

A T043145 nyilvántartási számú,  
„Nagyenergiás fizikai kutatások és fejlesztések a CERN-i LHC  
gyorsító CMS és a Brookhaven-i RHIC gyorsító PHENIX  
detektoránál”  
című kutatási téma zárójelentése

## 1 Bevezetés

A zárójelentés a címben jelölt két kísérletnél végzett kutatómunka 2003-2007 közötti szakaszát tekinti át. Mind a CMS, mind a PHENIX a részecskefizikában élenjáró kísérlet, amely nagy nemzetközi kollaborációban folyik, amelyekben a magyar részvétel –mint a pályázat benyújtásakor kifejtettük- korábban kezdődött és a pályázat lezárása után –más pályázati keretek között- folytatódik. A kapott támogatás tehát azt tette lehetővé, hogy egy hosszútávú és az OTKA által korábban is támogatott munka sikerrel folytatódjék az adott időszakban.

Az OTKA-pályázatban -ott természetesen részletesen kifejtve- hármas célt jelöltünk meg:

- A BNL RHIC gyorsítójának PHENIX kísérletében a mérésekben és a kísérleti adatok analízisében való részvétel.
- Részvétel a CERN-i LHC CMS kísérletének építésében, ezen belül a barrel müon kamrák helyzetmeghatározó rendszerének fejlesztése és létrehozása.
- E célokhoz kapcsolódóan a kísérleti részecskefizikai kutatásokban való részvétel debreceni bázisának további erősítése, szélesítése.

A két kísérlet egy pályázatban való összekapcsolásának fő oka és egyben célja tehát a részecskefizika debreceni -a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékére és az MTA ATOMKI-ra épülő- bázisának erősítése volt. Ugyanis a két kísérlet más-más fázisban volt (és van) az adott időszakban. A CMS építési szakaszban van, ahol berendezés létrehozása a fő tevékenység, míg a PHENIX egy működő detektor, ahol -az üzemelés biztosítása mellett- a kísérleti mérések analízise a feladat. Ez az összekapcsolás lehetővé tette a két egymást kiegészítő terület egyidejű művelését.

Megítélésünk szerint ez szerencsés és nagyon sikeres kombináció volt. A RHIC a világ első relativisztikus nehézion-ütköztetője, az elmúlt években az itt végzett munka jelentette a szakma élvonalát és felbecsülhetetlen tapasztalatot, ismereteket és elismerést szerzett a debreceni kutatóknak. Több PHENIX-es cikk -melyeken a debreceni diákok

társszerzők- 250 feletti, két tucatnál is több pedig 50 feletti idézettségű. Mindezzel párhuzamosan a csoport megépítette a CMS kísérlet barrel műion egységének helyzetmeghatározó rendszerét a koncepció kialakításától a teljes megvalósításig, egyértelmű reputációt szerezve a debreceni csoportnak. Itt az eredmény elsősorban maga a működő berendezés, amely egyben belépőt jelent a magyar fizika számára a világ egyik legnagyobb tudományos vállalkozása, a 2008-ban induló LHC gyorsító CMS detektorának üzemeléséhez és mérési eredményeinek analíziséhez. A szakmai munka részletes ismertetésére a 2. illetve 3. pontokban kerül sor. Mindkét fejezetet két részre osztottuk. A 2003-2006-os időszokról rendelkezésre állnak a részbeszámolók, így ezt a periódust röviden összefoglaljuk, majd a 2007 évi beszámolót ismertetjük.

Az OTKA által biztosított pénzügyi keret lehetővé tette, hogy kihasználjuk azokat a lehetőségeket, amik a nagyformátumú tudományos központok és a nagy kollaborációk esetében elérhetők közvetlen utazási hozzájárulás, pályázati lehetőségek, továbbá beszerzett eszközök és anyagok formájában. A részletek ismertetésére a 4. pontban kerül sor, de itt jegyezzük meg, hogy a külső pénzforrások megszerzésének előfeltétele az itthoni támogatás mellett a pontos, megbízható, magas színvonalú munka, amelyet a világ legjobb egyetemei és kutatóintézetei minősítenek folyamatosan a napi munka során. Az, hogy a debreceni csoport folyamatosan kiérdemelte ezeket az extra forrásokat, már önmagában utal a végzett munka magas szintjére. Az így bevont források lehetővé tették, hogy kérhessük a pályázati szakasz időtartamának egy évvel történő meghosszabbítását, amit az OTKA-iroda engedélyezett. Pénzügyi kérdésekkel a 4. pontban foglalkozunk.

Mint említettük, lényeges elem a pályázat alapján végzett munka kisugárzása az oktatási munkára. Erről az 5. pontban számolunk be.

