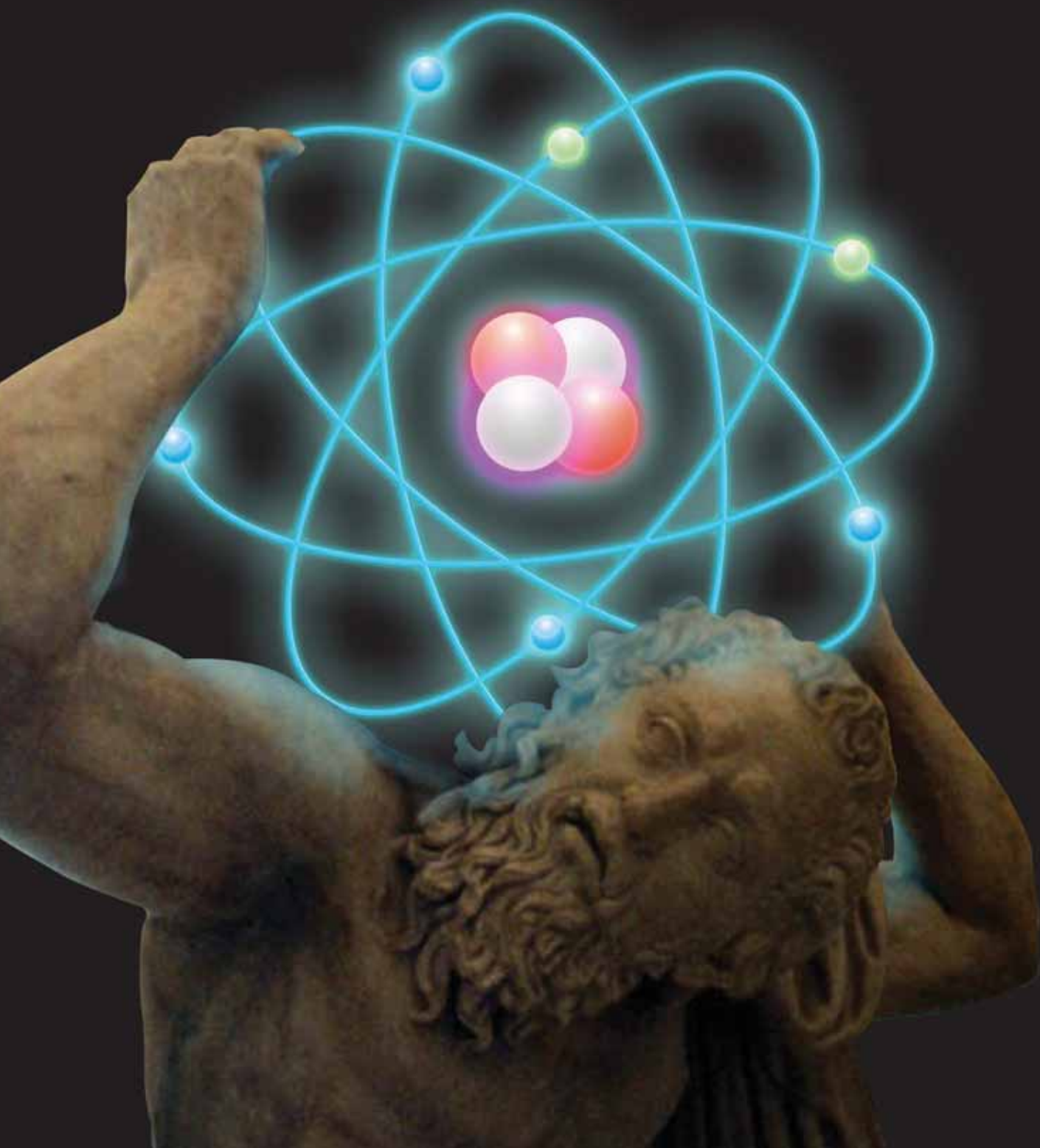


# Ruđer

Vol. 7, broj 09/10,  
rujan/listopad, 2006.



- 2 M. Jurin**  
Uvodnik glavnog urednika
- 3 I. Zamboni i S. Mićanović**  
OPERA- neutrinški eksperiment nove generacije
- 10 Opažanja jednog umirovljenika**
- 11 S. Szilner**  
Održan skup FUSION06 pod supokroviteljstvom Instituta «Ruđer Bošković»
- 13 In memoriam dr. sc. Zvonko Medunić**
- 16 In memoriam prof. dr. sc. Vera Gamulin**

U ovom broju početni položaj zauzima prilog naših budućih znanstvenih novaka Ivane Zamboni i Saše Mićanovića pod naslovom OPERA – neutrinški eksperiment nove generacije. Standardni model čestica i sila definira neutrine kao elementarne čestice bez mase i bez naboja, koji su slabom silom povezani s elektronom, mionom i tau leptonom. Međutim, noviji pokusi ukazuju da neutrini ipak imaju malu masu, a ta spoznaja je važna za razumijevanje Svemira, zapravo njegovog početka i evolucije, objašnjavajući premoć materije nad antimaterijom. Navedena problematika zahtijeva međunarodnu suradnju velikog broja znanstvenika iz niza institucija. Povezivanjem CERN-a u Švicarskoj s novouređenim Gran Sasso laboratorijem u Italiji ostvaren je, putem europsko-japanske suradnje, veliki projekt OPERA (Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus) u kojem surađuje 38 institucija iz 14 država. U proučavanjima navedene problematike uključeni su i znanstvenici Instituta «Ruđer Bošković» projektom «Masivni neutrini i astročestice», što ga financira MZOŠ. Dr. sc. Ante Ljubičić, dr. sc. Mario Stipčević, mr. sc. Krešimir Jakovčić, Branimir Zauner, dipl. inž., te od kraja 2005. godine Ivana Zamboni, dipl. inž. i Saša Mićanović, dipl. inž., doprinijeli su eksperimentu istraživačkim radom na elektronskim dijelovima detektora.

Znanstvenici našeg Instituta organiziraju sami ili u suradnji s onima iz drugih institucija niz međunarodnih skupova. Tako u ovom broju Ruđera dr. sc. Suzana Szilner piše o skupu FUSION06 održanom na otoku San Servolo u Veneciji od 19. do 23. ožujka 2006. godine, a uz institucije iz Francuske, Italije i Njemačke suorganizator i supokrovitelj bio je i Institut «Ruđer Bošković». FUSION06 je jedna u seriji konferencija posvećenih zbivanjima u atomskim jezgrama na energijama bliskim kulonskoj barijeri, a rad se je usredotočio na najnovija istraživanja u polju teškoionskih reakcija, a posebno na međudjelovanje

dinamike reakcije i strukture jezgre proučavane u binarnim reakcijama.

Javio nam se je i naš umirovljenik koji sjetno ukazuje na neopravdano bacanje stare opreme koja je još uvijek funkcionalna i poslužila je u brojnim istraživanjima. Pohvalio je «zatvoreni» dan Instituta na kojem su se okupili sadašnji i nekadašnji, sada umirovljeni, djelatnici.

Tužno je kad u Ruđeru pišemo o našim znanstvenicima koji su preminuli u naponu stvaralaštva. Dr. sc. Zvonko Medunić, znanstveni suradnik Zavoda za eksperimentalnu fiziku, podlegao je zloćudnoj bolesti krajem ljeta 2006. godine. U Institutu je radio samo šest godina, a u tom kratkom vremenu postao je cijenjeni znanstvenik u području razvoja i primjene IBIC (Iom Beam Induced Charge) metode.

Prof. dr. sc. Vera Gamulin iznenada je preminula u listopadu 2006. godine. Bila je, neosporno, jedna od ključnih osobnosti molekularne biologije u Hrvatskoj i cijeli svoj znanstveni rad, izuzev dvogodišnje specijalizacije na Sveučilištu Yale, ostvarila je u Institutu «Ruđer Bošković». Cijelo je vrijeme oduševljeno i strastveno proučavala strukturu različitih gena i njihove evolucijske odnose i svoje je znanje prenosila na mlade generacije.

U ovom su broju, naravno, uobičajene rubrike o kadrovskim promjenama u Institutu.

Želim vam ugodno čitanje te očekujem vaše priloge za Ruđer.

Glavni urednik



Mislav Jurin

Znanstveno glasilo  
**Instituta «Ruđer Bošković»**  
Bijenička c. 54, 10 002 Zagreb  
tel: +385 (0)1 4561 111,  
fax: 4560 084  
e-mail: [rudjer@rudjer.irb.hr](mailto:rudjer@rudjer.irb.hr)  
URL: <http://www.irb.hr>

Glavni urednik: *Mislav Jurin*  
Tehnički urednik: *Karolj Skala*

Uredništvo:  
*Dunja Čukman*  
*Kata Majerski*  
*Mladen Martinis*  
*Tvrtko Smital*  
*Jadranka Stojanovski*

Digitalna obrada i izvedba:  
*Institut Ruđer Bošković*  
*(R)evolucija*

ISSN 1333-5693  
UDK 061.6:5

Tisak: Kratis d.o.o.  
Izlazi dvomjesečno u nakladi  
od 600 primjeraka uz financijsku  
potporu Instituta Ruđer Bošković

ISSN 1333-5693



## OPIS NASLOVNICE

Standardni model čestica i sila definira neutrine kao elementarne čestice bez mase i bez naboja, koji su slabom silom povezani s elektronom, mionom i tau leptonom. Međutim, noviji pokusi ukazuju da neutrini ipak imaju malu masu, a ta je spoznaja važna za razumijevanje Svemira, zapravo njegovog početka i evolucije, objašnjavajući premoć materije nad antimaterijom.

