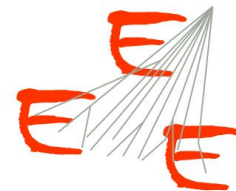




Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

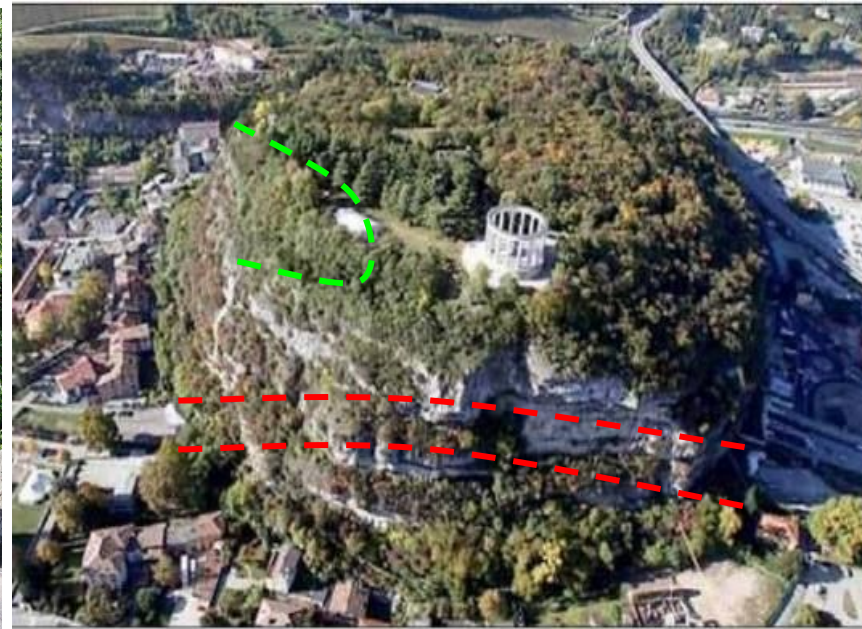
**TIFPA**

# Progetto Cosmic-Box Liceo “Da Vinci” Trento



Extreme  
Energy  
Events  
Science inside Schools

## Caratterizzazione del fondo di muoni nelle “Gallerie Piedicastello”



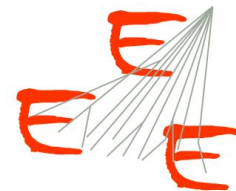


Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

**TIFPA**

Interesse di INFN, UniTN, FBK sul calcolo quantistico @ TN

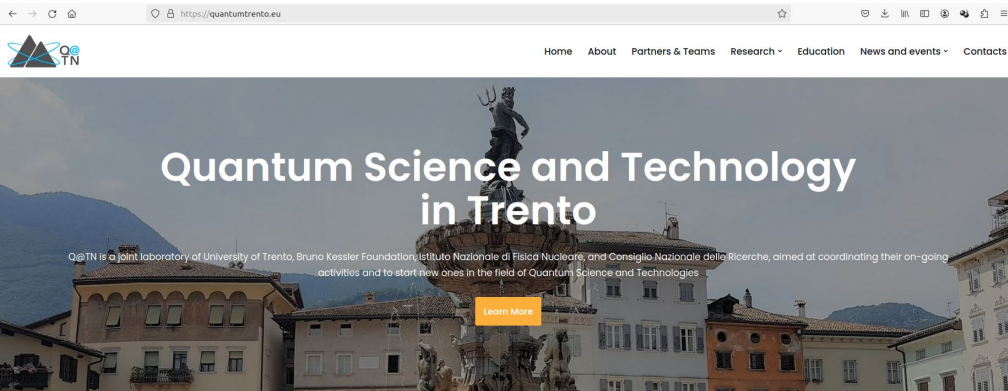
## La motivazione scientifica:



Extreme  
Energy  
Events  
Science inside Schools

Le Gallerie di Piedicastello:

- antico tunnel della tangenziale
- ospitano le mostre del Museo Storico Trentino
- sono site a 12 min a piedi dalla stazione FS
- impermeabilizzate, dotate di luci, servizi, internet
- 100 m di copertura rocciosa, interessanti per esperimenti che necessitano basso fondo di muoni