## **2 A PHENIX detektornál végzett munka**

### **2.1 A 2003-2006-os időszak**

A PHENIX kísérlet 2003 január-márciusában deutérium-arany, április-májusban pedig proton-proton ütközések adatait gyűjtötte. Az adatgyűjtési periódusban feladatunk volt az elektromágneses kaloriméter időmérésének az adatgyűjtéssel párhuzamos, azonnali „online” kalibrációja. A deutérium-arany ütközések adatainak kiértékelését és publikálását igen nagy várakozás előzte meg, mert ez a kontroll-kísérlet dönthette el, hogy a korábbi években, arany-arany ütközésekben megfigyelt jet-elnyomás kezdeti- vagy végállapotbeli effektus. Az adatok rekordidő alatt való kiértékelésében és publikálásában jelentős szerepe volt csoportunknak Kevesebb, mint három hónappal az adatgyűjtés befejezése után az adatokat publikáltuk a Phys. Rev. Letters-ben. Az eredmény tudományos szenzáció volt, mellyel nemcsak a szakmai, de a napi sajtó is intenzíven foglalkozott.

Emellett csoportunk az ún. „converter in/converter out” foton-mérés adatainak kiértékelésén, majd a PHENIX elektromágneses kaloriméter szimulációs kódjában a detektor-válasz (csaknem tíz éves) kódjának modernizálásán is dolgozott 2003-ban.

A kísérlet 2003 november - 2004 március között 1.5 milliárd 200 GeV energiájú Au+Au ütközés adatait írta szalagra, ezt követően egy hétig gyűjtött adatokat 62 GeV energiájú Au+Au ütközésekről, végül két hónapig polarizált p+p ütközéseket mért. A csoport aktívan részt vett az adatok gyűjtésében és a PHENIX elektromágneses kaloriméterének szakértőiként a detektor üzemeltetésében és online, majd offline kalibrálásában.

A 62 GeV-s Au+Au adatok analízise mindössze három nappal az adatgyűjtés befejezése után elkezdődött. A semleges pionok spektrumának analízise egyik doktoranduszunk disszertációjának témája. Az előzetes eredmények rendkívül gyorsan, május végére elkészültek, és június 2-án Brookhavenben egy konferencián prezentáltuk őket.

Az elektromágneses kaloriméter szimulációjának valódi adatokkal történő verifikálásából 2004 őszén fontos PHENIX Analysis Note született. Ennek alapján elkezdődött a munka az ún. "fast hadron Monte Carlo" programon, ami a tervek szerint fel fogja váltani a GEANT lassú és pontatlan hadron-szimulációját.

Csoportunk folytatta a kaloriméter szimulációs és kiértékelő kódjának modernizálását, valamint elkészült a gyors hadronszimuláció keretprogramja.

Két év intenzív munkája után a 2002-es Au+Au adatokból történő direkt foton analízis megérett a publikációra. A három egymástól független analízis egyikben, amelyben új módszert, a "stochasztikus vágásokat" alkalmaztuk a fotonok azonosítására, csoportunk fő szerepet játszott.

A PHENIX kísérlet 2005 január-május között 200 GeV, 62 GeV és 22 GeV tömegközépponti energiájú Cu+Cu ütközések adatait gyűjtötte. A csoport aktívan részt vett az adatok gyűjtésében és a PHENIX elektromágneses kaloriméterének szakértőiként a detektor üzemeltetésében és online, majd offline kalibrálásában.

A Cu+Cu adatok első analízise már az adatgyűjtéssel párhuzamosan megkezdődött, és az első eredmények a Budapesten, 2005 augusztusában tartott Quark Matter 2005 konferencián kerültek bemutatásra. Csoportunk a semleges pionok analízisére koncentrált. az új, korábbinál pontosabb szimuláció elkészítésével – amely döntő szerepet játszott a nagyimpulzusú semleges pionok és direkt fotonok megkülönböztetésében – valamint a fotonok és hadronok elválasztására (particle identification). Módszereinket az előző évi, 200 GeV-s Au+Au adatkészlet újra-analizálására is felhasználtuk. Két fő eredményünk, hogy 1) a korábban megfigyelt jet-elnyomás centrális Au+Au ütközésekben 20GeV/c transzverzális impulzusig sem változik (lényegesen kiterjesztve a korábbi 13GeV/c mérési határt) 2) centrális Cu+Cu ütközésekben hasonló jet-elnyomás figyelhető meg legalább 16GeV/c transzverzális impulzusig. Megfigyeléseink fontosságát mutatja, hogy mindkét eredmény felkerült a QM'05 konferencia záróelőadásában az öt legfontosabb kísérleti eredményét összegző fóliára.

A Quark Matter konferenciát megelőző három napban a PHENIX kísérlet Debrecenben tartott összejövetelt, amelyen a kísérlet kb. 90 tagja jelent meg. A

háromnapos gyűlés teljes szervezése (több hónapi intenzív munka) csoportunkra - mindenekelőtt a diákokra - hárult, akik remekül oldották meg a feladatot.

