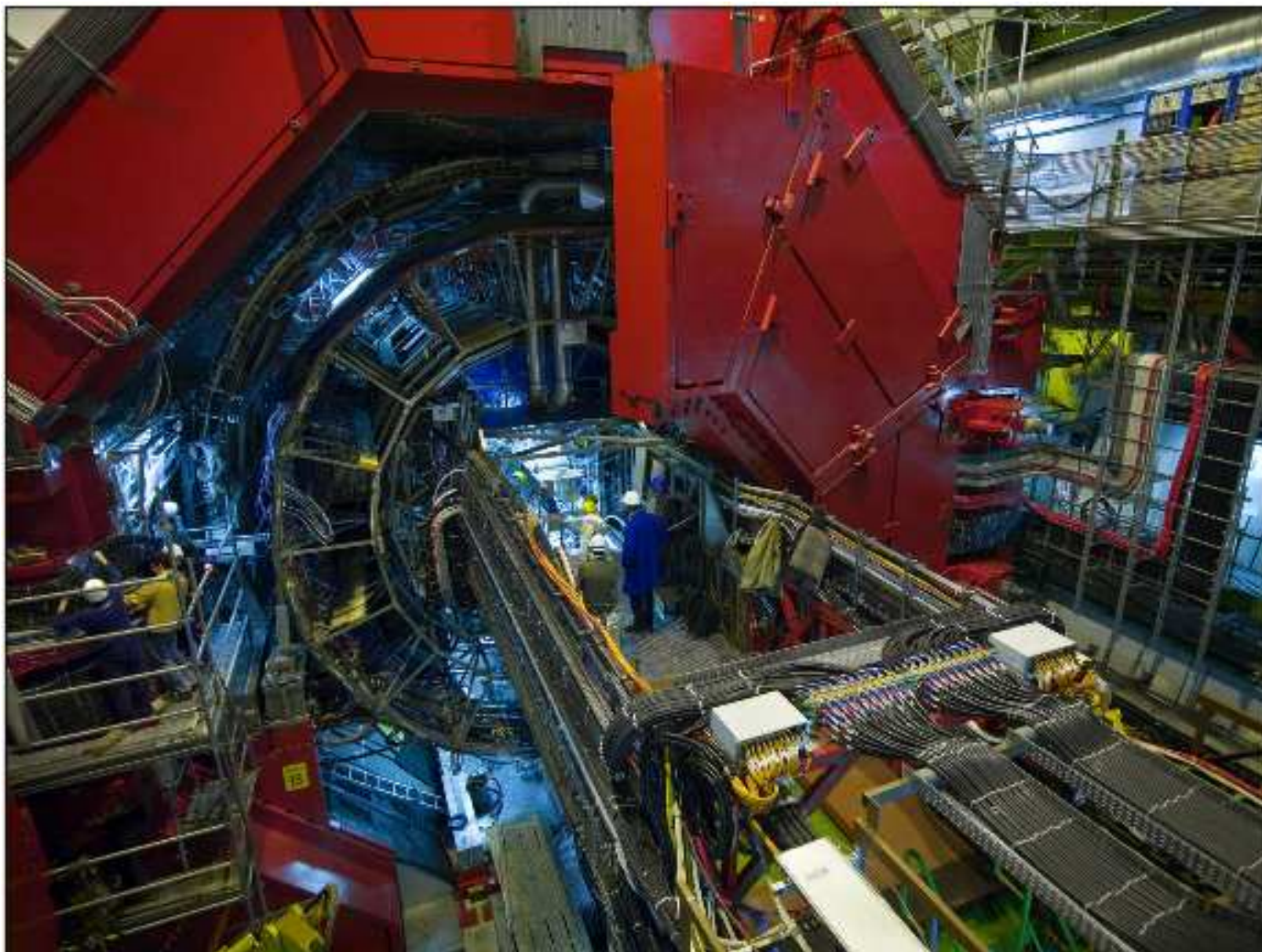
A Large Ion Collider Experiment



LHC Pb-Pb ütközései: 5,5 TeV/NN
28 x RHIC-energia, 5-12 x RHIC-luminozitás



Az LHC ALICE-kísérlete: mágnes



Az LHC ALICE-kísérlete: kész



Az LHC ALICE-együttműködése

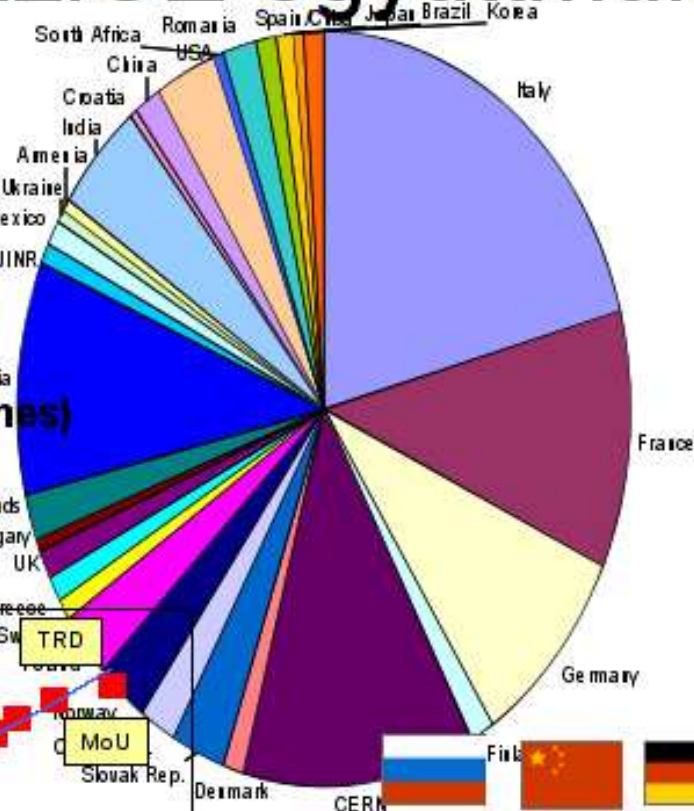
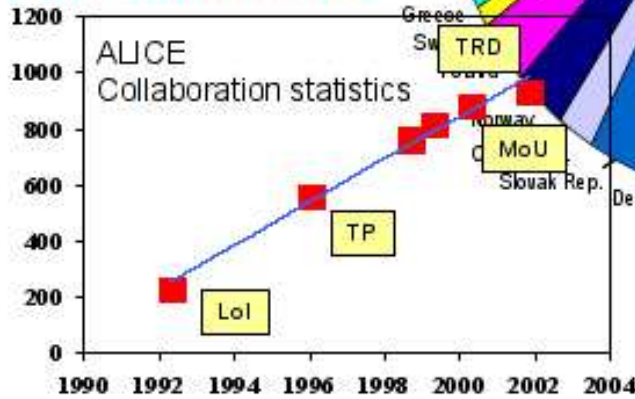


Az ALICE együttműködés



- ~ 1000 résztvevő
- ~ 30 ország
- ~ 100 intézet
- ~ 150 MCHF költség
(+ 'ingyen' mágnes)