(više na str. 3)

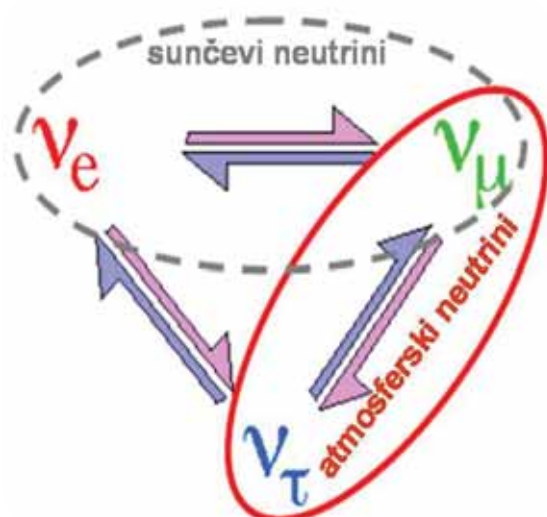


# Neutrinski eksperiment nove generacije

## OPERA

Prema Standardnom modelu čestica i sila neutrini su elementarne čestice bez električnog naboja i mase. U prirodi su dosad opažene tri vrste (tzv. vlastita stanja okusa) neutrina: elektronski ( $\nu_e$ ), mionski ( $\nu_\mu$ ) i tau neutrino ( $\nu_\tau$ ), koji su slabom silom povezani s elektronom, mionom i tau leptonom. Još krajem 50-ih godina prošlog stoljeća talijanski fizičar Bruno Pontecorvo je postavio hipotezu prema kojoj neutrini imaju svojstvo transformacije iz jedne vrste u drugu pri prolasku kroz vakuum ili tvar, što je utrlo put danas poznatom fenomenu neutrinskih oscilacija. Ta hipoteza, također, pruža rješenje dugopostojećem problemu manjka sunčevih i atmosferskih neutrina (Slika 1.).

Potvrđujući neutrinske oscilacije, nedavni eksperimenti su posredno pokazali da neutrini ipak imaju neisčezavajuće i nedegenerirane mase i



▲ PIŠU:  
Ivana Zamboni i  
Saša Mićanović

da su njihova stanja okusa, koja se vide u procesima slabe sile, superpozicija vlastitih stanja mase. Male mase neutrina su vrlo vjerojatno povezane s postojanjem

nove, do sada još neistražene, masene skale u fizici čestica. Te skale su toliko velike da njihovo direktno eksperimentalno mjerenje možda nikad neće biti moguće. Ipak, neutrini nam, iako posredno, pružaju uvid u veoma dragocjene podatke o tim skalama mase i

Slika 1. U posljednjem desetljeću je nekoliko ključnih eksperimenata sa sunčevim i atmosferskim (Super-Kamiokande, Kamiokande, MACRO, SOUDAN2), te reaktorskim i akcelerskim (K2K i MINOS) neutrinima doprinijelo izgradnji našeg današnjeg razumijevanja miješanja neutrina. Eksperimenti s reaktorskim neutrinima, CHOOZ i Palo Verde, su isključili  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  kao dominantan kanal miješanja u atmosferskom sektoru. Općenito su za velike kutove miješanja ustanovljene oscilacije između dvije različite skale mase  $\Delta m_{\text{atm}}^2 \equiv \Delta m_{32}^2 \sim 2.0 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$  i  $\Delta m_s^2 \equiv \Delta m_{21}^2 \sim 7.1 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$  [1].

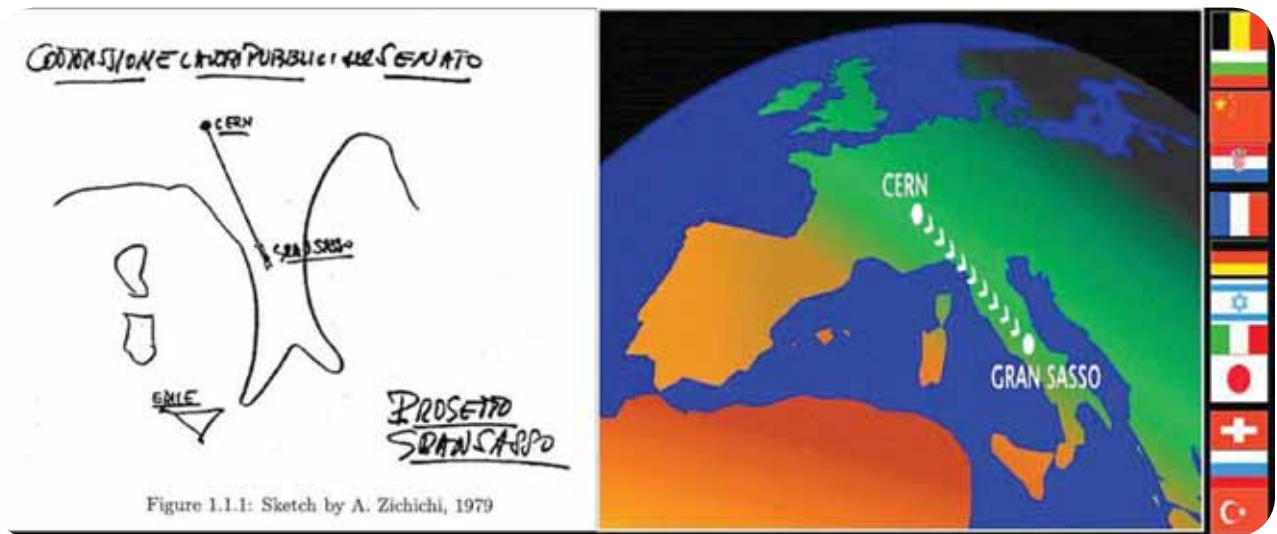


Figure 1.1.1: Sketch by A. Zichichi, 1979

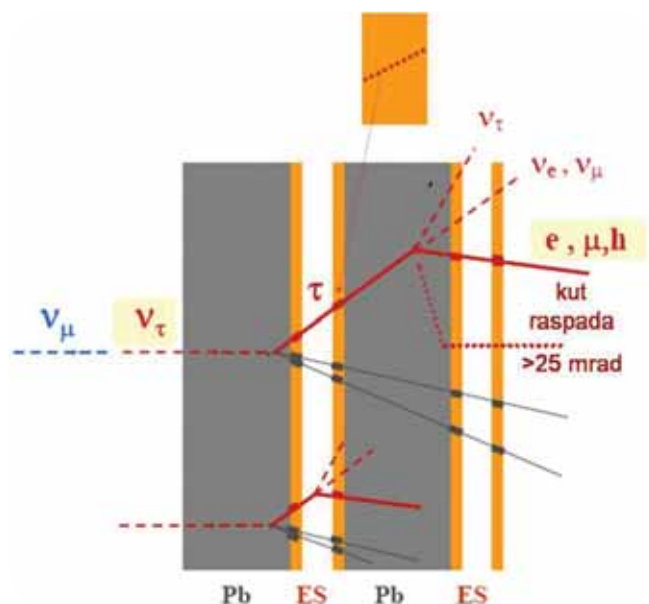
novoj fizici izvan Standardnog modela povezanij s njima. Konačno, možda baš oni drže ključ problema generiranja fermionskih masa. U prirodi se neutrini proizvode u brojnim fizikalnim procesima i obilato su zastupljeni u svemiru – oko milijardu neutrina na svaki proton. Tako otkriće da imaju masu, iako jako malu, može imati velike implikacije na razumijevanje našeg Svemira jer bi, objašnjavajući premoć materije u odnosu na antimateriju, bacilo svjetlo na njegov početak i evoluciju.