A PHEHIX kísérlet 2006 február-június között polarizált proton-proton ütközések adatait gyűjtötte 62, 200 és 400 GeV tömegközépponti energián. A csoport tagjai aktívan részt vettek az adatok gyűjtésében és a PHENIX elektromágneses kaloriméterének szakértőiként a detektor üzemeltetésében és online, majd offline kalibrálásában.

Imrek József a semleges pionok és a direkt fotonok 20GeV-ig kiterjesztett mérésének analízisén és a semleges pionok ütközési sík-függő analízisén dolgozott (arany-arany ütközésekben); Az előzetes (és a 2006-os shanghai-i konferencián nagy feltűnést keltő) eredmények szerint 18-20GeV-nél a foton spektrum valószínűleg hasonló elnyomást mutat (arany-arany ütközésekben, az elemi nukleon-nukleon ütközések számával skálázott proton-proton spektrumhoz képest), mint a semleges pionok.

Vértési Róbert a töltött hadronok Hanbury-Brown - Twiss korrelációit tanulmányozta (HBT).

## 2.2 2007 évi beszámoló

A RHIC a 2007-es futási időszakban 200 GeV/nukleon arany-arany nyalábokat ütköztetett, rekordmennyiségű adatot gyűjtve ( $3260 \mu\text{b}^{-1}$  integrált luminozitás). A PHENIX kísérlet történetében először az adatok alsó kalibrálása az adatgyűjtéssel párhuzamosan történt ("online calibration"), és közvetlenül utána, néhány napos eltolódással megtörtént az első adatfeldolgozás/kiértékelés is. Ez a munka jó előkészítést és rendkívül intenzív és fegyelmezett együttműködést igényelt a kísérletben résztvevő fizikusok és diákok részéről.

2006 végétől Vértési Róbert folyamatosan hat hónapot (2006 november - 2007 április) töltött Brookhaven-ben a PHENIX kísérleten, Fulbright ösztöndíjjal. Fő feladata az elektromágneses kaloriméter online időkalibrálása (timing) volt, ezenkívül előadást tartott a februári "Winter Workshop on Nuclear Dynamics" (Montana, US) konferencián.

Tarján Péter a disszertációján dolgozott, melyet 2008 elején fog megvédeni.

Imrek József a 2004-es arany-arany ütközések adataiból készült két cikk - semleges pionok keltése és direkt foton spektrumok -cikkelőkészítő bizottságának tagjaként dolgozott a két analízis véglegesítésén, összesen hat hetet töltve Brookhavenben. Ennek keretében befejezte a kaloriméter szimulációs szoftverjének modernizálását: az új kód döntő fontosságú volt a nagyenergiás pionok pontos azonosításában. Dávid Gáborral közösen új módszert dolgoztak ki a detektorba egymáshoz közel becsapódó fotonok felismerésére.

Ezenkívül értékes munkát végzett a 62 GeV/nukleon arany-arany ütközések analízisében is: az itt mért direkt foton spektrum fontos -és sikeres- tesztje a 200GeV-nál észlelt nagyenergiás foton-elnyomásnak, ami a 2006-os shanghai-i Quark Matter konferencia egyik legnagyobb feltűnést keltő eredménye. 2007 harmadik harmadában aktívan dolgozni kezdett a PHENIX nagyfeszültségű tápegységeivel való kommunikáció felgyorsításán. Amennyiben ez a projekt sikeres lesz, változatlan luminozítás mellett kb. 15-20%-kal meg fogja növelni a PHENIX kísérlet által rögzíthető adatok mennyiségét. (A nyaláb stabilizálódása után eddig kb. 30 percig tartott, amíg a háttér-érzékeny detektorokat működési feszültségükre tudtuk hozni; várhatóan ez az idő 4-5 percre rövidülne az új kommunikációs hardverrel és szoftverrel, miáltal a kísérlet jelentős adatgyűjtési időt nyerne épp akkor, amikor a luminozítás a legnagyobb.)