# le Scienze

edizione italiana di Scientific American

12 marzo 2024

## I raggi cosmici causano fino a un sesto degli errori dei computer quantistici

di Manon Bischoff/Spektrum der Wissenschaft

F. Nozzoli INFN-TIFPA





Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

**TIFPA**

## I detector utilizzati:



2 Costruiti @ INFN-TIFPA:  $30 \times 25 \text{cm}^2$

1 Cosmic-Box fornita da EEE:  
 $15 \times 15 \text{cm}^2$   $h=19 \text{cm}$   
(configurazione telescopica)



Notata la presenza di falsi contatti  
cercando di avvicinare gli scintillatori  
la cosmic box “si blocca”



Tutti i detector  
erano alimentati  
a batterie



Detector: TIFPA0  
“Telescopico”  
4 pads  $30 \times 25 \text{cm}^2$   
ognuna letta da 1 PMT  
Distanza Pad1-4 = 30cm  
Fondo:  $< 2$  eventi/h



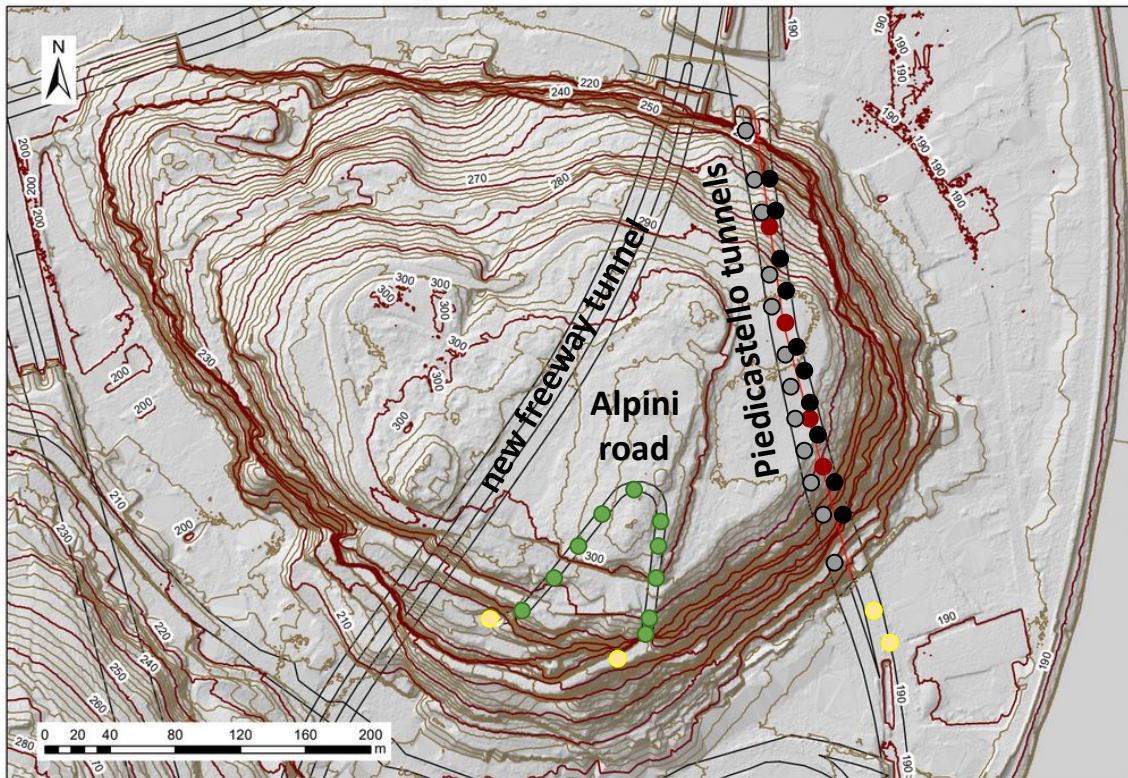
Detector: TIFPA1  
“Ampia  
Accettazione”  
2 pads  $30 \times 25 \text{cm}^2$   
ognuna letta da 2 SiPM  
sovrapposte  
Fondo:  $< 2$  eventi/h



Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

**TIFPA**

## Le sessioni di misura:



**7 sessioni di misura: 14:00-18:00**  
**16/2-29/2-01/3-14/3-17/3-26/3-11/4**  
**40 postazioni di misura testate.**

**Per ogni sessione si raccolgono:**  
**2 verifiche in ingresso e 2 in uscita nei punti:**  
**-esterna nel piazzale**  
**-sotto la tettoia di cemento Galleria Bianca**