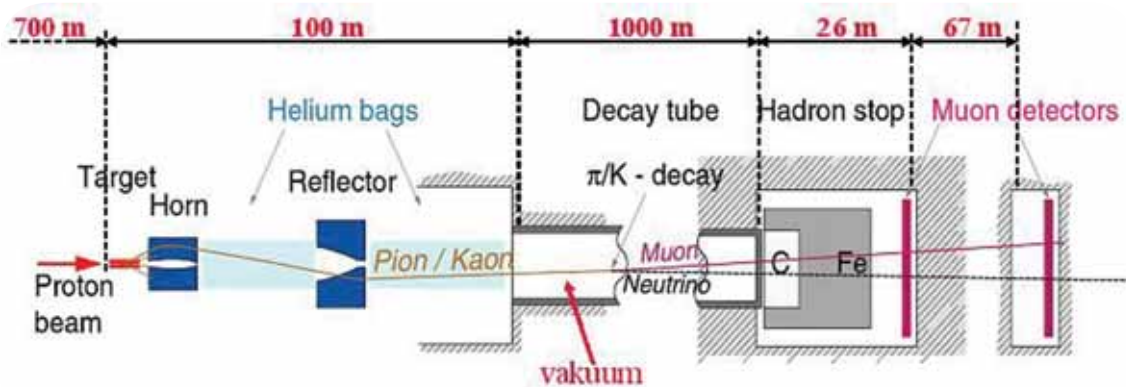
Unatoč mnogim uspješnim neutrinskim eksperimentima nestajanja, direktno opažanje pojavljivanja različitih neutrinskih okusa i dalje ostaje velik izazov. Još prije više od četvrt stoljeća rodila se ideja o long-baseline projektu koji bi povezivao CERN u Švicarskoj i, tada tek u planu, Gran Sasso laboratorij u središnjoj Italiji, pokrajina Abruzzo. Danas je LNGS (Laboratori Nazionali del Gran Sasso) dio talijanskog instituta za nuklearnu fiziku (INFN – Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) i, kako je smješten 1400 m ispod površine u proširenju lijeve cijevi na sredini 10 km dugačkog auto-tunela Rim-Teramo, predstavlja najveći podzemni laboratorij za fiziku na svijetu (Slika 2.). Konačno, u srpnju 2000. godine predložena je

Slika 2. CNGS (CERN Neutrinos to Gran Sasso) projekt predstavlja ostvarenje dugogodišnjeg sna o long-baseline neutrinskom projektu koji povezuje CERN i Gran Sasso, i ostvaren je kroz veliku europsko-japansku kolaboraciju OPERA (Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus), sastavljenu od 38 institucija u 14 zemalja.

OPERA, prvi na svijetu eksperiment pojavljivanja koji traga za  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$  oscilacijama u CNGS snopu u parametarskom području na koje, kao objašnjenje kutne ovisnosti nedostatka atmosferskih neutrina, ukazuje Super-Kamiokande. Nakon dugotrajne i tehnološki veoma zahtjevne izgradnje u kolovozu 2006. godine OPERA je napokon dobila prve neutrine s CERN-a. U OPERA kolaboraciji od samog početka sudjeluje i Institut Ruđer Bošković preko projekta

Slika 3. Primjer događaja u osjetljivom dijelu OPERA detektora načinjenom od 12 milijuna nuklearnih emulzija koje su s otprilike isto toliko olovnih pločica sastavljene u više od 200.000 ECC (Emulsion Cloud Chamber) cigli. Izdvojen dio predstavlja jedini mjerljiv trag  $\tau$  leptona, vidljiv ESS (European Scanning System) mikroskopima kao  $\sim 15$  zrna emulzije promjera oko  $0.6 \mu\text{m}$  na  $50 \mu\text{m}$  prijađenog puta. Tako se  $\tau$  čestica identificira nalaženjem njene karakteristične topologije raspada.





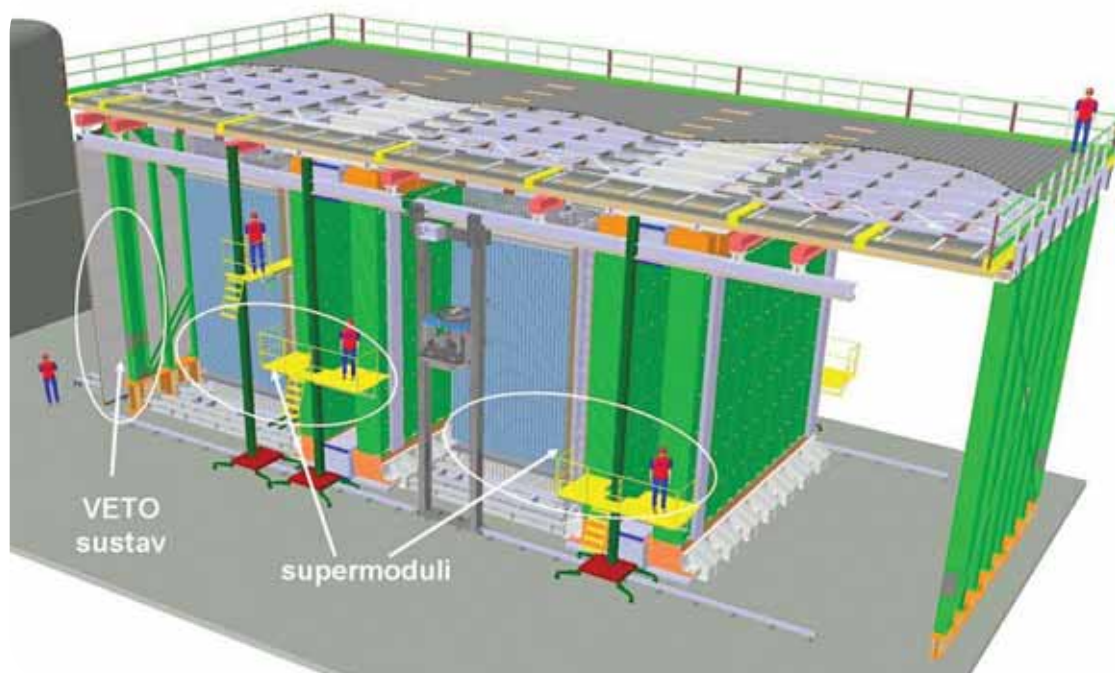
Slika 4. Shematski prikaz nastanka CNGS snopa

MZOŠ-a "Masivni neutrini i astročestice". Kroz taj projekt su dr. Ante Ljubičić, dr. Mario Stipčević, mr. Krešimir Jakovčić i dipl. ing. Branimir Zauner, te od kraja 2005. godine dipl. ing. Ivana Zamboni i dipl. ing. Saša Mićanović, doprinijeli eksperimentu istraživačkim radom na samom detektoru, posebice na njegovim elektronskim dijelovima koji uključuju RPC-e (Resistive Plate Chamber – otporna pločasta komora) i GRPC-e (Glass RPC – staklena otporna pločasta komora), uređaje koji imaju tendenciju potiskivanja scintilatora kao uobičajenog detektora nabijenih čestica.

Neutrini s materijom međudjeluju samo slabom silom i gravitacijom, pa je vjerojatnost njihove interakcije s tvari ekstremno mala. Zbog toga je, iako na površinu Zemlje pada  $6 \cdot 10^{10}$  neutrina u jednoj sekundi po  $\text{cm}^2$ , neophodno načiniti jako velik eksperimentalni uređaj da bi ih se detektiralo barem nekoliko na dan. Uz to, kako je neutrino čestica bez električnog naboja može se detektirati samo posredno preko tragova

nabijenih čestica koje nastaju u njegovoj interakciji s metom. OPERA je jedinstven eksperiment čiji je cilj opažanje tau neutrina u gotovo čistom  $\nu_\mu$  CNGS snopu.  $\nu_\tau$  u interakciji s OPERA detektorom, koji predstavlja olovnu metu tešku približno 1800 tona, proizvodi tau lepton popraćen mlazom hadrona. Zbog svog veoma kratkog vremena života,  $\tau$  prelazi tipične udaljenosti manje od 1 mm prije no što se raspadne u druge čestice, npr. mion i još dva neutrina. Stoga, da bi se u moru šuma mogao izdvojiti događaj koji je okarakteriziran prepoznatljivim lomom traga nabijene čestice tzv. – "kink-on" raspada (Slika 3.), detektor uz veliku masu mora imati i izuzetnu prostornu rezoluciju reda

Slika 5. Shematski prikaz OPERA detektora





Slika 6. Prikaz BAM postrojenja za izradu ECC cigli (lijevo) smještenog u podzemnom laboratoriju radi smanjena broja pozadinskih tragova koji dolaze od kozmičkih zraka i zračenja okoline. Desno je jedna od prvih cigli proizvedena u BAM-u. Može se uočiti bar kod (na vrhu) i matični kodovi (na bočnim stranama) koji predstavljaju svojevrstu osobnu iskaznicu cigle, te tako sadrže sve relevantne informacije o njenoj izradi. Naknadno se u evidencijsku bazu unose i podaci o umetanju cigle u OPERA detektor (vrijeme umetanja, položaj u detektoru itd.). Također, svaki ES u pojedinoj cigli ima svoje oznake: redni broj listića vidljiv golim okom i 54-bitni mikroskopski binarni kod koji povezuje listić s njegovom ciglom.

mikrona.

