

A 2001-es év nyarától, azaz másodéves egyetemista korunk végeztével Veszter elkezdett minket magával vinni a CERN-es útjaira, hogy részt vegyünk az elsősorban NA49-cel, illetve a CMS-kísérlettel kapcsolatos kisebb munkákban. Ezek az utak sokszor már csak az utazás miatt is igen érdekesítőek voltak, hiszen a hosszú Budapest–Genf autótutak során került sor a Veszter-beszélgetésekre, amelyek során megismerhetjük egészen sajátos gondolatait, ötleteit, illetve – demokratikus ember lévén – egy-egy kérdésben a mi véleményünket is nagy érdeklődéssel megfontolta. Nekünk ez a közvetlenség akkor, diákként természetesen tűnt, hiszen a pesti ELTE-s fizikus közösségben ez volt az elterjedt. Veszterben volt azonban egy ezen felüli közvetlenség, illetve egy rá nagyon jellemző türelem és humor: szinte lehetetlen volt kihozni a sodrából, akár munka közben, akár egy-egy vitában. A kezdeti években segítséget nyújtott CERN-hez köthető diákösztöndíj-lehetőségek megpályázásában is, mint amilyen például a CERN nyári diák-ösztöndíj. Ezen időszakunkban diákként alakítottuk ki első külföldi szakmai kapcsolatainkat.

Szakmai kapcsolatom 2003-ra, illetve 2004-re szorosabbra fűződött Veszterrel, mert lehetőségem volt diplomamunkát írni nála a CMS-ben, illetve az NA49-ben épülő egy-egy kaloriméterrelven működő detektorról, amelyek építéséhez és teszteléséhez is hozzájárulhattam. Ekkor készült a CMS-kísérlet HF-kalorimétere, illetve az NA49-kísérlet LGC-kalorimétere.

Veszter a 2004–2008 időszakban doktori témavezetőm lett, az általa adott kutatási téma pedig az erősen kölcsönható anyag fázisátalakulásának vizsgálatával volt kapcsolatos, amelyet az NA49-kísérlet adatain volt célszerű elvégezni. A téma előzménye, hogy a megelõ-

ző években az RHIC gyorsító kísérleteiben 200 GeV nukleonpáronkénti, tömegközépponti energián megfigyelték, hogy az atommag-atommag ütközésekben fajlagosan kevesebb merőlegesen kirepülő nagyenergiás hadronrészecske keletkezik a vártnál, amit a kvark-gluon plazma kialakulásának tulajdonítottak. Gyuri felvetette: mi lenne, ha megpróbálnánk ezt a mérést tízszer alacsonyabb energián elvégezni. Akkoriban az NA49-kísérlet adatai természetes módon kínáltak erre. A téma odáig fejlődött, hogy nemcsak a doktori dolgozatomat tudtam ebből megírni, hanem javasolni tudtunk egy jelentős fizikai kérdéskört az NA49 második generációs kísérletéhez, az NA61-hez.

Az NA61-kísérletet 2007 végén fogadták el az általunk is összeállított kísérleti javaslat alapján, adatgyűjtését pedig 2009-ben kezdte meg. Az új kiolvasórendszer, amely ma is üzemben van, mi csinálhattuk meg az MTA Wigner FK RMI-ben. A magyar csoport ezen felül is jelentős súlyú: kezdeményező szerepünk van az új eseményrekonstrukciós szoftverrendszer kifejlesztésében is. Szintén jelentős a teljesen magyar építésű LMPD-detektor, amely az ütközési centralitás meghatározását célozza proton-atommag eseményekben. Az újonnan épülő Forward-TPC rendszer legtechnikásabb részegysége is a mi csoportunk terméke lesz. Ezen kifutás nagy része Gyurinak is köszönhető, aki a kezdetektől fogva az NA61-együttműködés meghatározó tagja volt, amit az is jelez, hogy az indulástól fogva jópár évig társ-szövívője volt, illetve az együttműködést vezető bizottság elnöki tisztségével is megbízták, egészen a halála előtti évekig bezárólag. Távozását követően sokszor lehet érezni, hogy hiányzik a teremből vitákat elrendező higgadsága, és enyhén vitriolos humora.

ISKOLATEREMTŐ

Fülöp Ágnes
ELTE IK Komputeralgebra Tanszék

Vesztergombi György fizikust (Gyuri) 1994-ben ismertem meg és 1997-ig dolgoztam csoportjában. Ekkor a KFKI RMKI Részecskefizika Főosztályának vezetője volt. Sok fiatal dolgozott vele, támogatta a tehetséges hallgatókat, irányítva szakmai munkájukat.

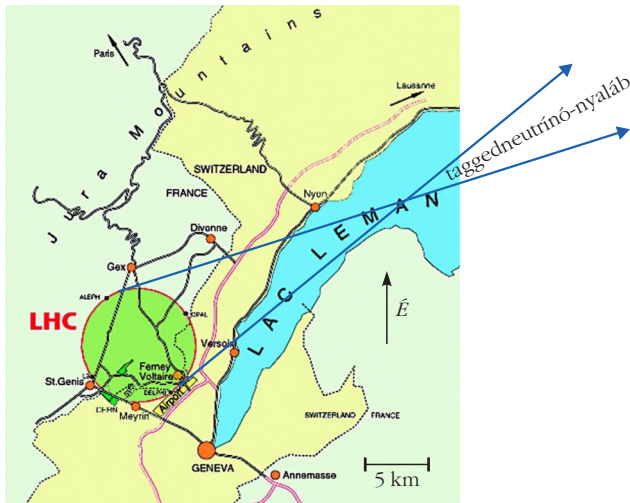
Gyuri érdeklődése széleskörű volt, kiterjedt új kutatási módszerek bevezetésére is. Már az 1990-es években foglalkoztatta a párhuzamosítás gondolata, amely később többször is felmerült kutatómunkája során. 1994-ben a Soproni *CERN School of Computing* rendezvényen hallgattam meg az *Erőteljesen párhuzamos asszociatív sztring processzor (ASP) a nagyenergiás fizikában* című előadását erről a kutatási területről, amely később szerves részévé vált munkánknak.

Újra 1997-ben, az ELTE TTK Fizika Doktori Iskola Részecskefizika alprogramjában találkoztam vele, mint az ELTE Atomfizika Tanszék professzorával, ahol

több mint negyedszázadon keresztül tanított kísérleti részecskefizikát, és e cikk szerzője is tanítványának mondhatja magát.

Majd hosszabb időre eltávolodtak útjaink, más-más kutatási területtel foglalkoztunk. 2007-ben kezdtünk újra együttműködni, ekkor az ELTE IK Komputeralgebra Tanszék docenseként javasoltam, hogy hozzunk létre együttműködést a kísérleti részecskefizika numerikus problémáinak vizsgálatára, bevonva az ELTE hallgatóit is. Ebből majd tíz évig (haláláig) tartó sikeres munkakapcsolat alakult ki. Elsősorban a kísérleti részecskefizika szimulációival foglalkoztunk az ELTE IK Komputeralgebra Tanszékén az NA61- és a CBM-kollaborációval együttműködve. Sajátos helyzetünkönél fogva legintenzívebben a nyári időszakban tudtuk kutatásainkat végezni.

A tíz éves sikeres együttműködés eredményeiből három nagy területet emelek ki.



1. ábra. Balra: lehetséges nyalábirány a Genfi-tóban. Jobbra: az első taggingneutrínó-detektáló berendezés 1981-ből.

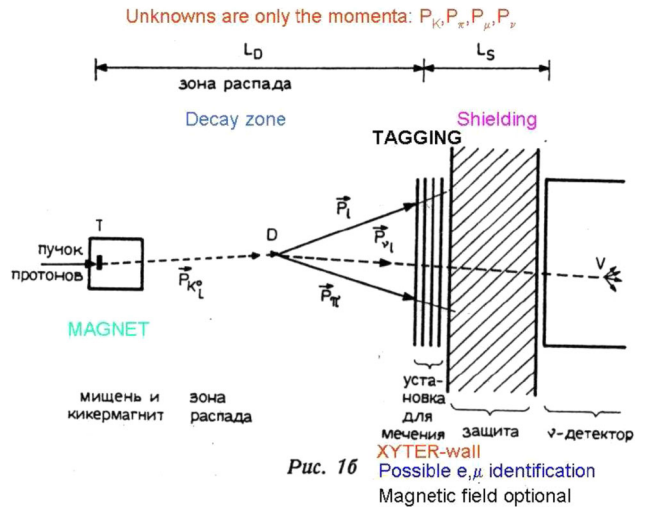


Рис. 16 Possible e, μ identification
Magnetic field optional

A nagy merőleges impulzusú jelenségekkel Gyuri a 70-es években kezdett el foglalkozni a világ első proton-proton ütközőnyalábos gyorsítóján (ISR), a CERN-ben Pierre Darriulat csoportjában. 1976-tól a hadronok kvarkszerkezetének vizsgálatán, az NA4-kísérletben Carlo Rubia csoportjában dolgozott. A kvarkgluon plazma kutatását az NA49-kísérletre épülő NA61-kollaborációban folytatta, amely tartalmazta a proton-proton és proton-atommag reakciók jobb megértését, különös tekintettel a korrelációkra, fluktuációkra és a nagy transzverzális impulzusú jelenségekre. A $p+p$, $p+A$, $A+A$ reakciók kezdeti szakaszában keletkező forró, sűrű, erősen kölcsönható kvarkanyagban a lefékezés már alacsonyabb energián is észlelhető.

Mivel az NA61-kísérletben a fluxust nem lehetett tovább növelni, a mérési eredményeket korlátozott statisztikával lehetett csak meghatározni. A FAIR-CBM-kollaboráció jóval több, ezer helyett 10^9 kölcsönhatást tervezett elérni másodpercenként 2014-re. Ezért a 2009-ben végzett szimulációt a CBM-detektor adatai alapján átdolgoztuk. Egy erősen párhuzamosított mozaiktrigger-algoritmust vezettünk be, amely lehetővé tette a transzverzális impulzus numerikus becslését $p+p$ és $p+A$ reakciókban 1–2,5 GeV/c energiatarományon. Ebből a munkából született eredményeket a *Computing of High Energy Conference*-en (2009) mutattuk be és 2010-ben publikáltuk.

Másik terület a Napból érkező *neutrínónyalábok detektálása* volt. A neutrínók oszcillációja bizonyítja, hogy van tömegük, de olyan kicsi, hogy a mai kísérleti technikával közvetlenül még nem mérhető. További rejtély, hogy mi a különbség a neutrínók úgynevezett töltöttáram- és semlegesáram-kölcsönhatásai között. Ennek vizsgálatára Gyuri egy újszerű kísérleti módszerre tett javaslatot. Az LHC-t a tervezettől eltérően fixtarget-üzemmódban javasolta működtetni, hogy úgynevezett taggedneutrínó-nyaláb jöjjön létre. Ez a világon egyedülálló neutrínónyaláb azon alapulna, hogy a bomlási csőben elbomló K_0 mezonok elektronneutrínó + pion, illetve müonneutrínó + pion

bomlások esetén online állapítaná meg a neutrínó típusát és energiáját a lepton + pion részecskepár rekonstrukciójával. Ezáltal azonosítani lehetne a Genfi-tó vizével kölcsönható neutrínók pontos paramétereit és egzaktul meg lehetne mérni, hogy a végállapotban milyen kölcsönhatások történtek. Ezek közül a kölcsönhatások közül kiválasztva a rugalmas neutronszórásokat, még fel lehetne fedezni az ízváltoztató semleges áramok (FCNC) létezését és méretét, ami a standard modellen túlmutató fizikára utalna. Az általunk végzett szimulációk szerint 1000 darab 7 TeV-es protonból egy ilyen tagged neutrínót lehetne előállítani. Ha 10^{12} proton jönne be másodpercenként, akkor 10^9 lepton-pion párt kellene rekonstruálni másodpercenként. Ez a rate pontosan megfelel annak az online triggerhozamnak, amelyet az előző CBM-es cikkben írtunk le, vagyis az a konstrukció itt is ideálisan alkalmazható. Ezen eredményt a *Workshop European Strategy for Future Neutrino Physics* rendezvényen mutattuk be, 2010-ben.

A kísérletnek két része van. Egyrészt a fent elmondott módon létre kell hozni a neutrínónyalábot, egyenként megjelölve a neutrínók típusát, energiáját és nanoszekundum pontossággal az indulás időpontját. A Genfi-tó vize szolgálna céltárgyként, amelyben több száz méteren keresztül fotoelektron-sokszorozók detektálnák a keletkezett elektronok Cserenkov-sugárzását. Az elektronok elektromágneses záport hoznának létre, amelyek analíziséhez felhasznált módszereket az előző, CBM-kísérletben publikált cikkben írtuk le (1. ábra).

Gyurit foglalkoztatta a mérési eszközök új módszereinek megvalósítása is. A nagy adatbázisok szekvenciális feldolgozása helyett egy új megoldást, az úgynevezett *NON-Neumann architektúra* bevezetését javasoltuk, amely FPGA-n hardverközeli programozással valósítható meg, kihasználva a probléma párhuzamosíthatóságát és az egyes elemek közvetlenszomszéd-kölcsönhatását, ami szükségtelemmé teszi a nagy adatmozgatást. Az így megvalósított célgép skálázható és újra konfigurálható. Ebből az eredményből született

cikket 2015-ben publikáltuk. Számos kérdés fogalmazható meg ilyen módon, mint például a biológiában a DNS-szekvenálás, az elméleti részecskefizikában a rács-QCD és a kvantumkémia bizonyos problémái. Elkészítettünk egy prototípust a DNS-szekvenálás implementálására Terasic DE1-SoC boardon egy Cyclone V chip felhasználásával, amelyet a cancúni *ReConfigurable Computing and FPGA* konferencián mutattunk be 2014-ben. A hardver megvalósításában *Kiss Tivadar* volt segítségünkre.

Kutatási munkánk során mintegy húsz új tudományos eredmény, számos cikk és konferencián megtartott előadás született, például IEEE (2011), CHEP (2012), MACS (2012), IZEST (2012), Wigner-111 (2013), GPU Technology (2013). Részt vettünk az EGEE (Enabling Grid for E-Science) projektben (2009–2011). Az NA49/61-kollaboráció megbeszélését 2012-ben az ELTE-n bonyolítottuk le. Az NA61-kollaborációval 14 cikkünk jelent meg.

A 10 év során többször előfordult, hogy egyéb feladataink miatt munkánkat csak megszakításokkal tud-

tuk továbbvinni, de mindig úgy váltunk el, amint lehet, folytatjuk. Közös kutatómunkánk sajnos 2015 ősztén megszakadt. Utolsó cikkünk 2015 decemberében jelent meg *Simple scalable nucleotic FPGA based short aligner for exhaustive rearch of substitution errors* címmel.

Gyuri és a diákság: a hallgatókkal kialakított munkakapcsolatát a közvetlenség jellemezte, a diákság számára „Veszter” volt. Mindenkivel nyitott, színes egyénisége a fiatalok érdeklődését is felkeltette. Rendszeresen új ötletekkel bombázta a hallgatókat, és aki képes volt vele tartani, azokkal időt nem kímélve foglalkozott. A kutatásban résztvevő diákoknak ösztöndíjat segített szerezni a CERN-ben és a GSI-ben, eleinte technical studentként, majd PhD-hallgatóként, végigkövette az egyes diákok sorsát az első eredményektől (TDK) a doktori fokozatig.

Gyuri iskolateremtő tevékenysége több generációnak adott lehetőséget, hogy eljuthassanak a tudományos élet különböző területeire, kipróbálhassák magukat és továbbvigyék ezt a szellemet, amit tőle örököltek.

RADIOAKTIVITÁS A LÉGKÖRBŐL

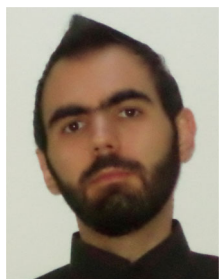
A csernobili baleset légköri viszonyainak újraszámítása

Nagy Attila, Horváth Ákos

Országos Meteorológiai Szolgálat
Siófoki Viharjelző Observatórium

Harminc évvel ezelőtt, 1986. április 26-án robbanástörtént az akkori Szovjetunió – ma Ukrajna – területén található Csernobil város melletti atomerőmű négyes blokkjában. Egy balul sikerült kísérlet során a reaktor instabillá és irányíthatatlanná vált, a fejlődő hő előbb

gőzrobbanást okozott, majd tűz keletkezett. A helyzetet súlyosbította, hogy az RBMK-1000 típusú reaktorban nagy mennyiségű grafitot használtak a láncreakció fenntartásához szükséges neutronlassításhoz. A több száz tonna grafit napokon keresztül magas hőmérsékleten égett, és május 6-ig több tonna anyag – köztük radioaktív elemek – került a légkörbe. A baleset lefolyásáról számos részletes leírás és elemzés készült, így hazai szakemberek is írtak röviddel a baleset után tanulmányokat [1, 2], illetve több kiadást megélt ismeretterjesztő könyvet az eseményről [3], továbbá áttekintő publikációk készültek a következményekről [4]. A súlyos szerencsétlenség kiváltója az ember volt, azonban a légkör is kivette részét a radioaktív anyagok terjedésében. Abban az időben az Országos Meteorológiai Szolgálat feladata volt a légköri radioaktivitás mérése, amelynek eredményei napjainkban is rendelkezésünkre állnak [5]. Ugyanakkor 30 év elteltével a meteorológia és a számítástechnika segítségével lehetőség nyílt arra, hogy a modern számítógépes modellek felhasználásával újraelemezzük az akkori időjárási helyzetet. Rendelkezésünkre állnak olyan terjedési modellek is, amelyekkel követni tudjuk a kibocsátott radioaktív anyagok mozgását, ülepe-



Nagy Attila 2010-ben szerzett az ELTE-n meteorológus diplomát. Azóta a Siófoki Viharjelző Observatórium munkatársa. Szakmai tevékenységei között leghangsúlyosabb a WRF mezoskálájú numerikus időjárás-előrejelzési modell fejlesztése, operatív alkalmazása a rövid- és ultrarövidtávú előrejelzési rendszerben és a számítások felügyelete az OMSZ szuperszámítógépén. A közeljövőben beadásra kerülő doktori értekezésének fő témája a modell viselkedésével kapcsolatos tapasztalatok rendszerezése.



Horváth Ákos 1984-ben végzett az ELTE meteorológus szakán, kandidátusi fokozatát 1992-ben szerezte meg. Szakmai területe a légköri mélykonvekció, szinoptikus és numerikus meteorológia, valamint az időjárási veszélyjelzés. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Siófoki Viharjelző Observatóriumának vezetője.

A szerzők köszönetet mondanak *Sükösd Csabának* a munkához nyújtott segítségért.