**Questo permette di quantificare/correggere**  
**le variazioni di guadagno durante la sessione**  
**di misura e tra le diverse sessioni di misura**  
**misurando i rapporti dentro/fuori.**

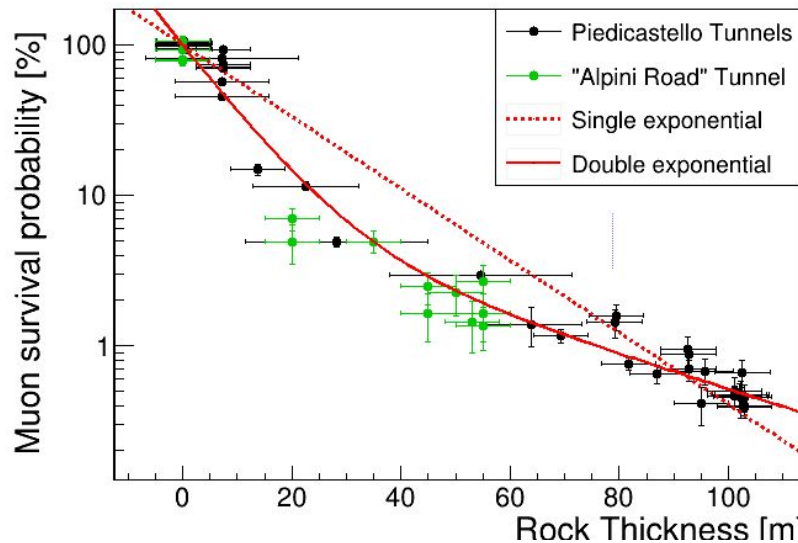
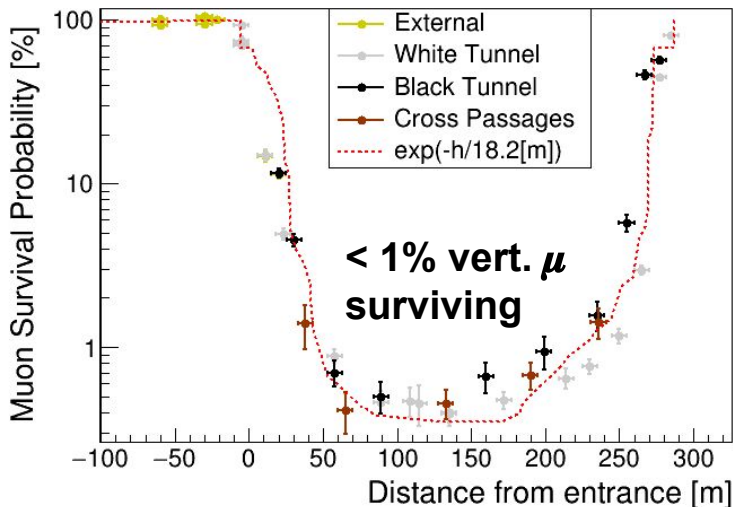
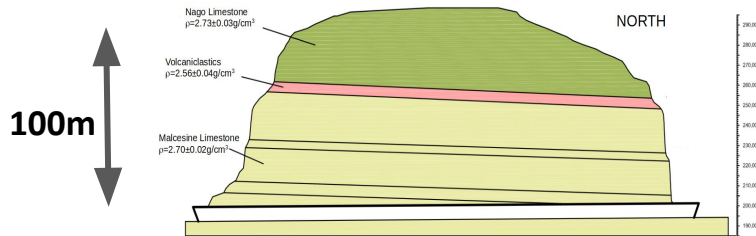
**Verificato il fondo dei detectors TIFPA0/1 nel**  
**punto più profondo disassando i piani**  
**(nessun evento osservato in mezz'ora)**



Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

TIFPA

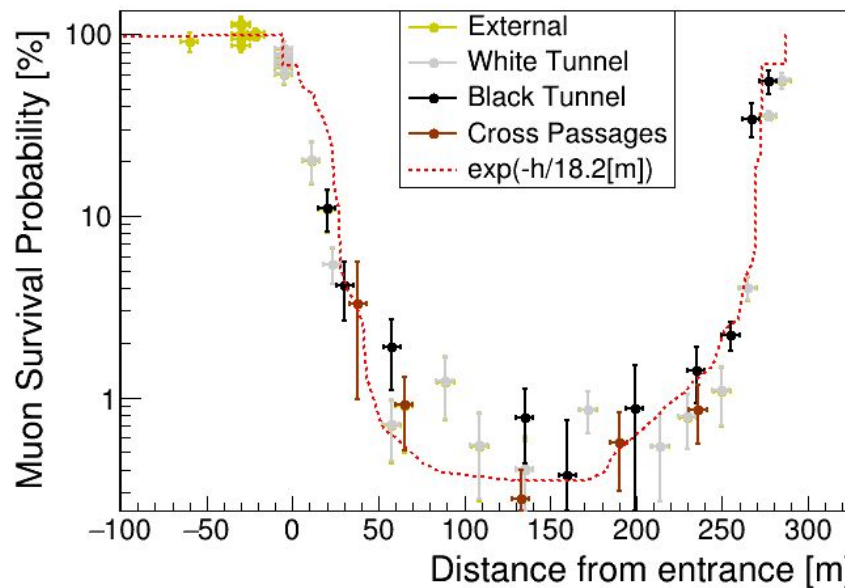
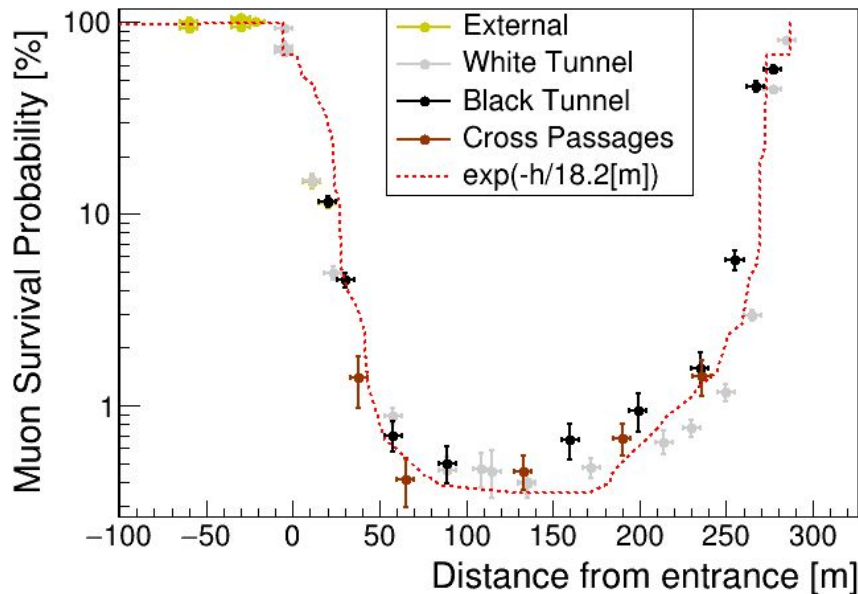
# $\mu$ verticali: detector TIFPA0



Per muoni “verticali” osserva una probabilità di sopravvivenza approssimativamente esponenziale.  
 La galleria Nera mostra flussi più alti in quanto è la più esterna.  
 L’ombra/profilo del colle “doss-Trento” è ben visibile nel flusso di muoni misurati (linea rossa = modello attenuazione esponenziale)