Vjerojatnost oscilacije između različitih vrsta ovisi o udaljenosti koju neutrini prijeđu i njihovoj energiji. Stoga, mogućnost upotrebe snopa umjetno stvorenih neutrina za koje je moguće odrediti energiju, vrstu ( $\nu_\mu$ ) i tok, omogućuje optimizaciju detekcije transformiranih neutrina ( $\nu_\tau$ ). Zraka mionskih neutrina proizvodi se na CERN-u na dubini od 100 m ispod površine, koristeći protone visokih energija (400 GeV) koji su ekstrahirani iz SPS akceleratora. Otprilike svake 3 sekunde,  $2.4 \cdot 10^{13}$  protona međudjeluje s metom načinjenom od 13 grafitnih cilindara, promjera nekoliko milimetara [2]. Produkt ovih interakcija je snop koji se djelomično sastoji od piona i kaona, nabijenih čestica kratkog vremena poluživota. Nakon fokusiranja pomoću dvije magnetske leće proizvedeni  $\pi^+$  i  $K^+$  se raspadaju duž tunela dugačkog 1 km, usmjerenog točno prema 732

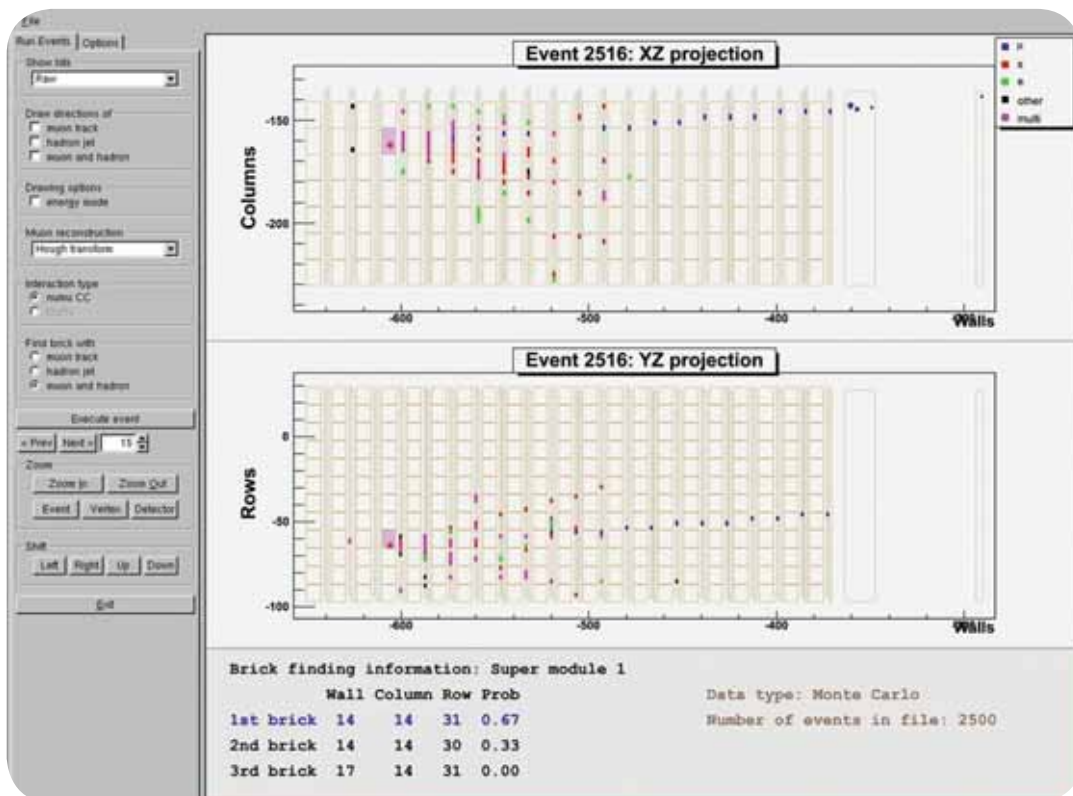
km udaljenom Gran Sasso, stvarajući pritom nabijene mione i neutrine koji nastavljaju dalje u praktički istom smjeru koji su imale čestice iz kojih su nastali (Slika 4).

Tako se dobije skoro potpuno čist snop mionskih neutrina (95%) prosječne energije 17.4 GeV s malim primjesama mionskih antineutrina (4%), te elektronskih neutrina i antineutrina (1%), dok je udio tau neutrina zanemariv. Dalje, neutrinski snop u 2 ms neometan dolazi do detektora u tunelu Gran Sasso i pritom, zbog zakrivljenosti Zemlje, doseže maksimalnu dubinu

od 11.4 km ispod površine. Na mjestu detekcije snop ima promjer od oko 2 km, te na detektor pada nekoliko milijardi neutrina dnevno. Uz nominalnu vrijednost CNGS snopa od  $4.5 \cdot 10^{19}$  protona na metu, godišnje se očekuje 6200  $\nu_\mu$  interakcija neutralnih (NC) i nabijenih (CC) struja, te 25  $\nu_\tau$  CC događaja za maksimalno miješanje u atmosferskom sektoru parametara ( $\Delta m_{23}^2 = 2 - 3 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$  i  $\sin^2 2\theta_{23} = 1$ ). Ako se uzme u obzir ukupna efikasnost detekcije tau leptona, eksperiment OPERA bi tijekom svog petogodišnjeg rada trebao skupiti 15-ak potpisa  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$  oscilacija s

Slika 7. ECC cigle se nakon proizvodnje u BAM-u skladište u tzv. bubanj (drum), u kojem se transportiraju do samog detektora. Tamo ih BMS izvlači iz bubnja i pomoću robota s vakuumskom sisaljkom (desno) smješta na njihovo mjesto u zidove supermodula.





Slika 8. Izgled jednog od programa za traženje ECC cigle s neutrinском interakcijom iz podataka dobivenih elektroničkim subdetektorima (TT, HPT i RPC/XPC).

pozadinom manjom od jednog događaja.

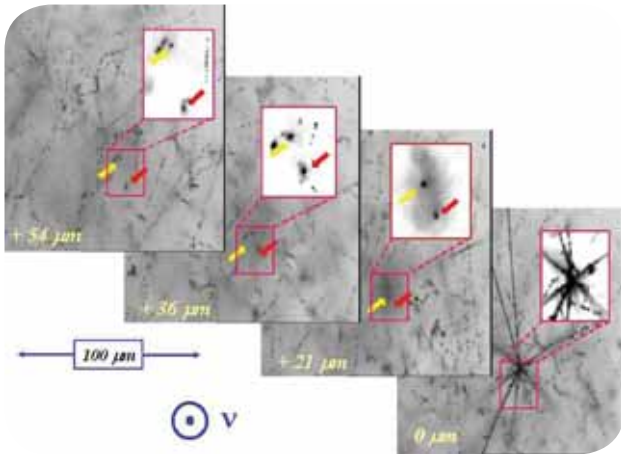
**O**PERA detektor čine dva supermodula i VETO sustav postavljen ispred njih. Jedan supermodul sadrži mionski spektrometar i 31 zid dimenzije  $7 \times 7$  m<sup>2</sup>, od kojih se svaki sastoji od 3328 ECC cigli i jednog sloja scintilatorskih traka (Target Tracker – TT) efektivne zrnatosti  $2.6 \times 2.6$  cm<sup>2</sup>. Svaka TT ravnina, koja služi kao uređaj za okidanje (trigger) s efikasnošću od 99 % i odabir cigle s neutrinском interakcijom (efikasnost pronalaženja prave cigle je 70-80 %), sadrži po 4 vodoravna i okomita modula, a svaki od njih 256 plastičnih scintilatorskih traka s optičkim vlaknima u središtu i fotomultiplikatorima kao čitačima na oba kraja. Mionski spektrometar se sastoji od dipolnog magneta, kojeg čine dva kraka ukupne težine 990 tona. Krak je sačinjen od 11 željeznih ploča, debljine 5 cm, magnetiziranih zavojnicom napajanom istosmjernom strujom, međusobno razmaknutih s 11 ravnina bakelitnih RPC-a dimenzija  $2.9 \times 1.1$  m<sup>2</sup>. Zajedno svih 924 RPC-a daju površinu detekcije od 3080 m<sup>2</sup>, a ukupni broj digitalnih kanala je oko 25.000, po jedan za svaku 2.6 cm široku okomitu i 3.5 cm široku vodoravnu traku (strip) RPC-a. U svrhu mjerenja impulsa miona i određivanja njegovog predznaka s visokom preciznošću,

ispred i iza, te između krakova magneta nalazi se po par ravnina aluminijskih driftnih cijevi (High Precision Tracker – HPT) vanjskog promjera 38 mm i duljine 8 m. Svaka od 6 ravnina jednog spektrometra sadrži 4 sloja s po 168 driftnih cijevi efikasnosti 99 % i prostorne razlučivosti 300  $\mu$ m. Radi daljnjeg poboljšanja kvalitete razlučivosti

mjerenja upadnih čestica, ispred magneta je postavljen dodatni par RPC-a s dijagonalnim stripovima, tzv. XPC. Ukupna učinkovitost spektrometra u identifikaciji miona je veća od 95 % [3].

**S**veukupno je predviđeno da detektor sadrži 206.336 ECC cigli, te tako predstavlja metu mase 1766 tona. Jedna ECC cigla, dimenzija  $10.2 \times 12.7 \times 7.5$  cm<sup>3</sup> i težine 8.3 kg, sastoji se od 57 AgBr emulzijskih listića (emulsion sheet – ES) razdijeljenih pločicama debljine 1 mm, koje su načinjene od slitine olova s malom primjesom kalcija radi poboljšanja mehaničkih svojstava. Budući da se radi o izuzetno velikom broju i zahtjevnim tehničkim specifikacijama, masovna proizvodnja cigli ne bi bila moguća bez BAM (Brick Assembly Machine) automatiziranog sustava (Slika 6.). Da bi se detektor ispunio u periodu od godine dana potrebno je postići brzinu izrade 2 cigle u minuti, dok je danas BAM tek na 10 % te vrijednosti. Cigle se umeću i, po potrebi, vade iz supermodula, pomoću BMS-a (Brick Manipulating System), još jednog automatiziranog sustava koji je postavljen s obje bočne strane detektora (Slika 7.).