További információ:
aliceinfo.cern.ch





ALICE - Budapest 2009



Agócs András*

Barnaföldi Gergely

Berényi Dániel**

Boldizsár László

Csizmadia Péter

Dénes Ervin

Fodor Zoltán

Futó Endre

Hamar Gergő*

Kiss Tivadar

Lévai Péter

Molnár Levente

Nagy Máté Ferenc

Palla Gabriella

Pásztor Attila**

Sona Pochybova*

Soós Csaba

Sziklai János

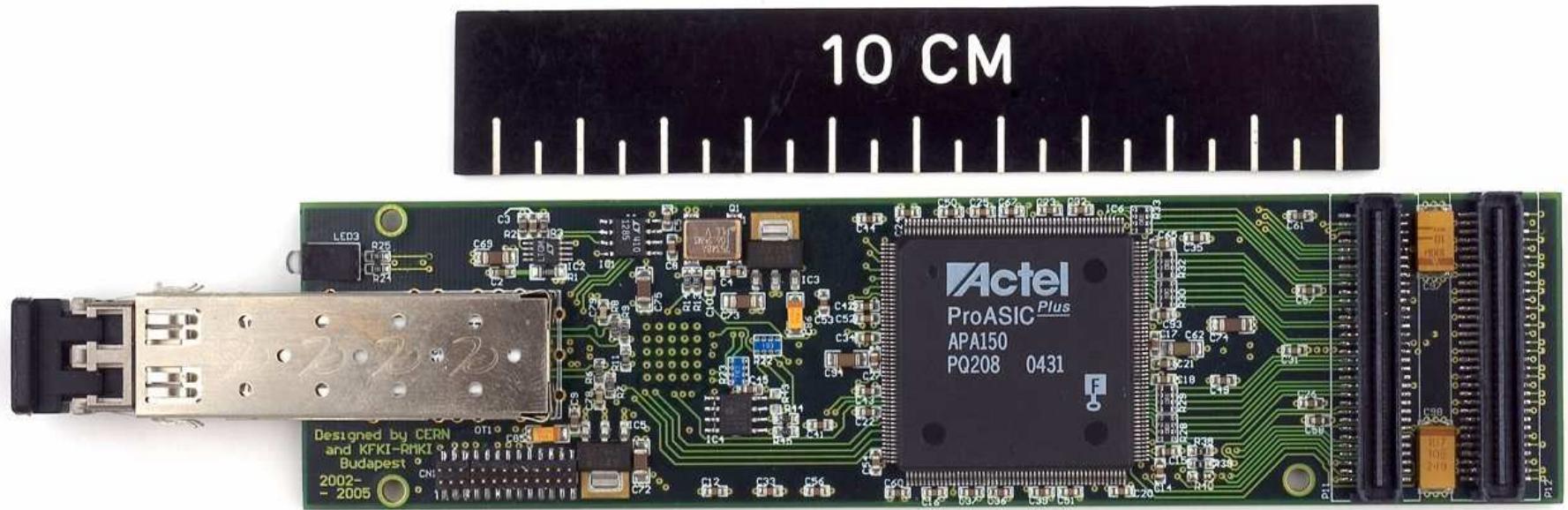
Tölyhi Tamás*

*Doktoranduszok

**Egyetemi hallgatók



Az LHC ALICE-kísérlete: DDL



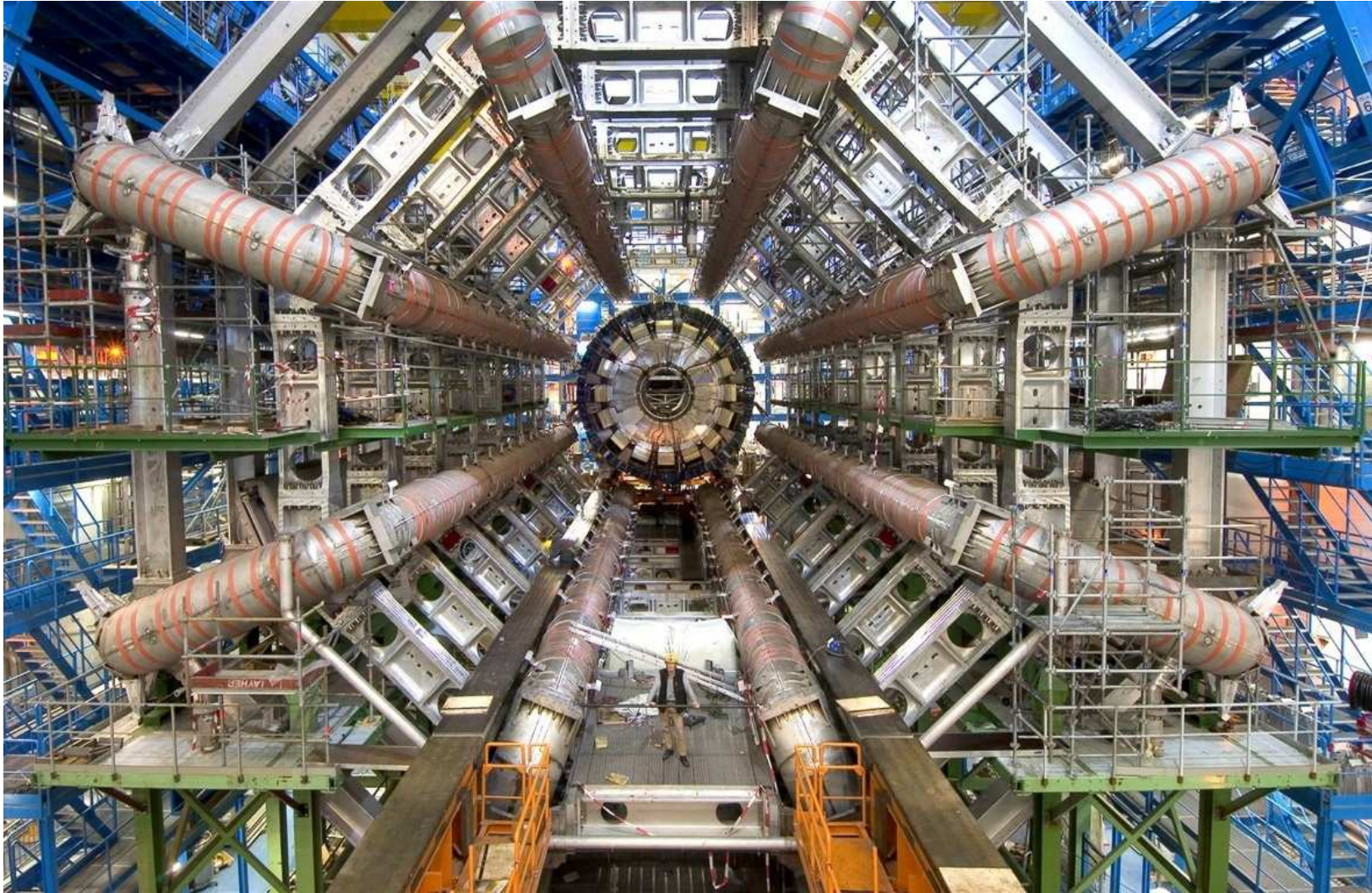
Detector Data Link
gyors detektor-kiolvasó egység
rendkívül jól tűri a sugárzást



