

## Raport de faza privind implementarea proiectului 127TE din 15/09/2020

„Detectori de rezoluție înaltă având la bază scintilatori plastici cu senzori optici compacti pentru aplicații de tomografie miuonică” - **HERO**

### Etapa I - Caracterizarea fluxului de muoni

#### Activitatea 1.1 Măsurarea fluxului de muoni în condiții controlate (Partea 1)

Razele cosmice secundare sunt compuse în principal din muoni, electroni și fotoni. Deși muonii au o durată medie de viață de 2  $\mu$ sec atunci când se dezintegrează în repaus, aceștia călătoresc, de obicei, cu o viteză apropiată de viteza luminii, ducând altitudinea medie pentru formarea muonilor care sunt detectați la nivelul mării la 14 km, datorită faptului că particulele care se deplasează cu o viteză apropiată de viteza luminii experimentează o dilatare masivă a timpului, așa cum arată Teoria Generală a Relativității.

Numărul în continuă creștere de aplicații de tomografie miuonică a condus la construirea de detectori din ce în ce mai sofisticati. Detectorul SiRO (acronim pentru SiPM Read-Out muon detector) a fost dezvoltat la IFIN-HH pentru a măsura și reconstrui traiectoriile muonilor incidenti, având la bază bare din plastic scintilator cu fibre optice inserate, citite cu fotodiodele de tip SiPM (MPPC-Multi Pixel Photon counter) și o elektronikă de achiziție a datelor foarte rapidă. Este format din 6 straturi de detecție, montate pe un cadru mecanic, un rack cu elektronikă de front-end, o sursă de alimentare și un PC pe care este instalat software-ul de achiziție. Cele 6 straturi sunt grupate în 3 perechi, așezate într-o stivă. Fiecare pereche, cu straturile plasate apropiat unul de celălalt, formează un plan de detecție care va interacționa cu particula incidentă, dezvăluind punctul de intersecție în coordonatele X-Y. Pentru determinarea traiectoriei muonului sunt necesare cel puțin 2 astfel de perechi de straturi. Detectorul SiRO a fost conceput pentru a utiliza 3 astfel de plane pentru a putea distinge o traiectorie validă în cazul în care 2 sau mai mulți muoni sosesc în același timp, sau dacă alte particule depun energie în detector în același timp cu muonul de interes.

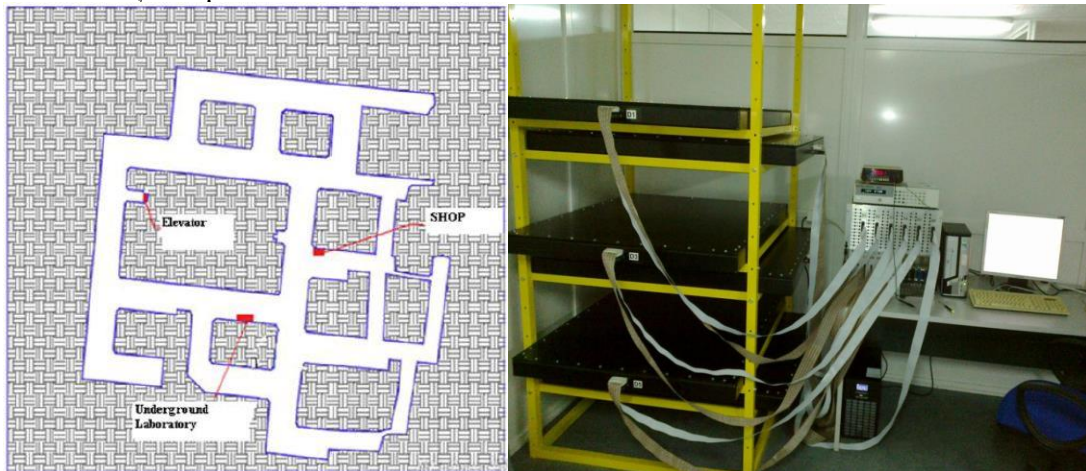


Fig. 1 Stanga - Schita minei Unirea, cu amplasamentul laboratorului subteran al IFIN-HH;  
Dreapta - Detectorul SIRO montat în laboratorul subteran din mina Unirea

Folosind detectorul SiRO, doua seturi de masuratori au fost efectuate, un set in cadrul laboratorului subteran de la Slanic si celalalt in mina Praid. Datele adunate in aceasta campanie de masuratori vor fi utilizate, impreuna cu cele ce vor fi stranse in campania din etapa urmatoare, in vederea efectuarii analizei propuse in cadrul acestui proiect.