**G**lavna posebnost emulzijskih filmova, nastalih suradnjom tvrtke Fuji i Nagoya grupe, u odnosu na obične fotografske filmove, je relativno velika debljina osjetljivih slojeva ( $44 \mu$ m) koji su zalijepljeni na obje strane  $220 \mu$ m debele plastične baze. U svrhu redukcije ukupne površine skeniranja, na stražnju stranu cigle u



Slika 9. Proces traženja verteksa interakcije skeniranjem unatrag

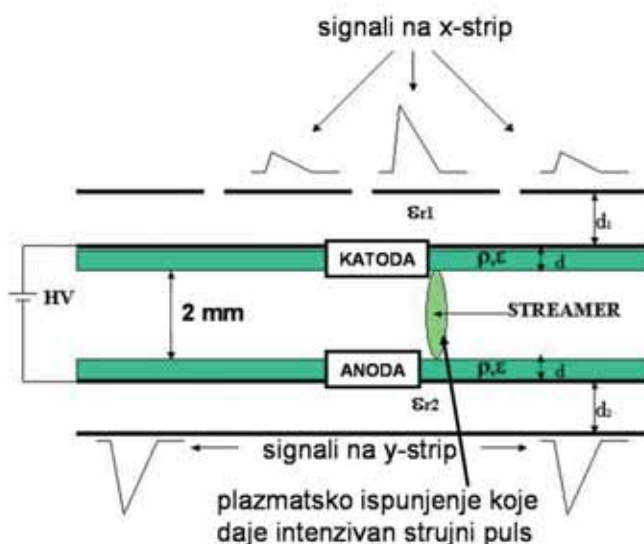
odnosu na smjer upada snopa, postavlja se promjenjivi emulzijski sloj (changeable sheet – CS) koji se može ukloniti bez otvaranja ostatka cigle, a označava se na isti način kao i običan ES. Nabijena čestica iz neutrinske interakcije u cigli prolazi kroz njen CS i okida TT scintilatore. Slijedeći takav trigger, pomoću posebno razvijenog programskog paketa OpSoft predviđa se položaj te cigle (Slika 8.), te je BMS vadi iz detektora. Radi poravnjanja CS-a s njemu najbližim listićima, izvađena ECC cigla se izlaže kratkotrajnom i intenzivnom snopu x-zraka. Zatim se CS razvija i šalje na skeniranje u nadzemni dio LNGS-a. U slučaju nepostojanja indikacija za neutrinsku interakciju u cigli, CS se posebnim procesom obnavlja i zajedno sa svojom ciglom vraća natrag u detektor. S druge strane, ako CS ukazuje na mogućnost postojanja događaja,

cigla se, prije otvaranja, na jedan dan izlaže kozmičkom zračenju radi boljeg poravnjanja emulzijskih listića u njoj, a potom se oni razvijaju u crnoj komori, u procesu sličnom razvijanju običnih fotografskih filmova.

Svaki listić se dalje, u nekom od specijaliziranih laboratorija OPERA kolaboracije diljem Europe i Japana, zasebno skenira sustavom automatske mikroskopije (ESS i S-UTS). Informacije dobivene analizom CS-a koriste se za točno određivanje položaja tragova u donjim slojevima cigle, u tzv. procesu traženja verteksa skeniranjem unatrag (Slika 9.). Uz potpuno ispunjen detektor ciglama i nominalnu vrijednost intenziteta CNGS snopa, očekuje se ekstrakcija 30 cigli dnevno, pa analiza u stvarnom vremenu (real time) zahtjeva brze automatske mikroskope koji rade kontinuirano s brzinom skeniranja od 20 cm<sup>2</sup> po satu. Međutim, efikasnost automatskog skeniranja emulzijskih filmova iznosi 82-90% ovisno o laboratoriju i sustavu kojeg koriste, pa je uvijek neophodna dodatna ljudska provjera radi odbacivanja lažnih tragova.

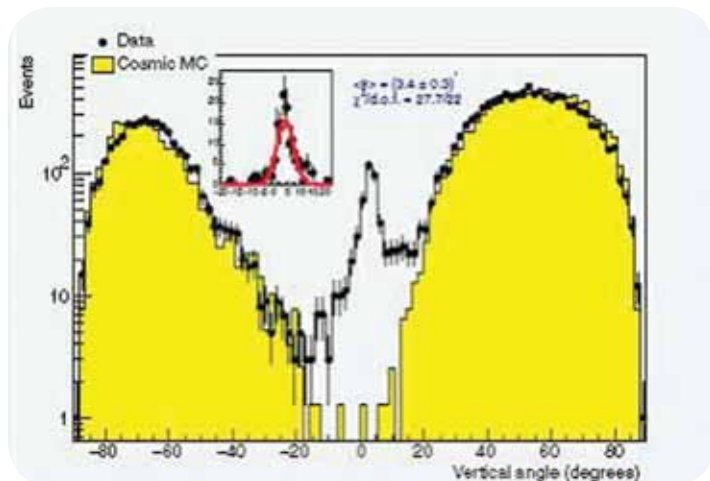
Razlikovanje miona nastalih međudjelovanjem neutrina sa stijenama i betonom oko detektora i onih nastalih u samom OPERA detektoru čini VETO sustav. Osim odbacivanja lažnih tragova, on promatra i CNGS snop preko količine miona u njemu. Sastoji se od dvije ravnine GRPC-a, tj. njih ukupno 64. Radi maksimalne geometrijske učinkovitosti u svakoj liniji smještena su 3 GRPC-a dimenzija 2594x1123 mm<sup>2</sup> i 1 GRPC od 2194x1123 mm<sup>2</sup>. GRPC je detektor nabijenih čestica načinjen od dvije staklene ploče, čiji je konstantni razmak od 2 mm postignut kružnim plastičnim razdjeljivačima promjera 1 cm koji su međusobno udaljeni 20 cm. Konstantnost tog razmaka je od izuzetne važnosti za efikasnost samog detektora

jer osigurava jednoliko raspodijeljeno električno polje između dviju ploča. Na staklene ploče je nanijet otporni sloj boje, a tako dobivene elektrode su spojene na visoki napon od 3,5-4 kV svaka, što detektor čini jednim velikim kondenzatorom. Prostor između elektroda je napunjen točno određenom smjesom plinova, tzv. standardnom mješavinom za streamer mod: argon 38%, tetrafluoretan (freon) 57%, SF<sub>6</sub> 1% i izobutan 4%. Kada upadna čestica ionizira plin između



Slika 10. Shematski prikaz rada GRPC-a





Slika 11. Kutna raspodjela mionskih događaja (iz CNGS snopa i kozmičkog zračenja) zabilježena elektroničkim detektorima (crne točke na slici). Žuti histogram prikazuje Monte Carlo simulaciju kozmičkog zračenja koje pada na detektor odozgo. Izdvojen dio predstavlja kutnu raspodjelu događaja sinkroniziranih s dolaskom CNGS snopa, opisanu Gaussovom raspodjelom (crvena linija) i centriranom oko  $3.4^\circ$  u odnosu na vodoravnu os OPERA detektora, što je u skladu s očekivanjima.

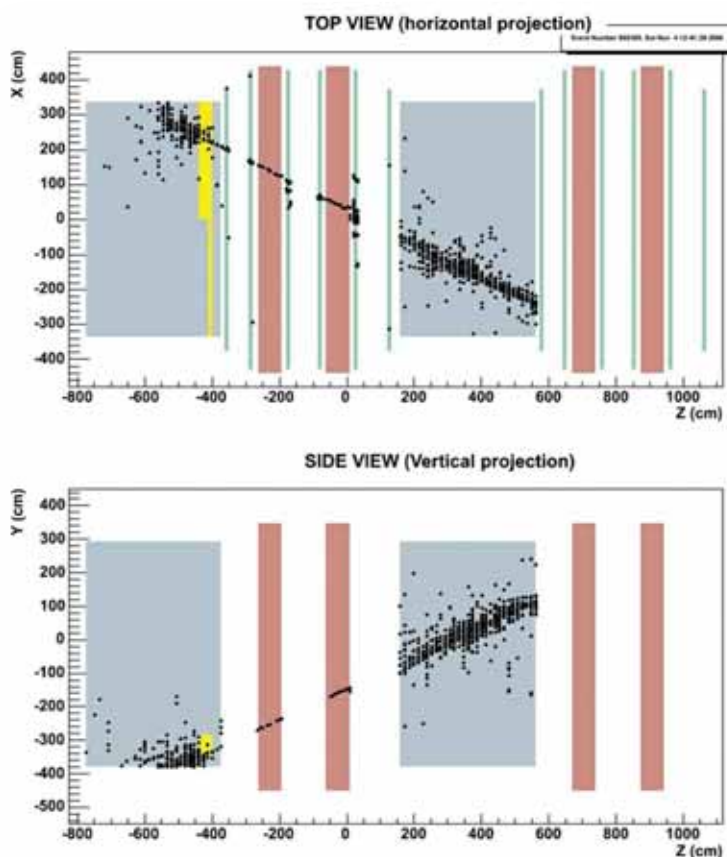
elektroda javlja se lavinski izboj. Ako je električno polje dovoljne jakosti lavina doseže kritičnu vrijednost ( $\sim 10^8$  elektrona za plemenite plinove) i generira tzv. streamer, tj. intenzivan strujni puls (Slika 10.).