A DDL ALICE-on kívüli (spin-off) alkalmazásai

- **CERN-en kívüli részecskefizikai kísérletek:**
 - A RHIC gyorsító STAR kísérletének (USA) TOF detektora
 - University of California Lawrence Berkeley Laboratory, (USA)
 - Brookhaven National Laboratory (BNL, USA)
 - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN, Olaszország) – különböző intézetei (Bologna, Torino, Pisa, Roma)
 - CNRS IN2P3 (Franciaország) – különböző intézetei (Institute de Physique Nucléaire (IPN), SUBATECH, stb.)
 - Commissariat a l'Énergie Atomique (CEA), Saclay (Franciaország)
 - Utrecht University, Faculty of Physics and Astronomy (Hollandia)
 - Variable Energy Cyclotron Centre (VECC), Kolkata (India)
- **Asztrofizika:**
 - Institut de RadioAstronomie Millimetrique en St Martin d'Herès (IRAM, Franciaország).
- **További CERN kísérletek:**
 - TOTEM kísérlet detektortesztjei (befejezett)
 - NA61-Shine kísérlet adatkiolvasó rendszere

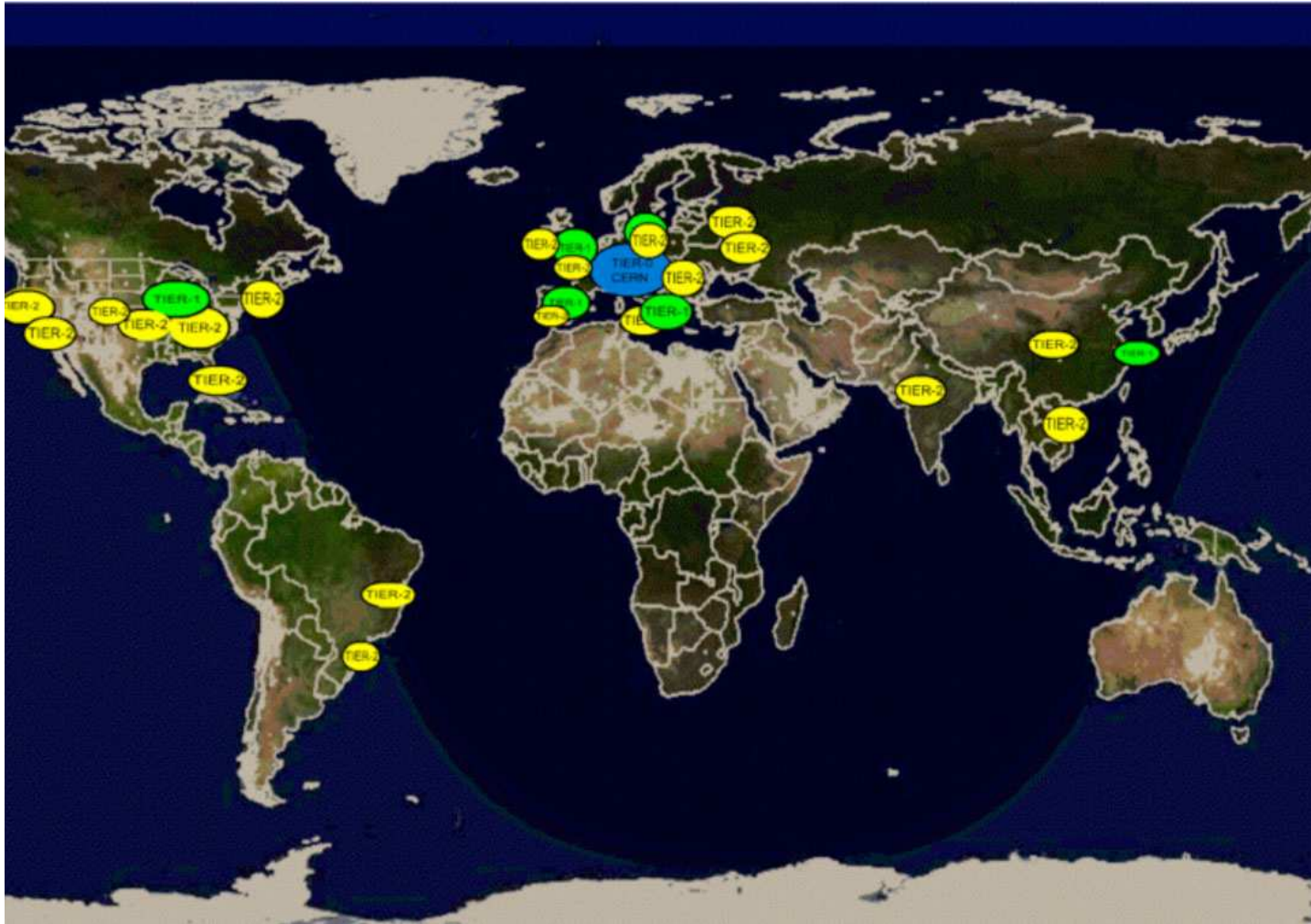
ATLAS: A Toroidal Lhc ApparatuS



Nagy Elemér (Marseille), Tóth József (RMKI),
ifj. Krasznahorkay Attila (ATOMKI és NYU),
Kövesárki Péter és Radics Bálint (Bonn)

Worldwide LHC Computing Grid

A CMS-kísérlet fő WLCG-állomásai



Magyar Tier-2: 426 CPU + 170 TB (RMKI), 40 CPU (ELTE) és 14 CPU (BME) a CMS és ALICE VO számára 3:1 arányban

Akik csinálják

- Technika: KFKI Számítógép-hálózati központ
- PC-hardver: Hajdu Csaba és Hernáth Szabolcs
- LCG: Hernáth Szabolcs és Somhegyi Benjámín
- Grid-biztonság: Debreczeni Gergely
- HunGrid: Hernáth Szabolcs és Szeberényi Ágnes
- CMS: Hajdu Csaba
- CA-RA: Hernáth Szabolcs
- JRU, CERN-kapcsolat: Vesztergombi György
- Pályázatok, ülésezés: Hajdu Csaba (és HD)

Az eredmény



Kísérleti eszközök fejlesztése a nagyenergiájú fizika számára

Töltött Higgs-bozon keresése a CERN-i L3 detektornál és precíziós helyzetmeghatározó-rendszer építése a CERN-i CMS detektor Müon rendszeréhez

doktori (PhD) értekezés

Szillási Zoltán

Debreceni Egyetem
Fizikai Tudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2007.



QCD cross section measurements with the OPAL and ATLAS detectors

Ph.D. thesis

Attila Krasznahorkay Jr.

Supervisors: Dr. Dezső Horváth,
Dr. Thorsten Wengler

University of Debrecen
Faculty of Sciences and Technology
Debrecen, 2008

Study of lepton-pair and vector meson production in two-photon collisions using the L3 detector at LEP.

Ph.D. dissertation

Gergely DEBRECZENI

KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, Budapest

Gergely.Debreczeni@cern.ch

Doctorate School of Physics

(Head: Dr. Zalán Horváth)

Particle Physics and Astronomy Program

(Head: Dr. Ferenc Csikor)

Supervisors:

György Vesztergombi

Eötvös Loránd University - Department of Nuclear Physics, KFKI-RMKI

Maria Novelle Kienzle-Focacci

European Organisation for Nuclear Research (CERN), University of Geneva

Eötvös Loránd University

Budapest

2008