### **3 A CMS detektornál végzett munka**

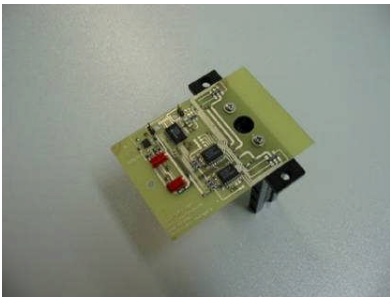
CMS-nél a a tevékenység főiránya a barrel műion helyzetmeghatározó rendszer fejlesztésének és építésének folytatása volt. A rendszer koncepciója már a 2003 előtti időszakban megszületett. Fő elemei merev, video-szenzorokat és pontszerűnek tekinthető fényforrásokat tartalmazó mechanikai strukturák, valamint maguk a mérendő műion-kamrák, amelyekre szintén fényforrások kerülnek. A rendszert alkotó mintegy 10000 fényforrás és a 600 video-szenzor behálózza a CMS-detektor 13m hosszú és 15m átmérőjű barrel-részét és ez a háló a nagymennyiségű, többszörösen redundáns optikai mérés alapján rekonstruálhatóvá teszi a 250 műion-kamra helyzetét a barrel koordinárendszerében. A helyzetmeghatározó rendszer szerves része a vezérlő-adatgyűjtő elektronika és szoftver, valamint az egész berendezésnek a CMS kísérletbe történő integrációja.

A munka részben a Debreceni egyetem Kísérleti Fizikai Intézetének Raics Péter által vezetett CMS-csoportjában, részben az ATOMKI Elektronikai Osztályán Molnár József irányításával, részben a folyamatosan a CERN-ben tartózkodó Bencze György koordinálásával folyt, szoros együttműködésben.

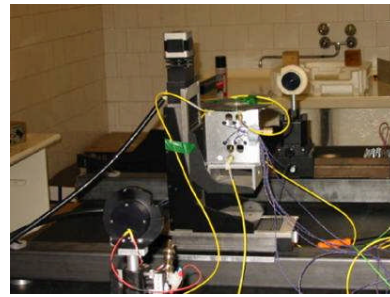
Mivel a CMS-nél végzett munka nagyban berendezés-orientált, a szöveges ismertetés valószínűleg nem adna elegendő támpontot a munka megítéléséhez. Ezért szeretnénk néhány illusztráló fényképet is beiktatni, erre az OTKA-beszámolási szabályzat lehetőséget ad.

### 3.1 A 2003-2006-os időszak

A periódus első két évének egyik fő tevékenysége a már korábban megtervezett fényforrás-egységek összeszerelése és bemérése volt. A muon kamrákba való beépítésre illetve tartalék-alkatrészként összesen 1200 db, precíziós mechanikára szerelt, egyenként 10 nagy fényerejű LED-ből és a kiszolgáló vezérlő elektronikából álló egység készült el (3-1 ábra). Ugyancsak megtörtént ezen egységek minőségi ellenőrzése és kalibrációja az OTKA team által kifejlesztett, a Kísérleti Fizikai Tanszék CMS-laboratóriumában telepített kalibrációs és teszt berendezésen, amely lehetővé tette a fényforrások helyzetének 15 mikrométeren belüli pontossággal történő meghatározását.



3-1 ábra. A muon-kamrákra szerelt fényforrás-egység



3-2 ábra. Fényforrás kalibrációs berendezés (Debreceni Egyetem)

A laboratórium, illetve a kalibrációs berendezés építésében Raics Péter és Szillási Zoltán, a kalibrációban és az adatok kiértékelésében Béni Noémi és Kapusi Anita is részt vettek.

Ezzel párhuzamosan elkészítettük azt a kalibrációs berendezést a CERN-ben, amelynek segítségével a beépített fényforrások helyzete a muon-kamrákon belül meghatározható a megkívánt  $\sim 70$  mikrométeres pontossággal. A  $4 \times 5 \text{m}^2$  méretű berendezés (3-3 ábra) építése 1 évet, a 250 kamra kalibrációja (3-4 ábra) közel 3 évet vett igénybe. A berendezés koncepciójának kialakításában és megépítésében Bencze György és Szillási Zoltán, a beépített elektronikus részegységek tervezésében és kivitelezésében Szabó Zsolt illetve az ATOMKI Elektronikus Osztálya vett részt, a kalibrációt és adatkiértékelést Béni Noémi, Kapusi Anita és Szillási Zoltán végezték.



**3-3 ábra. A müon-kamra kalibrációs berendezés**



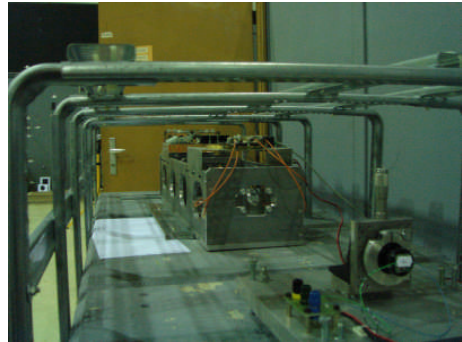
**3-4 ábra. A mérendő müon-kamra elhelyezése a kamra-kalibrációs berendezésen.**

Mivel a kalibrációs adatok a CMS működésekor a fizikai analízis során kerülnek felhasználásra, azok tárolása, elérhetősége, kezelhetősége, megbízhatósága elsőrendű fontosságú. Ezért nagy jelentőségű az a Szillási Zoltán által végzett fejlesztő munka, amely egységes rendszerként kezeli a különböző kalibrációs és minőségellenőrző berendezéseken nyert adatokat. A korszerű adatbázis-rendszer és az ahhoz kapcsolódó WEB-es megjelenítés és adatszolgáltatás a fényforrás- és a kamra-kalibrációs munka során elkészült, a további kalibrációs és minőségellenőrző lépések ebbe a rendszerbe integrálódtak be.