Zbog velikih tehnoloških problema pri ostvarivanju zadanih specifikacija olovnih pločica u ciglama, tijekom run-a u kolovozu 2006. u detektoru nije bilo mete, već su se podaci o CNGS snopu prikupljali samo s elektroničkim subdetektorima. Njihova vremenska sinkronizacija međusobno, i s CNGS snopom, napravljena je pomoću GPS-a (Global Positioning System). Tako su događaji iz zrake identificirani prema GPS vremenu brzih ekstrakcija protona u SPS-CERN ubrzivaču. Postignuta je relativna CERN-LNGS usklađenost GPS vremena bolja od 100 ns. U 12 dana zabilježeno je 319 događaja, što je u okvirima predviđenih 300 za dani integrirani intenzitet od  $7.6 \cdot 10^{17}$  protona na metu (Slika 11.) [3]. Za vrijeme run-a u listopadu iste godine postignut je značajan napredak u izradi ECC cigli, te ih je u zidove prvog supermodula bilo umetnuto oko 1000. No, zbog neočekivanog kvara na reflektoru (jedna od magnetskih leća) CNGS postrojenja, snop je u Gran Sasso dolazio svega jednu noć. U tom kratkom periodu skupljeno je 28 događaja, od koja za tri postoji predviđanje da se

interakcija dogodila u blizini umetnutih cigli (Slika 12.). Cigle su izvađene i daljnja analiza skeniranjem je u tijeku.

Sada, ususret sljedećem run-u koji je u planu za jesen 2007. godine, cijela OPERA kolaboracija je u užurbanim pripremama oko optimizacije detektora i u velikom iščekivanju prve potvrde  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$  oscilacija.

Slika 12. Prikaz jednog događaja (crne točkice) u OPERA detektoru (plavo TT, žuto umetnute ECC cigle, smeđe RPC/XPC, zeleno HPT).



Reference:

- [1] R. N. Mohapatra et al., Theory of Neutrinos, [hep-ph/0412099](http://hep-ph/0412099)
- [2] CNGS projekt: <http://proj-cngs.web.cern.ch/proj-cngs/>
- [3] OPERA projekt: <http://operaweb.web.cern.ch/operaweb/index.shtml>
- [4] R. Acquafredda et al (Opera kolaboracija), First events from the CNGS neutrino beam detected in the OPERA experiment, *New J. Phys.* 8 (2006) 303

# OPAŽANJA JEDNOG UMIROVLJENIKA (3)

Vrijeme prolazi, Institut se mijenja, zaposlenici odlaze u mirovinu i sve je više novih "faca". To je dobro jer donosi svježiu "krv" u često već učmale institutske prostore. No čini mi se da ta nova "krv" donosi i neke nove običaje i načine rada koji odudaraju od onoga što su starije generacije provodile. Tako se sada bez prisutnosti korisnika prostora ulazi u laboratorije, deložira i devastira, pa i krade oprema, ono što se proglasi "starom kramom". Iako se navodno ulazi u prostor uz "blagoslov" predstojnika zavoda tu nešto ne štima, u komunikaciji i organizaciji. Ipak mora se osigurati prisutnost korisnika prostora i opreme, u suprotnom valjda ni policija ne provodi deložiranje. A ta stara oprema je doduše amortizirana, ali još je ispravna i iskoristiva. Možda je i objavljivanje monografije o ciklotronu nekoga potaknulo na takve akcije. Mlađe generacije nisu svjesne koliko je posla i znanstvenih radova napravljeno u ona, za nabavku opreme finansijski teška vremena, s opremom koja je već bila knjigovodstveno otpisana. Nije pravilo kupiti novi instrument i ne iskoristiti ga a i to se danas dešava, no svakako prije treba baciti sve staro da ne bude kontraargumenta o potrebi nove nabavke. Nadam se da će nadležni organi u Institutu reagirati da se ovakve stvari ubuduće ne dešavaju.

Stara tema, spomenik Nikoli Tesli, još uvijek je aktuelna. Spomenik je "otišao". U svemu tome dobro je to da je

ostao u našem vlasništvu što je na njemu i naznačeno; dan je gradu samo u posjed, nešto slično nekadašnjem terminu "korištenja" nečijeg vlasništva. No dobro je i to da će sada spomenik biti izložen javnosti ali doduše po mnogima, na neadekvatnom mjestu.

Spomenuli smo, monografija o ciklotronu konačno je ugledala svijetlo dana. Bilo je i subjektivnih i objektivnih okolnosti zašto je to tako dugo trajalo. Jedna od njih je da je prva verzija bila preobimna pa je odlučeno da se ona skрати. No to nije jednostavan posao pogotovo kad se stalno pronalaze novi materijali pa i skraćena verzija stalno "buja". Kažu neki u Institutu, ovi starci nemaju što pametnije raditi pa pišu povijest. A i ti neki će jednom ostariti!

Kao što ste vidjeli monografija je izdana Ku domaćoj "režiji" i to je najbolje kako može izgledati. I ovako košta 85 kuna po primjerku. Čuli su se već prigovori kako je to neugledno, nereprezentativno, sve u svemu nije dobro. Nažalost tu smo gdje jesmo. Za nekih 15.000 kuna možemo to pretvoriti u nekoliko stotina primjeraka prave brošure. U ovoj besparici čekaju se zainteresirani financijeri, možda oni nezadovoljni sadašnjim izgledom monografije. A svatko zainteresirani može si u međuvremenu dati kopirati nove primjerke, u našoj Fotokopiraoni, jasno uz naplatu.

Nastavak na str. 14

# Održan skup FUSION06 pod supokroviteljstvom Instituta «Ruđer Bošković»

Stranica konferencije: [www.lnl.infn.it/~fusion06/](http://www.lnl.infn.it/~fusion06/)

**M**eđunarodna konferencija FUSION06 održana je na otoku San Servolo u Veneciji, od 19. do 23. ožujka 2006. godine. Glavni organizator konferencije čelna je talijanska ustanova za nuklearnu fiziku Istituto Nazionale di Fisica Nucleare s pridruženim laboratorijima Laboratori Nazionali di Legnaro i Sezione di Napoli, te sveučilištima u Padovi i Torinu.

**U**z prestižne vanjske, Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt iz Njemačke i Institut de Recherches Subatomiques (IReS), Strasbourg iz Francuske, suorganizator i supokrovitelj skupa je i Institut Ruđer Bošković. Konferencija se odvijala u prostorima Međunarodnog Sveučilišta Venecije namijenjenog kulturnoj i znanstvenoj suradnji. FUSION06 je jedna u seriji konferencija posvećenih zbivanjima u atomskim jezgrama na energijama bliskim kulonskoj barijeri. Prethodna, FUSION03, održana je u Matsushimi u Japanu.

**K**onferencija FUSION06 usredotočila se na najnovija istraživanja u polju teškoionskih reakcija, a posebno na međudjelovanje dinamike reakcije i strukture jezgre proučavane u binarnim reakcijama. Različiti procesi, kao što su fuzija, fisija, neelastično pobuđenje i reakcije prijenosa nukleona snažno su povezani na energijama oko kulonske barijere. Najnoviji eksperimentalni uređaji i sofisticirani teorijski modeli danas nam omogućavaju proučavati sve relevantne procese istodobno, te evaluirati njihov međusobni odnos i utjecaj.

**K**onferenciji je prisustvovalo više od 120 sudionika iz različitih svjetskih laboratorija, instituta i sveučilišta. Najveći broj sudionika bio je iz zemlje domaćina,

---

Fotografija otoka San Servolo, te dio organizacijskog odbora, L. Corradi (INFN-LNL), S. Szilner (IRB) i D. Ackermann (GSI).



Italije, a jednu trećinu predstavljali su sudionici iz evropskih zemalja. Od izvanevropskih zemalja, veliki odziv pokazale su zemlje Sjeverne Amerike, Brazil, Australija, te Japan. Veliki interes za dano područje istraživanja vidi se i kroz značajan broj primljenih sažetaka od kojih je samo oko 50% moglo biti izabrano za usmenu prezentaciju (ukupno je održano 80-tak seminara). Vrlo nam je drago da su i grupe nuklearne fizike s Instituta Ruđer Bošković imale svoje predstavnike u usmenim prezentacijama, raspravljajući o najnovijim rezultatima o postojanju nuklearnih molekula i mjerenjima izazvanim radiokativnim snopovima. Zbornik radova konferencije bit će objavljen

u seriji zbornika Američkog Instituta za Fiziku, a knjiga sažetaka uređena je i umnožena na našem institutu.