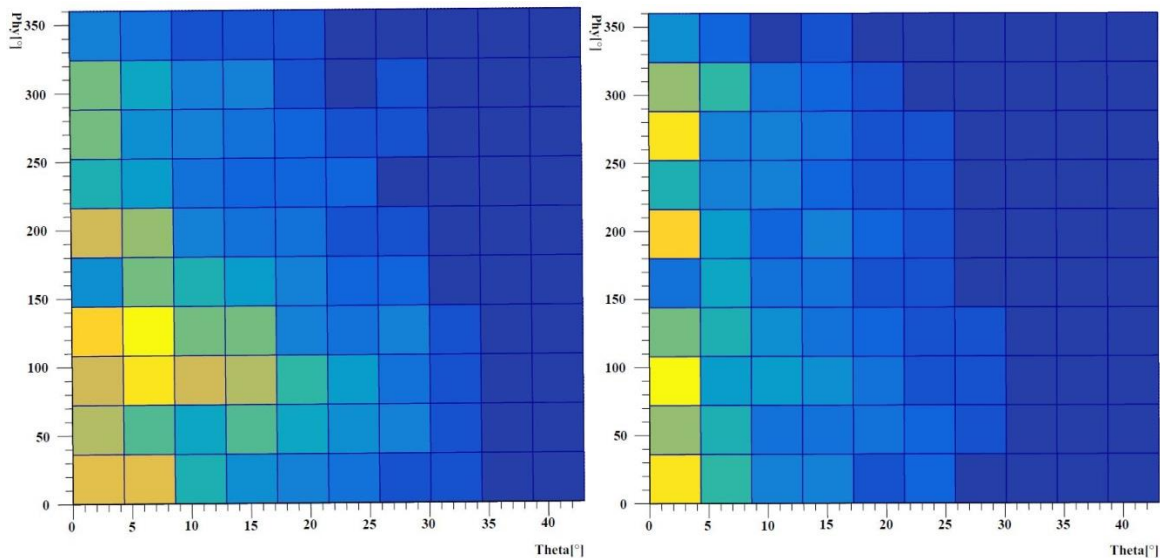


Fig. 2 Stanga - Distributia dupa  $\theta$  si  $\varphi$  a directiei de sosire a miuonilor in punctul de masurare din mina Unirea, Slanic Prahova (6020 de evenimente valide); Dreapta - Distributia dupa  $\theta$  si  $\varphi$  a directiei de sosire a miuonilor in punctul de masurare din mina Praid (52820 de evenimente valide analizate)

### Activitatea 1.2 Caracterizarea fluxului de miuoni

Descrierea cat mai exacta a fluxului de miuoni la nivelul marii este extrem de importanta pentru aplicatiile de tomografie miuonica.

Un prim pas in acest sens, parametrizarea a fluxului miuonilor cosmici in intervale unghiulare si de energie cat mai mici, a fost dezvoltata. Aceasta parametrizare va fi folosita pentru crearea unei rutine software care sa genereze aleator miuoni in conformitate cu fluxul natural al miuonilor la nivelul marii. Acestia vor fi apoi folositi pentru simularea interactiei cu materialele de interes si cu detectorii utilizati prin intermediul platformei Geant 4.

In vederea dezvoltarii acestei parametrizari, fluxul masurat al radiatiei cosmice primare (Fig. 3) a fost trecut prin CORSIKA (COsmic Ray SIMulation for Cascade, un soft Monte-Carlo pentru simularea si generarii si propagarii Cascadelor de particule secundare in atmosfera). A fost calculata astfel distributia dupa unghi si energie a fluxului miuonilor secundari. Aceasta distributie a fost impartita in 7 intervale unghiulare, obtinandu-se parametrizarea din figura 4.

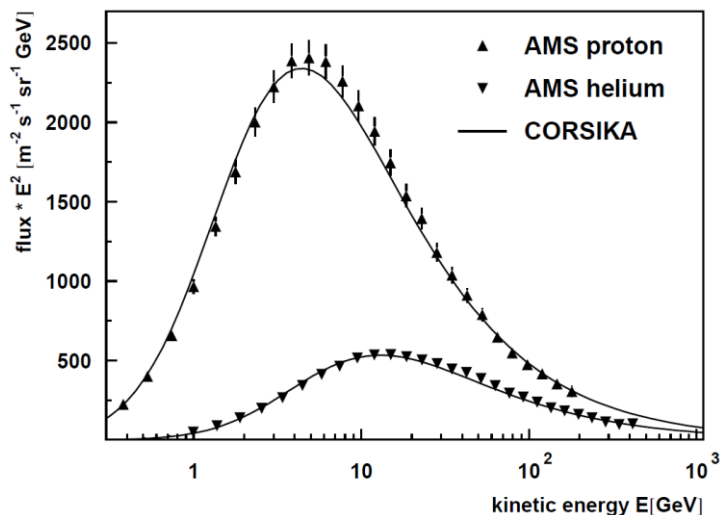


Fig. 3 Spectrul protonilor si al Heliului din cadrul radiatiei cosmice primare asa cum au fost masurate in cadrul experimentului AMS

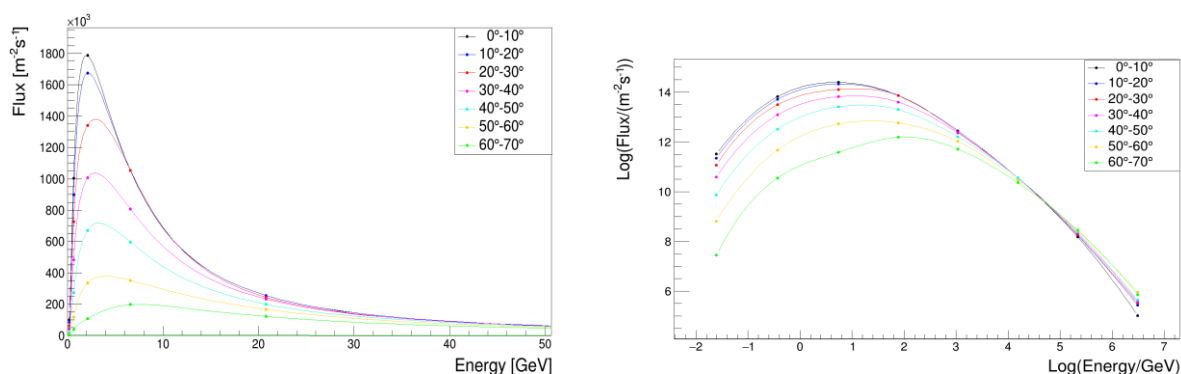


Fig. 4 Parametrizarea fluxului de miuoni ai radiatiei cosmice secundare dupa energie si directie de sosire

## Concluzii

In vederea strangerii de date necesare analizelor prevazute in etapele urmatoare, masuratori extinse ale fluxului direction al miunilor cosmici au fost intreprinse atat in Laboratorul subteran al IFIN-HH din mina Unirea, Slanic Prahova, cat si in mina Praid. Rezultatele sunt in deplina concordanta cu realitatea din teren.

De asemenea, de o importanta vitala pentru aplicatiile de muografie este descrierea cat mai exacta a fluxului miunilor cosmici la nivelul marii, in acest sens fiind realizata parametrizarea acestui flux in 7 intervale unghiulare.

Activitatile prevazute in cadrul acestei etape au fost realizate cu succes.

Director de proiect,  
Dr. Denis-Iulian Stanca