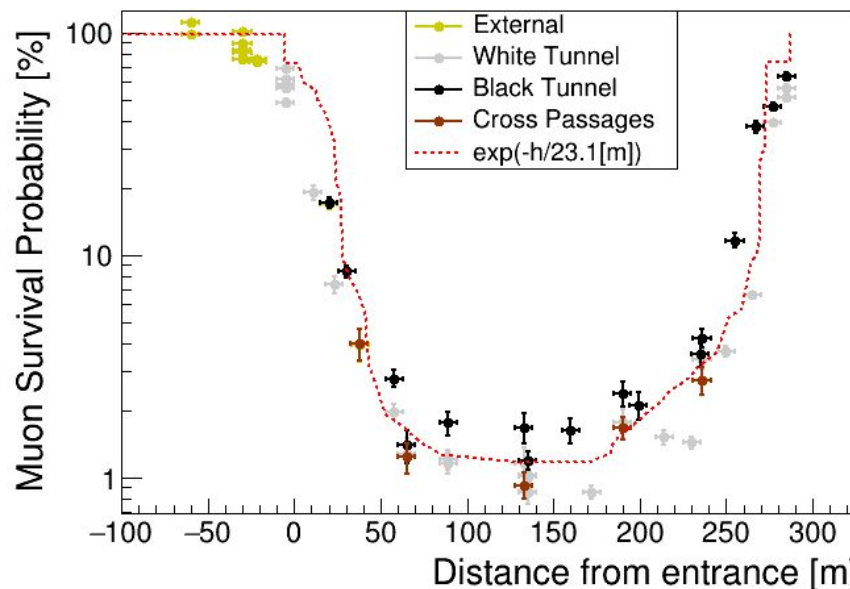
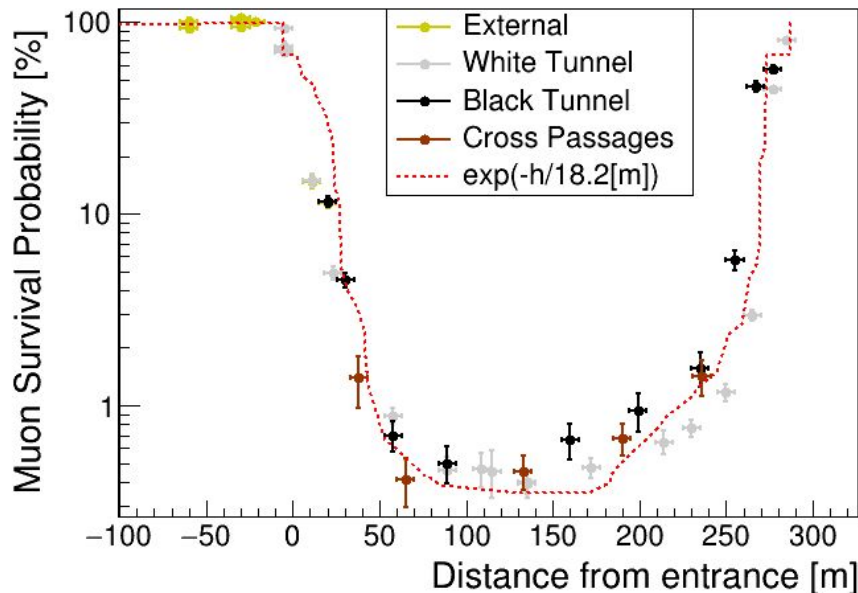
# $\mu$ verticali: TIFPA0 vs Cosmic-Box



**Muoni “verticali”:** rate della Cosmic-Box era circa 1/10 della rate di TIFPA0 a causa della minore dimensione. Tuttavia le misure della Cosmic-Box sono compatibili con quanto osservato da TIFPA0 (la linea rossa è la stessa)



## $\mu$ totali: TIFPA0 vs TIFPA1



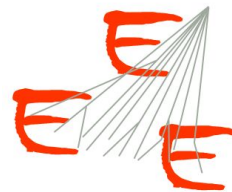
**TIFPA1 ha grande accettazione, riesce anche a misurare i muoni inclinati che riescono a superare il fianco della montagna (ovvero muoni che attraversano una minore quantità di roccia) Questi dominano il flusso di muoni in profondità nelle due gallerie, tuttavia l'attenuazione del flusso totale risulta di un fattore  $\approx 100$  nelle parti più profonde delle due gallerie.**