Uspjeh konferencije možda se najbolje može mjeriti preko nekoliko prijavljenih zemalja kandidata (SAD, Kina, Francuska i Rusija) za organizaciju sljedeće konferencije, FUSION09. Nadamo se da će nastavak naših istraživanja dovesti do novih zanimljivih rezultata koje ćemo na sljedećoj konferenciji predstaviti.

Suzana Sziler



#### **Došli u Institut tijekom rujna 2006. godine:**

Ivan Grabar, Rajko Horvat, Alan Jović dipl. inž. računarstva, Petar Marendić dipl. inž. računarstva, Aleksandra Pikić dipl. bibliotekar.

#### **Otišli iz Instituta tijekom rujna 2006. godine:**

Oliver Franković dipl. inž. kemije, dr. sc. Zvonko Medunić (preminuo)

#### **Izbori u zvanja tijekom rujna 2006. godine,**

znanstveni suradnik: Branka Mihaljević, Tomislav Radić  
viši znanstveni suradnik: Borislav Kovačević, Dragica Fuks  
znanstveni savjetnik: Nevenka Bihari

#### **Disertacije izrađene u Institutu i obranjene tijekom rujna 2006. godine.**

Ana Fröbe: Serotoninski (5HT-2) receptor i njegov glasnički sustav: istraživanja receptorske kinetike i unutarstaničnog kalcija u uvjetima promijenjene homeostaze serotonina, voditeljica L. Čičin-Šain, obrana 07. 09. 2006.

#### **Magistarski radovi izrađeni u Institutu i obranjeni tijekom rujna 2006. godine.**

Sonja Bec: Izvještavanje o alarmima u Riječnom informacijskom sustavu, voditelji Z. Skocir, I. Ružić, obrana 27. 09. 2006.

#### **Diplomski radovi izrađeni u Institutu i obranjeni tijekom rujna 2006. godine.**

Sanja Bašić-Markota: Aktivnost dopamin beta-hidroksilaze u plazmi oboljelih od alzheimerove bolesti, voditeljica D. Muck-Šeler obrana 19. 09. 2006.

Petra Brbora: Trombocitni serotonin u psihijatrijskih bolesnika ovisnika o alkoholu, voditeljica N. Pivac, obrana 19. 09. 2006.

Rade Garić: Utjecaj dušikovih spojeva na izlučivanje proteina i topivih fenola u embriogenoj kulturi bundeve (Cucurbita pepo L.), voditelj S. Mihaljević, obrana 20. 09. 2006.

Željka Hruškar: Učestalost mutacije 35delG gena GJB2 u oboljelih od nesindromskog oblika gluhoće, voditeljica J. Pavelić, obrana 21. 09. 2006.

Sanela Šimić: Učinak mutacije sbcB15 i delsbCB na rekombinacijski popravak molekule DNA kod recBC mutanata bakterije Escherichia coli; voditeljica K. Zahradka, obrana 22. 09. 2006.

Eva Šatović: Skraćivanje telomera u kontroli rasta ljudskih fibroblasta u uvjetima in vitro, voditelj I. Rubelj, obrana 21. 09. 2006.

Vinko Toševski: Uspostava trajne kulture tumorskih stanica ekspresijom gena za telomerazu, voditeljica S. Levanat, obrana 22. 09. 2006.

#### **Došli u Institut tijekom listopada 2006. godine:**

Iva Jušinski dipl. inž. kemije, dr. sc. Ivica Kopriva, Jadranka Radić dipl. inž. biologije, Teuta Skorin dipl. inž. biologije, Irena Stipetić dipl. inž. kemije.

#### **Otišli iz Instituta tijekom listopada 2006. godine:**

Dr. sc. Vera Gamulin (preminula), Igor Križan, Josip Kurek, Ana-Marija Sulić dipl. inž. biologije.

#### **Izbori u zvanja tijekom listopada 2006. godine,**

znanstveni suradnik: Vlado Cucelić  
znanstveni savjetnik: Sanja Kapitanović

#### **Diplomski radovi izrađeni u Institutu i obranjeni tijekom listopada 2006. godine.**

Gordana Nedić: Polimorfizam monoamino oksidaze tipa b u bolesnika s posttraumatskim stresnim poremećajem, voditeljica N. Pivac, obrana 27. 10. 2006.

## In memoriam Dr. Zvonko Medunić, znanstveni suradnik (1963-2006)

Nakon teške, zloćudne bolesti, na samom kraju ljeta 2006. godine napustio nas je prerano i zauvijek naš dragi prijatelj, Zvonko Medunić, znanstveni suradnik u Laboratoriju za interakcije ionskih snopova, Zavoda za eksperimentalnu fiziku.

Zvonko Medunić rođen je 1963. godine u Oriovcu. Nakon završene gimnazije u Slavonskom Brodu, dolazi u Zagreb gdje upisuje studij fizike na Prirodoslovno- matematičkom fakultetu. Diplomski rad koji je obranio 1988. uveo ga je u područje

sintezom novih tipova supravodičkih materijala a posebice oksidnih keramika. Na Prirodoslovno- matematičkom fakultetu doktorirao je 1998 s temom "Svojstva sintetičkog minerala murdochita i drugih faza Cu-Pb-Ag-O sustava".

Zainteresiran novim mogućnostima koji su mu se pružile dolaskom na Institut Ruđer Bošković početkom 2000. Zvonko Medunić hrabro mijenja svoje znanstveno područje. Kao pravi eksperimentalac sa

svojim velikim iskustvom u istraživanjima fizike materijala, s lakoćom savladava sve njemu tada nove akceleratorne tehnike, te ubrzo otvara nekoliko novih smjerova primjena metoda nuklearne fizike u karakterizaciji materijala.

Najoriginalniji eksperimenti koje je osmislio i proveo, bazirali su se na njegovoj ideji da se poluvodiču ohlađenom na niske temperature pune zamke ionima iz ionskih snopova. Korištenjem fokusiranog snopa na mikroprobi, zamke su punjene na točno određenim pozicijama ispitivanog uzorka. U svojim prvim mjerenjima na tu temu, Zvonko Medunić je pratio vremensku ovisnost odziva IBIC (Ion Beam



eksperimentalnog istraživanja visokotemperaturnih supravodiča, područje kojim će se baviti sljedećih 12 godina. Prvo zaposlenje pronašao je u Elektrotehničkom institutu Rade Končar, no ubrzo odlazi u tvrtku AVAC (1992.) gdje se kao suradnik dr. Danijela Đureka bavi

Induced Charge) signala. Na taj su se način pratili relaksacijski mehanizmi i brzina nosilaca naboja u području koje se ozračuje. U kasnijim eksperimentima, mjerena je struja koja nastaje postupnim grijanjem i oslobađanjem naboja iz prethodno ozračenih dijelova

uzorka. To je omogućilo mikroskopsko praćenje prostorne distribucije energijskih nivoa zamki u ispitivanom poluvodiču.

**N**akon svojih predavanja na osmoj i devetoj ICNMTA konferenciji (International Conference on Nuclear Microbeam Technique and Applications) održanoj u Takasakiju 2002. i Dubrovniku 2004. (gdje je i gost izdavač Zbornika radova u časopisu Nuclear Instruments and Methods), Zvonko Medunić je u kratkom vremenu postao cijenjeni znanstvenik u području razvoja i primjene IBIC metode. Uz objavljenih tridesetak znanstvenih radova i sudjelovanje u radu i organizaciji znanstvenih skupova, Zvonko je bio i glavni istraživač na projektu Međunarodne agencije za atomsku energiju. Nekoliko mjeseci prije nego se razbolio postao je i mentor znanstvenog novaka.

**K**ao čovjek koji najradije radi rukama, osmislio je i konstruirao nekoliko eksperimentalnih sustava na komorama za raspršenje, a prije svega na komori ionske mikroprobe. Šetajući se danas po eksperimentalnim halama akceleratora naići ćemo na mnogo toga što je osmislio Zvonko, a što se i danas rutinski i uspješno koristi od strane mnogih istraživačkih grupa iz Hrvatske i svijeta. Sjećamo se i niza zajedničkih eksperimenata sa Zvonkovim dobrim prijateljem Prof. Ettore Vittoneom iz Torina, kada su se tek navečer, nakon cjelodnevnog napornog rada, počeli dobivati oni pravi rezultati. Također ćemo se rado sjetiti i njihovih beskrajnih razgovora o fizici i životu, posebno na banketu ICNMTA konferencije u Cavtatu prije dvije godine.

**I**tako tek sada postajemo svjesni koliko je velika bila Zvonkova uloga u našem Laboratoriju ne samo kao izvrsnog eksperimentalnog fizičara već i kao čovjeka i prijatelja, na kog smo svi u svakom času zaista mogli računati. Skroman i tih, ali zato oštrouman, u prekratkome prolasku kroz Ruđer, jer bio je s nama svega 6 godina, Zvonko je postao jedan od glavnih kotača u timskom znanstvenom radu Laboratorija. I premda po prirodi skeptik, nikad dovoljno zadovoljan s postignutim rezultatima, bio je svojevrsan pokretač težnjama prema izvrsnosti - tom danas tako često korištenom terminu. Svi ćemo se složiti da je Zvonkovo mjesto u znanstvenom istraživanju koje je sam tako hrabro gradio ostalo zauvijek prazno.

Milko Jakšić

Nastavak sa str. 10

**K**oncem 2006. godine imamo još jednu obljetnicu, pedesetgodišnjicu puštanja u pogon starog neutronske generatora u II. krilu, prvog nuklearnog akceleratora na Institutu. Nadamo se da će se i taj događaj obilježiti na sličan način, jednom malom brošuricom. Na tome se već radi.

**A**na kraju nekoliko riječi o "zatvorenom" danu Instituta, koji je zamijenio ono što smo nekad zvali piknikom. Mislim da je bilo dobro, organizacija dobra a i odziv je bio dobar, možda posljedica uplaćivanja simboličke "rezervacije" za domjenak čiji je smisao bio ne toliko u naknadi troškova nego naprosto u evidenciji broja učesnika, kako bi i nesudionici sportskih i zabavnih sadržaja, pa i penzioneri, mogli prisustvovati događanjima. Vidjeli smo interesantna sportska natjecanja, a naročito je bilo veselo na nogometnim utakmicama naših dama. Međutim bili smo ugodno iznenađeni kvalitetom njihove igre. Još malo pa će oni koji danas igraju nogomet na Institutu imati problema s njima i na tom polju! A na koncu vidjeli smo i čuli kako tko "pjeva", mislim karioke! Eto, bilo je ugodno i zabavno a i ukusno, mislim na jelo.

**D**olazi ljeto i godišnji odmori. Ne mogu Vam zaželjeti ugodan odmor kad će ova kolumna možda izaći tek na jesen a možda i dogodine. Stoga samo do čitanja, idući puta.

Vaš umirovljenik

kao eksperimentalnog sistema. Njena dugogodišnja suradnja i prijateljstvo s prof. Werner E. G. Müllerom sa Sveučilišta Johannes Gutenberg u Mainzu dovela su do značajnih otkrića kao npr. potvrđivanje teorije o kasnom postanku introna kojom se tvrdi da su pra-geni imali neprekinutu sekvencu DNA. Također su svojim rezultatima dokazali monofiletsko porijeklo taksonomske skupine Animalia. Za rezultate zajedničkog rada na morskim spužvama Veri i Werneru je 1996. pripala godišnja nagrada Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, a Veri je 2002. godine dodjeljena i Državna nagrada za znanost za doprinos razvoju molekularne biologije u Hrvatskoj.

**J**a sam imala sreću susresti Veru 1983., neposredno po njenom povratku s Yale-a i raditi s njom u istom laboratoriju u IRB-u tijekom sljedećih osam godina. Sve nas, svoje mlađe kolege u ondašnjem Laboratoriju za biosintezu, Vera je «zarazila» oduševljenjem za tehnologiju rekombinantne DNA, te nas počela učiti kako klonirati i sekvencionirati gene, i potom kompjuterski analizirati dobivenu sekvencu. To je bio Verin pionirski projekt, rađen u izuzetno teškim uvjetima i neimaštini tijekom ekonomske krize osamdesetih godina. Budući je kloniranje i sekvencioniranje bilo vezano uz korištenje radioaktivnih izotopa cijelo vrijeme smo kršili pravila o biološkoj sigurnosti radeći sve pokuse u standardnom laboratoriju bez specijalne zaštite, ali takav stil rada je bio tipičan za Veru koja je obožavala izazove i uzbuđenja. Čak smo uspjeli i organizirati mali laboratorij namjenjen isključivo sekvencioniranju, te smo 1989. objavili i prvu sekvencu DNA napravljenu u Hrvatskoj. Sekvencioniranje je rađeno na instrumentu koga su izradili domaći, uglavno ruđerovski majstori po Verinim uputama i uz njezin strogi nadzor.

**Z**nanje i tehnike koje sam u tom razdoblju naučila od Vere omogućili su mi da tijekom poslije-doktorskog usavršavanja u Njemačkoj budem ravnopravna ili čak nadmoćna u tehničkom znanju u odnosu na kolege s kojima sam zajedno radila, a koji su dolazili iz puno bogatijih sredina i uglednijih institucija. Velika je Verina zasluga bila što je neumorno gurala razvoj molekularne biologije na IRB-u uvodeći nove metode i tehnike, a upravo to nam je omogućilo da održimo korak sa svijetom u ovoj modernoj disciplini koja se je izuzetno brzo razvijala. Kada danas gledam na to razdoblje sa udaljenosti od 20 godina mogu sa sigurnošću reći da smo bili jako sretni što smo tada uz

sebe imali Veru koja je svojom ogromnom energijom, entuzijazmom i strašću obilježila jedno važno razdoblje naših karijera i za mnoge od nas bila najdojmljiviji i najvažniji učitelj kojega smo ikad imali.

**V**erin zanos i ljubav prema znanosti kao i želja da unaprijedi rad u Zavodu za molekularnu biologiju nisu bljedili s godinama. Strasno je zagovarala uspostavljanje Servisa za sekvencioniranje DNA koji je konačno osnovan 2004. godine kao prvi u Hrvatskoj. Imala je puno planova za budućnost, a u posljednje vrijeme je bila zaokupljena organizacijom i koordinacijom velikog znanstvenog programa koji okuplja veći broj grupa s različitih institucija u Zagrebu. Također je stalno brinula i ulagala veliki napor za unapređenje visokoškolskog obrazovanja u području molekularne biologije, te je zagovarala zajedničku nastavnu aktivnost IRB-a i Sveučilišta u Zagrebu. Kao član Nacionalnog vijeća za visoko obrazovanje neumorno je radila na poboljšanju kvalitete i organizacije doktorskih studija, naglašavajući uvijek veliku važnost obrazovanja za razvoj i napredak znanosti.

**V**era je bila društvena, rado je komunicirala s ljudima, uvijek je bila spremna na vođenje znanstvenih rasprava pri čemu joj je njena široka naobrazba bila od velike pomoći, te je bila izuzetno dobro obavještena o najnovijim znanstvenim dostignućima. Uvijek sam bila zatečena njenim poznavanjem najnovijih tehnologija u području molekularne biologije, brzim zapažanjima i dubokom inteligencijom. Njena otvorenost, iskrenost i poštenje su bili gotovo legendarni i poznati svim njenim kolegama i prijateljima u Hrvatskoj i u inozemstvu.

**S**vima nama u Zavodu za molekularnu biologiju će nedostajati Verin humor, njene male dalmatinske priče i hvarske dogodovštine, nagla i nepredvidiva narav. Sastanci i domjenci našeg Zavoda neće više biti isti, Verinu mediteransku strast i ljubav prema životu ćemo teško nadomjestiti. Na svoj tipični, nagli način, Vera nas je iznenadila po posljednji put ne ostavivši nam ni najmanju mogućnost da joj pokažemo koliko smo je cijenili, koliko nam je bila važna ne samo znanstveno i stručno, već kao dragi prijatelj koji nas je učio i savjetovao, ali i uveseljavao i zabavljao kroz dugi niz godina.

## In memoriam

### Prof. dr. sc. Vera Gamulin (1948-2006)

Iznenadna smrt Vere Gamulin 12. listopada 2006. godine doživljena je kao veliki udarac u hrvatskim molekularno-biološkim krugovima, a osobito među njenim bliskim kolegama i prijateljima u Institutu Ruđer Bošković. Vera je neosporno bila jedna od ključnih osobnosti u molekularnoj biologiji u Hrvatskoj u posljednjih 25 godina, a njena cjelokupna znanstvena karijera je bila vezana uz IRB, od zaposlenja 1972.



godine pa sve do prerane smrti. Na IRB-u je prošla sve stepenice znanstvene karijere, do izbora u znanstvenu savjetnicu 1998. godine.

Vera je prva u Hrvatskoj prepoznala važnost tehnologije i metodologije rekombinantne DNA koja se pojavila sedamdesetih godina prošlog stoljeća otvorivši velike mogućnosti analize strukture i funkcije gena, kao i njihove manipulacije. Vođena silnom ambicijom, znatiželjom i strašću da nauči novu tehnologiju Vera odlazi početkom osamdesetih godina na Sveučilište Yale, u grupu profesora Dieter Söll-a gdje kao poslijedoktorski student radi na karakterizaciji gena za tRNA i na proučavanju reakcije aminoaciliranja tRNA. Dvogodišnji boravak na Sveučilištu Yale je u velikoj mjeri označio ostatak njene znanstvene karijere, tijekom koje je cijelo vrijeme oduševljeno i strastveno proučavala strukturu različitih gena i njihove evolucijske odnose. Po povratku u IRB, glavni znanstveni interes joj je bilo proučavanje gena za rRNA u industrijski važnim bakterijama roda *Streptomyces*, te konstrukcija bifunkcionalnih ekspresijskih vektora. Plazmid pZG1 je bio prvi rekombinantni ekspresijski vektor konstruiran u Hrvatskoj i objavljen 1988. godine. Kasnije, tijekom devedesetih godina, Verin znanstveni interes se više okreće prema molekularnoj evoluciji uz korištenje morskih spužava