A rendszer másik kulcseleme az a 36 nagyméretű (jellemzően 4m hosszúságú) precíziós mechanikus tartószerkezet (szaknyelven MAB = Module for the Alignment of the Barrel), amely gondoskodik a rászertelt video-szenzorok, fényforrások és egyéb kisegítő elemek hosszútávú deformáció-mentes rögzítéséről. Magukat a mechanikai egységeket (3-5 ábra) a témában kialakított együttműködés keretében a CERN-ben tervezték és Görögországban gyártották le. Az összeszerelés, minőség-ellenőrzés és kalibráció csoportunk feladata volt. Komoly tételt jelentett MAB-ok bekábelezése, ennek során 1200 különböző kábel került beszerelésre mintegy 5 km-nyi hosszúságban. Kidolgoztuk a különböző, MAB-okra kerülő egységek minősítésének illetve kalibrációjának módszerét, elkészítettük a megfelelő kalibrációs berendezéseket a mechanikától a kiolvasó elektronikán át a vezérlő és minősítő szoftverig. A videoszenzorok minősítő berendezése és a minősítés Béni Noémi munkája. A videoszenzorokból felépített kameradobozok kalibrációs padjának a tervezését Bencze György és Kapusi Anita, a berendezés megépítését, a vezérlő-adatgyűjtő szoftver megírását és a 650 kameradoboz kalibrálását Béni Noémi végezte (3-6 ábra).

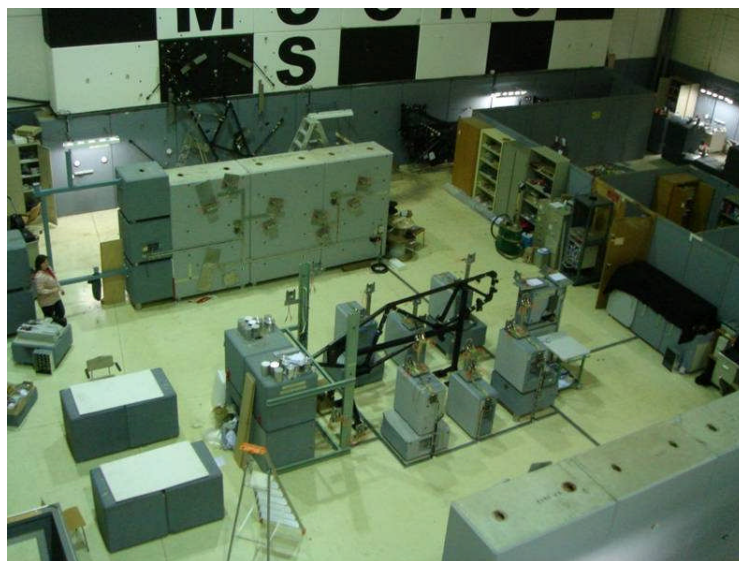


3-5 ábra. Legyártott MAB-ok a CERN-ben



3-6 ábra. A kamera-doboz kalibrációs berendezés

A MAB-ok kalibrációja, azaz a rászertelt elemek pozíciójának kimérése  $\sim 50$  mikrométer pontossággal komoly kihívás részben a MAB-ok mérete miatt, részben pedig, mivel a mérés csak közvetetten, ismert geometriájú teszt-képek rögzítésével és kiértékelésével végezhető csak el. Az ehhez szükséges laboratóriumot (3-7 ábra) a CERN volt ISR gyorsítójának alagútjában hoztuk létre, ahol a talaj megfelelően stabil, és rendelkezésre állt a szükséges méretű ( $8 \times 12 \times 6 \text{ m}^3$ ) csarnok. A kalibrációs módszerek, eszközök, a vezérlés-adatgyűjtés és adat-tárolás a korábbiakban kialakított kalibrációs eljárások és berendezések alkalmazásával történtek.



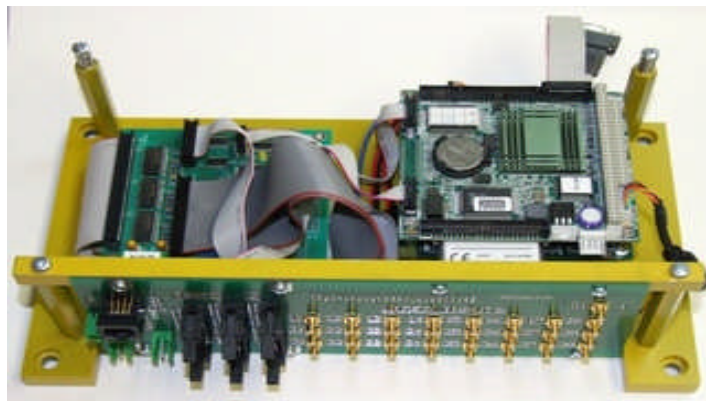
3-7 ábra. MAB kalibrációs labor

A helyzetmeghatározó rendszer további funkcionális egységét képezi a fényforrásokat megfigyelő videoszenzorok működését vezérlő és a beolvasott képek előfeldolgozását végző, egymással lokális hálózati kapcsolatban levő 36 PC modul fejlesztése. Ezek az egységek a CMS működése során  $1,7$  Tesla mágneses térben  $10^{10}$  neutron/cm<sup>2</sup> nagyságrendű sugárterhelésnek lesznek kitéve, valamint  $\sim 3 \times 10^{10}$  proton/cm<sup>2</sup>-nek



megfelelő háttérben fognak üzemelni. A neutronos vizsgálatokat az ATOMKI ciklotronán Fenyvesi András, a proton-besugárzást a The Svedberg Laboratory-ban (Uppsala, Svédország) Novák Dezső végezte. A mágneses tesztre a CERN-i SPS gyorsító H2-es nyalábján található 3T teret biztosító szupravezető szolenoidján került sor, szintén Novák Dezső közreműködésével. Mivel ez utóbbi teszt negatív eredménnyel zárult, egy kisebb, de elektronikus áramkörök vizsgálatára alkalmas mágnes ATOMKI-ban való telepítésével mód nyílt a prototípus leállításának részletes vizsgálatára és a mágneses térre érzékeny alkatrészek kiküszöbölésére illetve helyettesítésére, így e probléma megoldására. Külön fejlesztő munkát igényelt a köztudottan mágneses tér-érzékeny ethernet-kapcsolat alkalmassá tétele a CMS kísérlet működési körülményei közötti üzemelésre, amit Molnár József és Novák Dezső ugyancsak sikerrel megoldott. Szintén külön fejlesztő munkát igényelt a PC-modul egyik elemének, a video-jel digitalizáló egységnek a rendszerhez történő adaptációja. Bár a digitalizáló kártya kereskedelmi termék, az adaptációs szoftver munka szükségessé tette a gyártó céggel történő közös fejlesztést, amiben Székely Géza vett részt.

E fejlesztések után került sor 50 darab (36 + tartalék) egység legyártására az ATOMKI Elektronikus Osztályán (3-8 ábra), illetve a megfelelő szoftver modulok megírására Imrek József, Székely Géza és Szillási Zoltán részvételével.



**3-8 ábra. A kifejlesztett PC-modul**

A CMS kísérlet építésében és a mi munkánkban a 2006-os év kiemelkedő eseménye volt a Mágnes Teszt és Koszmos Kísérlet (eredeti megfogalmazásban MTCC = Magnet Test and Cosmic Challenge). Ekkor – még a CMS felszíni szerelőcsarnokában-összeállításra került a CMS az akkori készenléti állapotában, ami lehetővé tette a kísérlet legkritikusabb eleme, a hatalmas 4 Tesla szolenoid mágnes bekapcsolását, továbbá a már felszerelt és működőképes részecske-detektorokkal kozmikus müonok detektálását. Ezzel egyidőben került sor a helyzetmeghatározó rendszer nagyjából 25%-os beépítésére, és annak kipróbálására üzemszerű körülmények között. Ez a teszt általában is és a mi rendszerünk szempontjából is teljes sikerrel zárult és sok hasznos tapasztalattal szolgált a

a beépítés várható pontossága, a mágneses tér következtében várható elmozdulások és hőmérsékleti effektusok tekintetében.

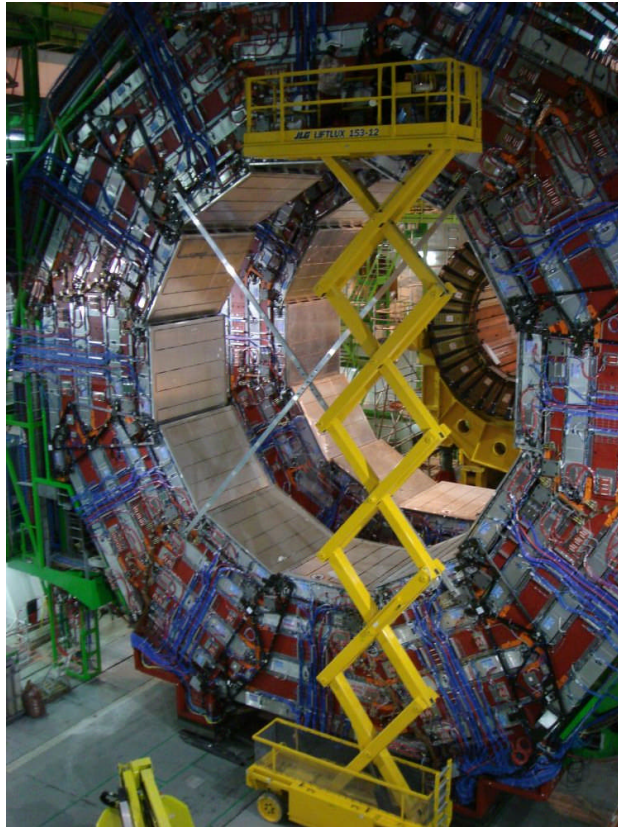
Az MTCC-tesztre való felkészüléssel együtt megkezdődött a teljes rendszer felsőszintű CMS-be illeszkedő vezérlő-ellenőrző szoftverének elkészítése a CMS kísérlet által kötelező szabványként elfogadott PVSS szoftver alkalmazásával. A PVSS egyike a piacon létező un. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) rendszereknek, így ezek az ismeretek sokban hasznosak lehetnek a későbbiekben a csoport számára CMS-en kívüli alkalmazásokban is. Ebben a munkában Béni Noémi és Szillási Zoltán vesznek részt.

A barrel müon helyzetmeghatározó rendszer építése mellett két –szintén a CMS barrel müon detektorhoz tartozó- építési feladatban vállaltunk szerepet, mindkét feladat esetén a németországi aacheni RWTH egyetemmel együttműködve. Az egyik a müonkamrák aachenben kifejlesztett nyomásmérő egysége szoftverének fejlesztése és az egység sugárkárosodási vizsgálata volt. A vizsgálatok alapján, melyet Fenyvesi András, Molnár József, Novák Dezső és Szabó Zsolt végeztek, az egység radikális áttervezésére került sor Aachenben, amelyben további munkánk nem adódott.

Ugyanezzel az aacheni csoporttal közösen vállaltuk egy drift-sebesség mérő berendezés kifejlesztését a CMS müon kamrákhoz. A teszt-kamrát az aacheni fél készítette el, a vezérlés-kiolvasás és adattárolás megoldása csoportunk feladata volt. Sor került a prototípus sikeres kipróbálására Aachenben, amelyben Kapusi Anita és Zilizi Gyula vett részt.

### **3.2 A 2007 évi beszámoló**

A 2007-es év a helyzetmeghatározó rendszer installációjának jegyében telt el. A munka ütemét a CMS általános ütemezése szabta meg, a nagy egységeknek a végső (100m-rel a föld alatt levő) helyszínre szállítása, illetve a barrel-gyűrűkön folyó egyéb munkák. Mivel a rendszer egy része a barrel müon kamrákra van szerelve, ezek a kamrák telepítésével a helyükre kerültek. A MAB-ok, PC=modulok (és az eddig terjedelmi okokból nem említett kisebb merev struktúrák, a barrel nyaláb-irányú deformációjának mérésében kulcsszerepet játszó Z-rudak (Z-bars)), a teljes kábelezés és a központi adatgyűjtő számítógép telepítése a mi feladatunk volt. Ez túlnyomórészt mind megvalósult (3-9 ábra), mindössze 12 MAB installációja maradt (rajtunk kívüli okokból, a CMS-ütemezésnek megfelelően) 2008 január-februárjára. Szintén késik (a gyártó vállalat kései szállítása miatt) a rendszer végleges tápellátásának beépítésére, addig ideiglenes tápforrással dolgozunk.



3-9 ábra. MAB-ok installációja a CMS barrel +2-es gyűrűjén.

Tovább folytatódott az aacheni RWTH-val együttműködésben a drift-monitor kamrák fejlesztése. Elészült (Aachenben) a végleges prototípus, és a 7 kamrából álló sorozat legyártása. Ezzel párhuzamosan Zilizi Gyula elkészítette a vezérlő-adatgyűjtő szoftver új változatát, amely alkalmas több kamra egyidejű kiszolgálására.