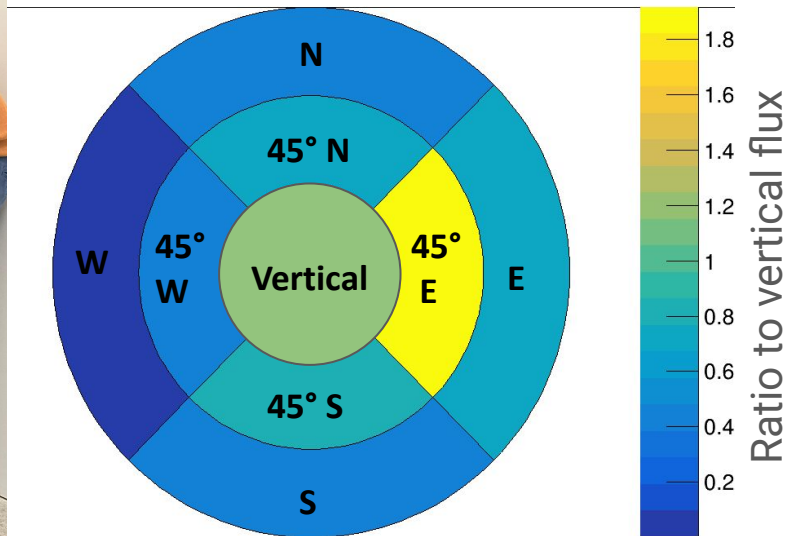
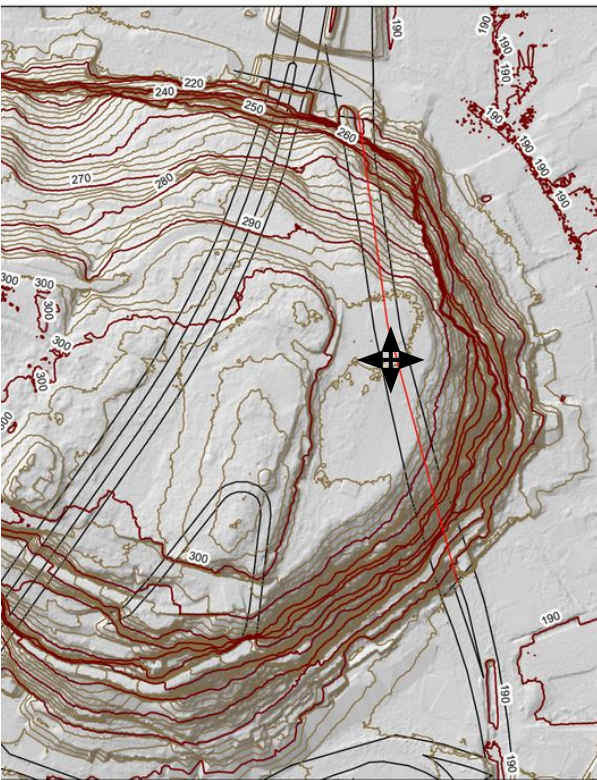
Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

TIFPA

## distribuzione angolare $\mu$ (TIFPA0)



Extreme  
Energy  
Events  
Science inside Schools



TIFPA0 ha galleria “Bianca” abbiamo effettuato misure mettendolo in orizzontale verticale ed inclinato a 45° nelle diverse direzioni. Il flusso di muoni molto inclinati proveniente dalla parete Est fornisce un contributo molto importante come indicato dalle misure di TIFPA1.





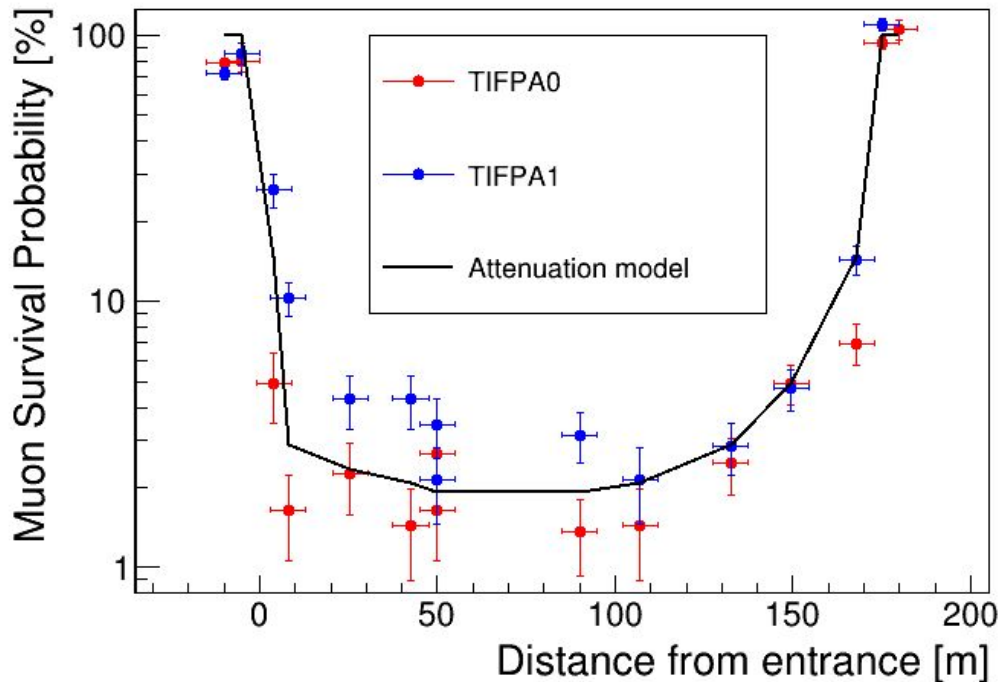
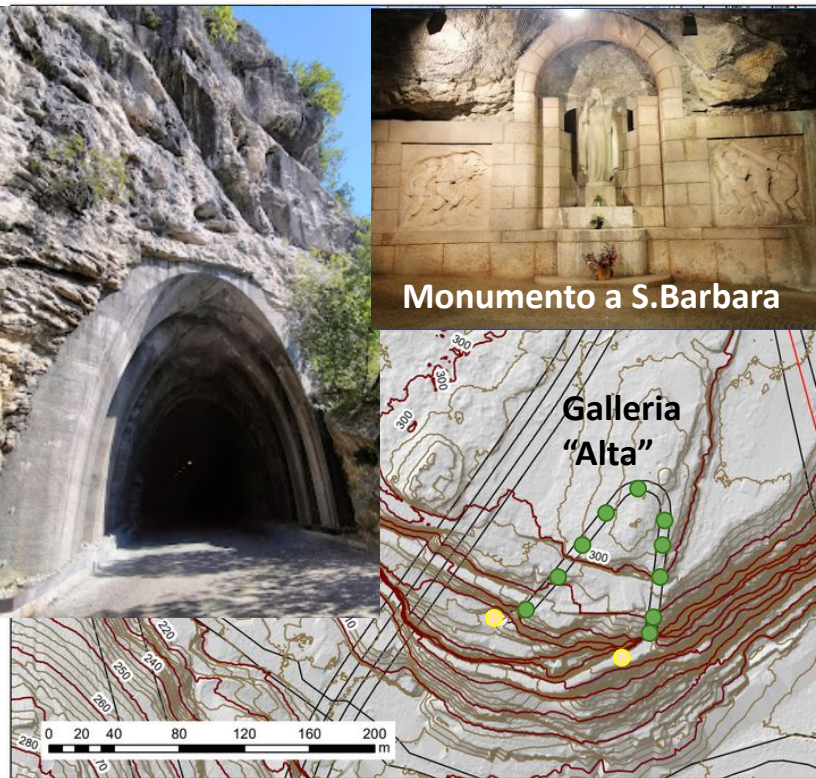
Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

TIFPA

## Galleria "Alta"



Galleria sulla strada degli alpini  
(sporadico traffico veicolare) per accedere al museo degli alpini  
sito sulla sommità del Doss (spessore roccioso massimo 55m)





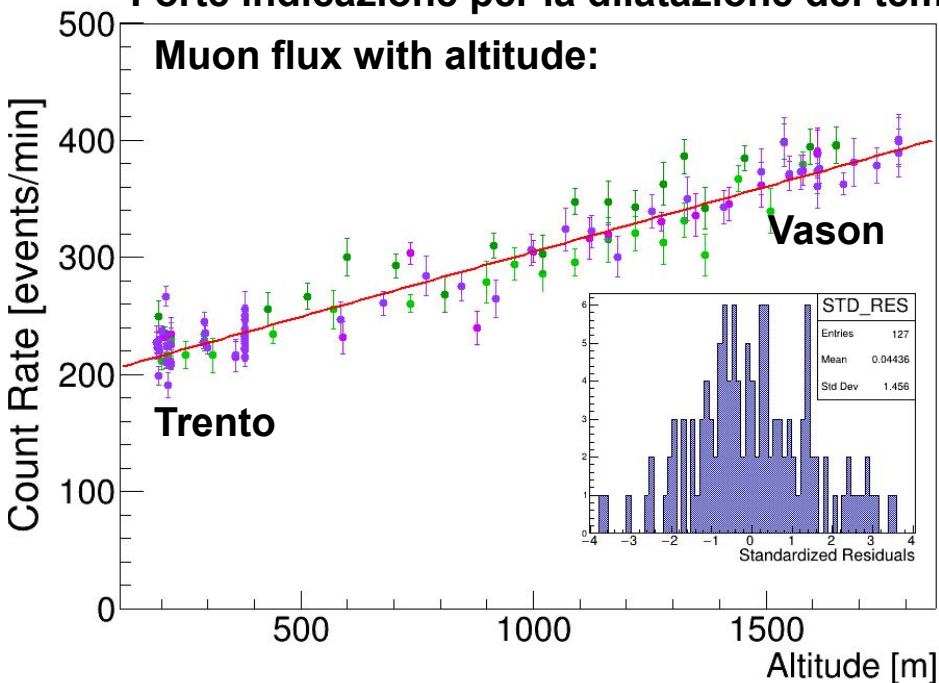
Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