#### 4 A kutatás pénzügyi háttere

Természetesen elkészül és benyújtásra kerül a pénzügyi beszámoló a szabályoknak megfelelően. Ebben a pontban azt szeretnénk bemutatni, hogy milyen kiegészítő források megszerzését tette lehetővé a megítélt OTKA-támogatás, továbbá –ezzel összefüggésben– megindokolni, hogy miért tértünk el a pályázatban benyújtott pénzügyi tervtől, annak végösszegét nem túllépve

A szakmai beszámoló alapján könnyen megítélhető, hogy ekkora volumenű munka sem a BNL-ben, sem a CERN-ben nem lett volna elvégezhető kizárólag az OTKA által biztosított forrásból, ami egyébként egyenlő volt a pályázatban igényelt összeggel. Már más pályázatok kapcsán is beigazolódott az OTKA-támogatás katalizátor-szerepe, és különösen igaz ez a jelenlegi pályázat esetén. A 4-1 táblázat mutatja a BNL által nyújtott

támogatást a debreceni csoport tagjainak kint-tartózkodásához. Ez a –forintban öt éves átlagárfolyamon számítva- 13,3 MFt tette lehetővé, hogy a BNL-utazásokkal kapcsolatos kiadások főként a repülőjegyre és biztosításra korlátozódjanak.

Év	Támogatás [\$]
2003	19388
2004	14790
2004	12387
2006	7000
2007	11160
Osszesen:	64725

**4-1 táblázat. A BNL támogatások éves bontásban**

E közvetlen támogatás mellett Vértési Róbert elnyert egy Fulbright-ösztöndíjat, amely 2006. október 19-től 2007. április 19-ig brookhaveni tartózkodásának minden költségét fedezte. Mindez együtt lehetővé tette, hogy a teljes öt éves időszakban a debreceni kutatók évente több hónapot kint töltsenek. Ezen kívül 2007. szeptember elején Imrek József részt vett egy konferencián Chicagóban, amelynek költségét szintén a BNL állta. Természetesen e támogatás megszerzéséhez a kulcs Dávid Gábor elkötelezett szervezőmunkáján kívül a sikeres és a PHENIX számára nyújtott megfelelő színvonalú munka volt.

Hasonlóan sikerült kihasználni a CERN által elérhető lehetőségeket. Az adott időszakban minden évben egy diák részt tudott venni a CERN-i „Nyári diák” programban, ami egyenként 12-13 heti kinti tartózkodást tesz lehetővé teljes költség-fedezettel. Emellett közvetlen támogatással összesen több, mint két és félelvi kinttartózkodást fedezett a CERN, amelynek az összértéke nagyságrendileg a BNL-támogatáshoz hasonló. Több hónapi további hozzájárulással fedezte továbbá nagyvolumenű összeszerelési munkák technikai költségeit. 2007-ben ezeken kívül egy „Technical student” pályázatot is sikerült elnyerni, ami 14 hónapi kinttartózkodás költségeinek a CERN által történő fedezését jelenti.

Mivel mindezek a támogatások főként napidíj-jellegűek, lehetővé tették az eredetileg napidíjra szánt összeg jelentős átcsoportosítását főleg dologi kiadásokra. Erre az átcsoportosításra az OTKA-iroda egy ízben beleegyezését adta. Azóta a tendencia tovább folytatódott, így a végelszámolás újabb átcsoportosítást tükröz, amihez ezúton is kérjük az utólagos jóváhagyást.

Szintén az OTKA-támogatás alapján kaptunk meg egy két éves spanyol-magyar TÉT-támogatást a CMS-témában. Bár ezt a pénzt –annak talán túlságosan körülhatárolt felhasználhatósága miatt- nem tudtuk teljes egészében kihasználni, így is jelentős

esemény volt a 2005-ös debreceni illetve santanderi összejövetel, amelynek eredményeként a két csoport tagjai ma már napi munka szinten dolgoznak együtt.

## **5 Oktatási vonatkozások**

Az OTKA-téma és az ott folyó kutatás-fejlesztés az egyetemi oktatásban is megjelenik. A témán folyó munkából két Ph-D disszertáció áll védés előtt, hárman doktori ösztöndíjasok. Az OTKA-pályázat ideje alatt a témában öt diplomamunka született. A CERN-i “Nyári diák” pályázaton négy diákunk nyert ösztöndíjat, egy diákunk pedig a CERN “technical student” 14 hónapos ösztöndíjában részesült. Egyik Ph-D hallgatónk egyéves Fullbright-ösztöndíjat nyert.

A RHIC-ben és az LHC-n végzett munkát, és további diákok toborzását, érdeklődésük felkeltését segítették az intenzív kurzusok, melyeket Dávid Gábor tartott Debrecenben. Csoportunk diákjai több ízben részt vettek és előadásokat tartottak a minden év decemberében Budapesten a RHIC Téli Iskolán is.

Végezetül megemlítjük, hogy a driftmonitor kamra téma művelése lehetővé teszi egy ilyen összeállításnak a debreceni egyetemen történő telepítését, és körülötte egy sokcélú kísérleti részecske-fizikai oktatólabor létrehozását. Ennek első lépéseként aacheni jó kapcsolatainknak köszönhetően térítés nélkül hozzájutottunk egy erre alkalmas drift-kamrához.

2008 február 27.

Bencze György  
témavezető