TIFPA

# Flusso $\mu$ in quota (detector TIFPA1)



Forte indicazione per la dilatazione dei tempi relativistica





**Studenti:**

**H. Ait Aissa, N. Avi, E. Baldi, G. Bonetti,  
E. Bonomi, C. Caramelle, M. D'Angelo,  
A. Decarli, S. Devigili, M. Franceschini,  
K. Ndria, T. Oss Emer, D. Paternoster,  
E. Pregnolato, E. Potrich, G. Verrocchio.  
Docenti: S. Bimbi, M. Rossi**



# Proposta di articolo (prima bozza la trovate nella pagina indico): “Measurement of the muon flux in the tunnels of ”Doss Trento” hill.”

EEE collaboration

+

S. Bimbi, M. Rossi (i due docenti)

+

L.E. Ghezzer, F. Dimiccoli, F.M. Follega  
(laureando e i 2 post doc che mi hanno aiutato)

+

R. Battiston  
(è stato indispensabile per avere i permessi)

Nei ringraziamenti:

G. Ferrandi, R. Tait  
(direttore e vice del museo storico trentino)  
e gli studenti:

H. Ait Aissa, N. Avi, E. Baldi, G. Bonetti,  
E. Bonomi, C. Caramelle, M. D'Angelo,  
A. Decarli, S. Devigili, M. Franceschini,  
K. Ndria, T. Oss Emer, D. Paternoster,  
E. Pregolato, E. Potrich, G. Verrocchio

F. Nozzoli INFN-TIFPA

## Un articolo con tematica simile:

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 1031 (2022) 166514



### Measurement of the muon flux in the bunker of Monte Soratte with the CRC detector

A. Candela<sup>a</sup>, A. Cocco<sup>a</sup>, N. D'Ambrosio<sup>a</sup>, M. De Deo<sup>a</sup>, A. De Iulio<sup>c</sup>, M. D'Incecco<sup>a</sup>,  
P. Garcia Abia<sup>d</sup>, C. Gustavino<sup>b,e</sup>, G. Gustavino<sup>c</sup>, M. Messina<sup>g</sup>, G. Paolucci<sup>c</sup>, S. Parlati<sup>a</sup>, N. Rossi<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Laboratori Nazionali del Gran Sasso, Assergi (AQ), Italy

<sup>b</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma, Italy

<sup>c</sup> Museo Percorso della Memoria, Sant'Oreste (RM), Italy

<sup>d</sup> CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Madrid, Spain

<sup>e</sup> Homer L. Dodge Department of Physics and Astronomy, University of Oklahoma, Norman OK, USA

#### ARTICLE INFO

##### Keywords:

Muon flux  
Underground laboratory  
Muon tomography  
Muon radiography

#### ABSTRACT

In the context of the PTOLEMY project, the need for a site with a rather low cosmogenic induced background led us to measure the differential muon flux inside the bunker of Monte Soratte, located about 50 km north of Rome (Italy). The measurement was performed with the Cosmic Ray Cube (CRC), a portable tracking device. The simple operation of CRC was crucial to finalize the measurement, as it was carried out in a site devoid of scientific equipment and during the COVID-19 lockdown. The muon flux measured at the Soratte hypogeuem is about two orders of magnitude lower than the flux observed on the surface, suggesting the use of the Soratte bunker for hosting astroparticle physics experiments in which a low environmental background is required.

#### Introduction

The PTOLEMY project aims at the detection of cosmic neutrino background (CNB) [1–3] produced in the early universe according to the Big Bang theory [4]. The extremely low reaction yield expected in this experiment suggests its installation in an underground site, to reduce the cosmic-ray induced background. In this concern, a preliminary study by the PTOLEMY collaboration shows that a muon flux lower than about  $1 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$  is adequate to prevent possible bias due to cosmic induced background which might hamper the performance of

discussed in Section 2, Section 3 presents the data analysis and the results.

#### 1. The CRC detector

The CRC detector is the evolution of the hodoscope exhibited in L'Aquila in 2009 during the Group of Eight (G8) summit meeting and afterwards installed in the Museum of Science (Teramo, Italy). That device consisted of 10 planes of Glass Resistive Plate Chamber:

