

# Recent results from EEE and PolarquEEEst

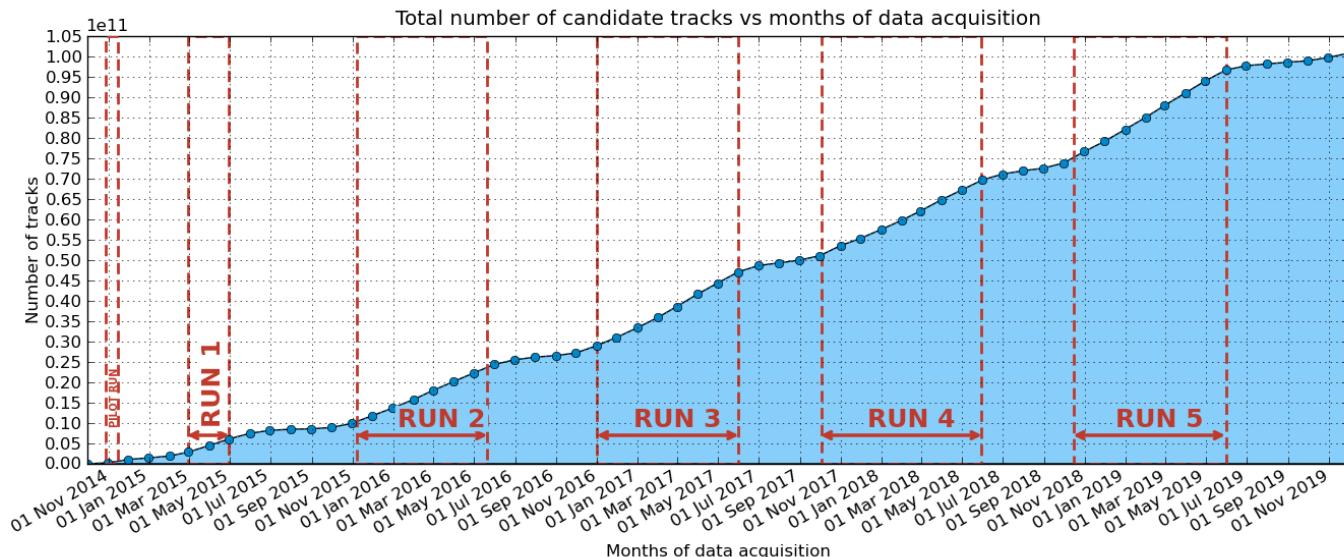
F. Noferini on behalf of the EEE Collaboration



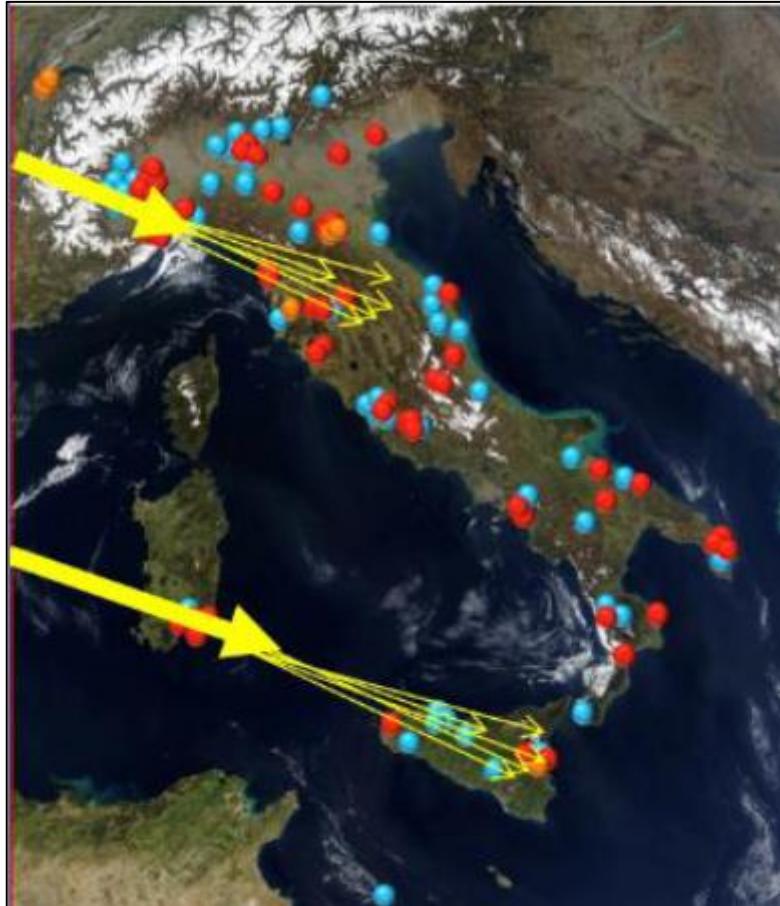
# Outline

Just a selection of recent results from EEE:

- Long distance correlations (past and future strategies)
- polarquEEEst 2018/2019 activity



# Long Distance Correlations (LDC)



## Possible physical mechanisms:

- Primaries from the same source (limited by the presence of magnetic fields)
- Interaction of a primary with the interstellar medium
- Photodisintegration of primary cosmic rays (nuclei) in the solar field (GZ effect)

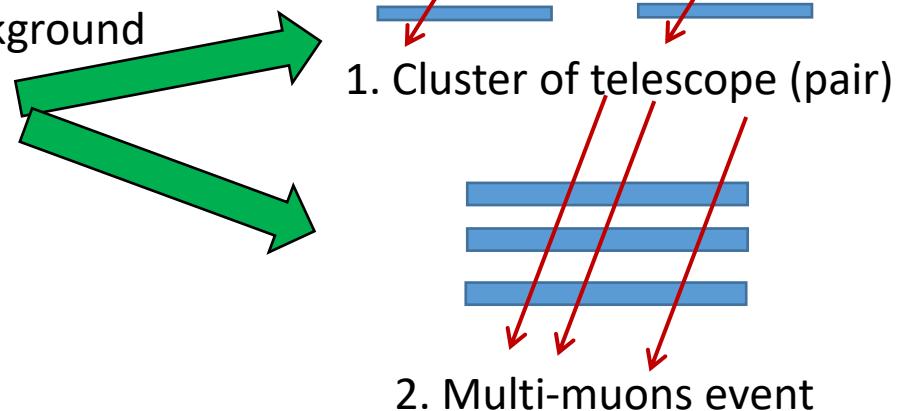
# Long Distance Correlation: different strategies

1. **Selecting Extensive Air Shower (EAS) via coincidences between telescopes** in the same city and looking for EAS coincidences at very large distance (low background, limited number of telescopes pair)
2. **Selecting EAS from multi-muon events with a single telescope** and looking for EAS coincidences at very large distance (background depending on the number of muons required, all telescopes available)
3. **Looking for all possible coincidences with single muons at very large distance** (background is an issue)  
→ **multi-messenger** (triggered) analysis: external triggers allows to strongly reduce background!

So far we explore (1, published) and (2, preliminary results). (3) under investigation how to control background (e.g. by requiring N-telescopes > 2)

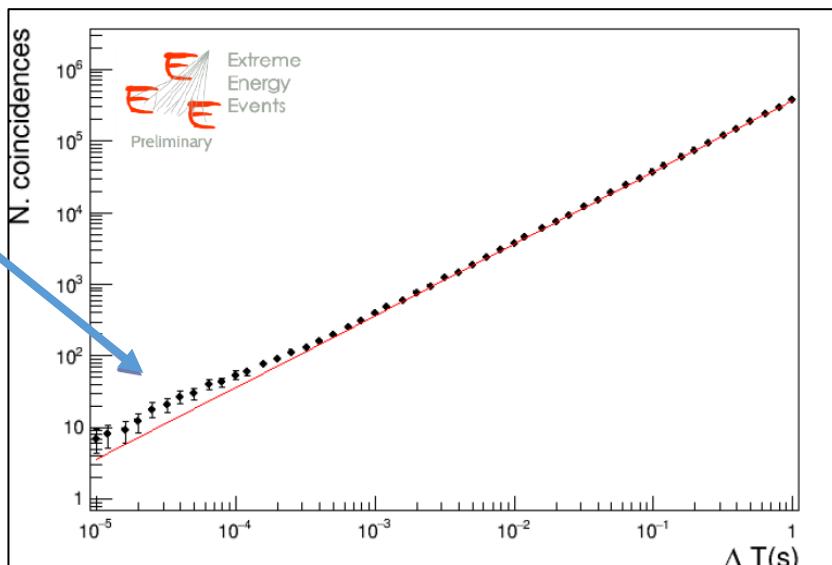
# LDC: (1) and (2) combined

- Rare events → negligible combinatorial background
- Need of selective triggers: **detection of EAS**



Small excess of events  
observed for  $\Delta T < 10$  ms

40 coincident events  
(background  $\sim 23.4$ )  
 $p$ -value  $\sim 0.001$

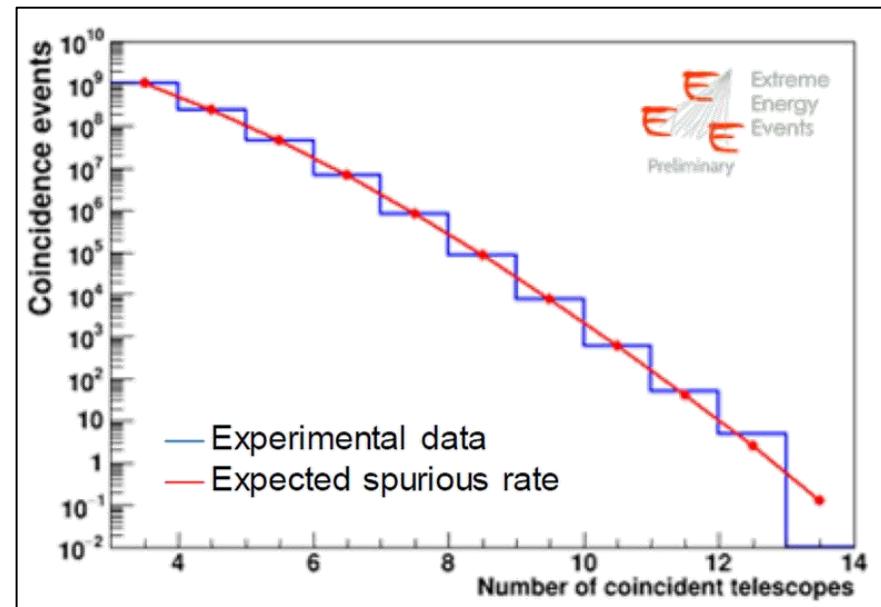


# LDC by correlating all muons (3)

## NEW APPROACH

- Consider all possible correlation between 2, 3, ..., N and look for events outside the expected spurious rate
- Integrate over long data taking (> months)
- So far we applied the procedure on the Run-5 data

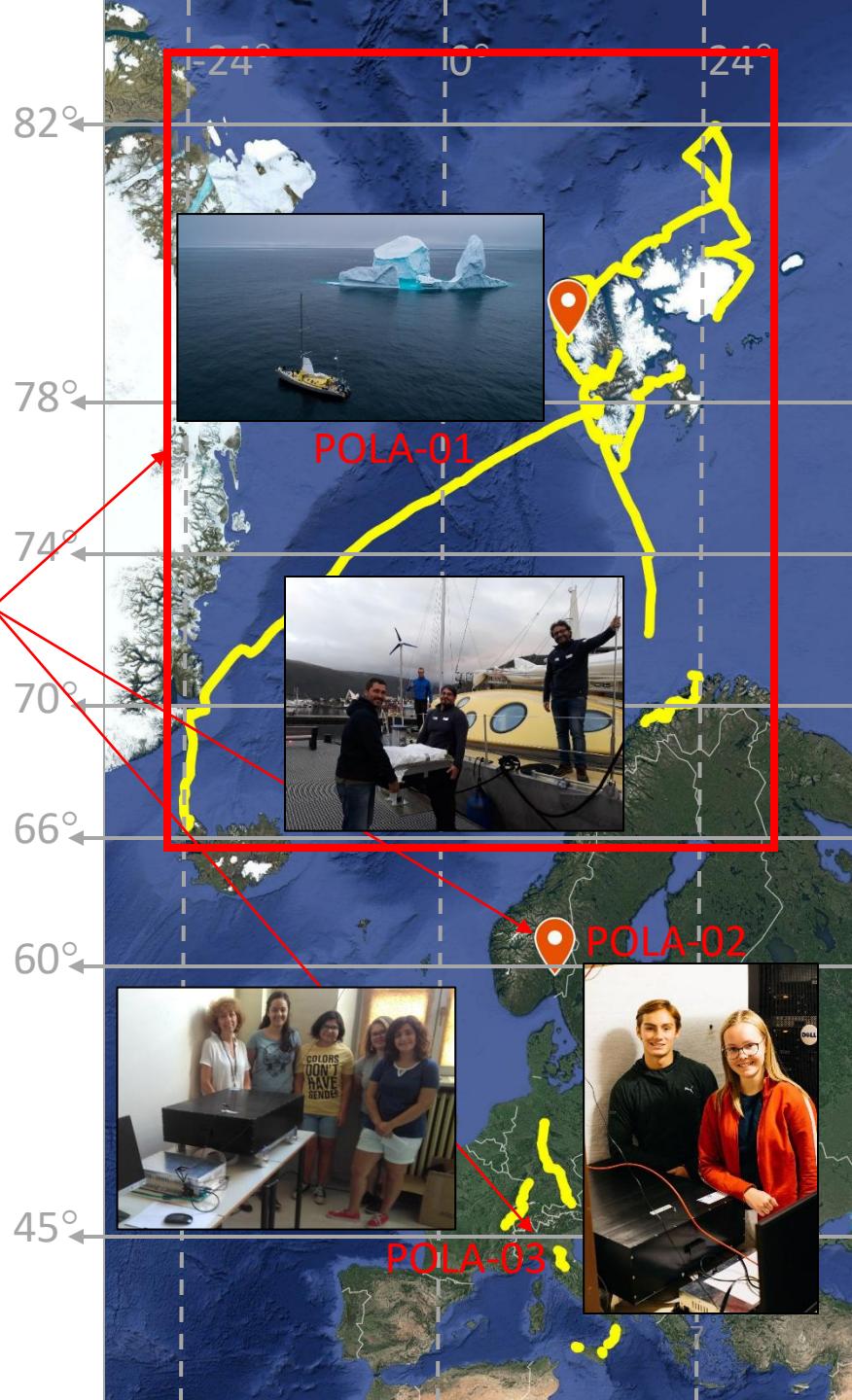
- A reasonable agreement observed between raw data and spurious expected trend over 9 order of magnitude
- An upper limit on the number of such events may be established



# PolarquEEEst trip

GOAL: Cosmic ray flux up to extreme latitude

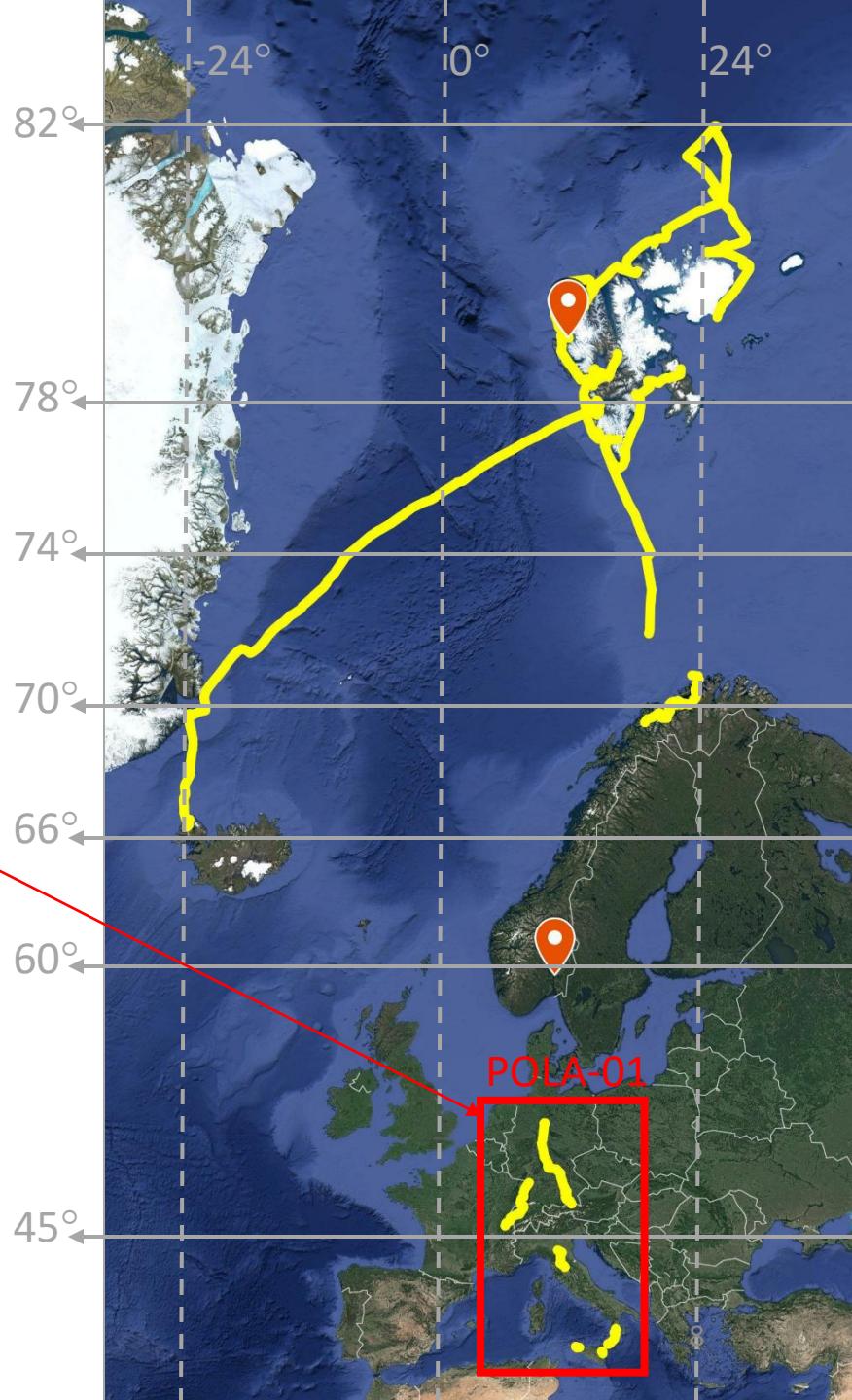
- 2018 **PolarquEEEst2018**
  - 3 detectors (POLA-01, POLA-02, POLA-03)
  - PolarquEEEst2018 → expedition with Nanuq boat (July-September) + 2 telescopes at fixed latitude (Bra(TO), Nessoden(Norvegia))
- 2019
  - (Dec 18 – Apr 19) → measurements at several latitudes (Italy, Germany, CERN)
  - A 4° detector built (POLA-04)
  - (PolarquEEEst2019) → 3 detectors installed in Ny Ålesund (Svalbard)



# PolarquEEEst trip

GOAL: Cosmic ray flux up to extreme latitude

- 2018
  - 3 detectors (POLA-01, POLA-02, POLA-03)
  - PolarquEEEst2018 → expedition with Nanuq boat (July-September) + 2 telescopes at fixed latitude (Bra(TO), Nessoden(Norvegia))
- 2019      **Verso PolarquEEEst2019**
  - (Dec 18 – Apr 19) → measurements at several latitudes (Italy, Germany, CERN)
  - A 4° detector built (POLA-04)
  - (PolarquEEEst2019) → 3 detectors installed in Ny Ålesund (Svalbard)

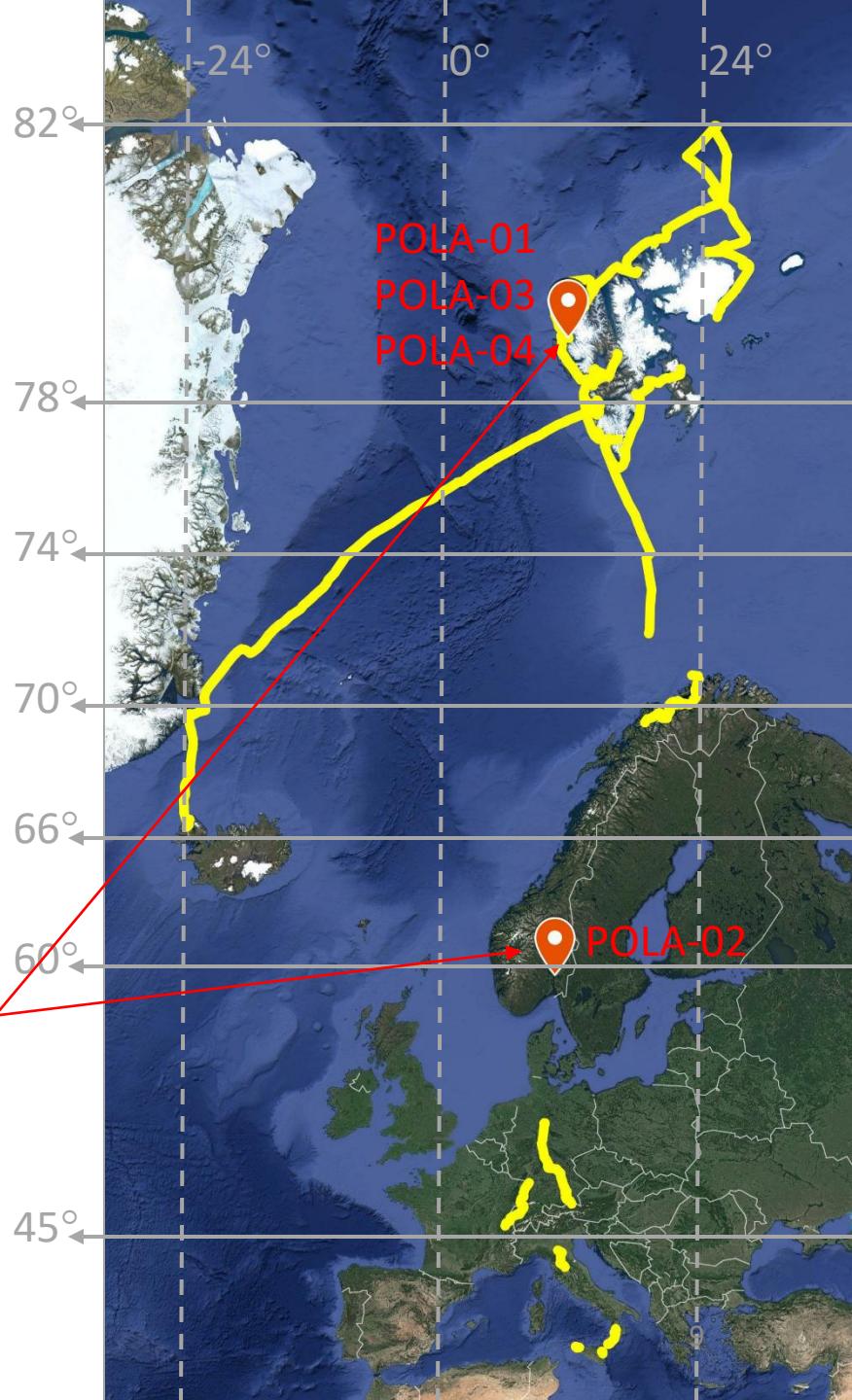


# PolarquEEEst trip

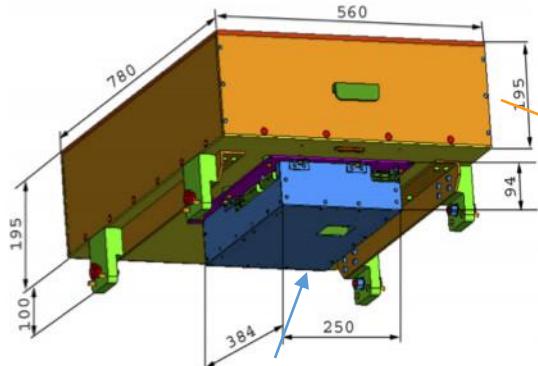
GOAL: Cosmic ray flux up to extreme latitude

- 2018
  - 3 detectors (POLA-01, POLA-02, POLA-03)
  - PolarquEEEst2018 → expedition with Nanuq boat (July-September) + 2 telescopes at fixed latitude (Bra(TO), Nessoden(Norvegia))
- 2019
  - (Dec 18 – Apr 19) → measurements at several latitudes (Italy, Germany, CERN)
  - A 4° detector built (POLA-04)
  - (PolarquEEEst2019) → 3 detectors installed in Ny Ålesund (Svalbard)

PolarquEEEst2019

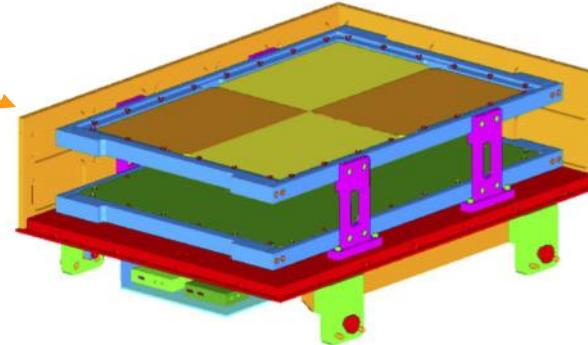


# The detector

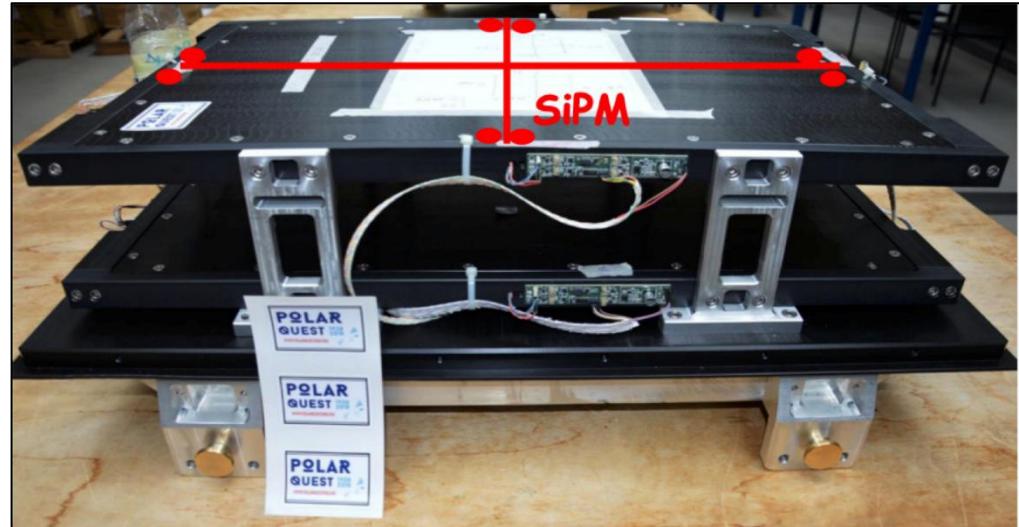


Electronic box

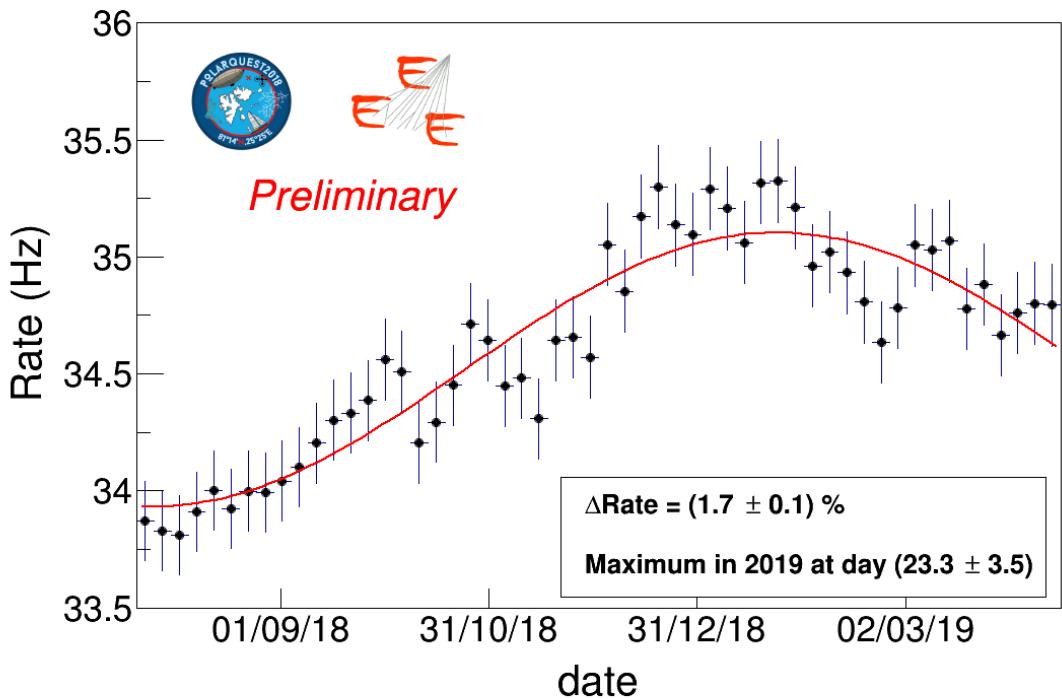
- 2 scintillator planes
- Plane distance = 11 cm
- 4 + 4 tiles:  $30 \times 20 \text{ cm}^2$
- 2 SiPM per tile
- Efficiency > 96%
- Trigger condition: signal coincidence in both planes (at least 3 SiPM in total)



Students (Italy, Switzerland and Norway) at CERN



# Seasonal effect



Flux at ground as measured by POLA-02 and  
POLA-03 (combined) vs time

2% variation along the year  
(seasonal effect) → consistent  
with previous measurements [\*].

Minimum during summer period  
due to temperature increase in  
atmosphere → volume increase  
→ Secondaries (pion) produced  
at higher altitude → Muon decay  
favored (no effect observed with  
*neutron monitor*).

[\*] R. R. S. de Mendonca, The Astrophysical Journal, 830:88

# POLA-01 trip in Italy/Germany



POLA-01 in Cosenza



Our stops:

- Bologna
- Vigna di Valle
- Erice
- Catania

POLA-01 on Etna



POLA-01 in Lampedusa



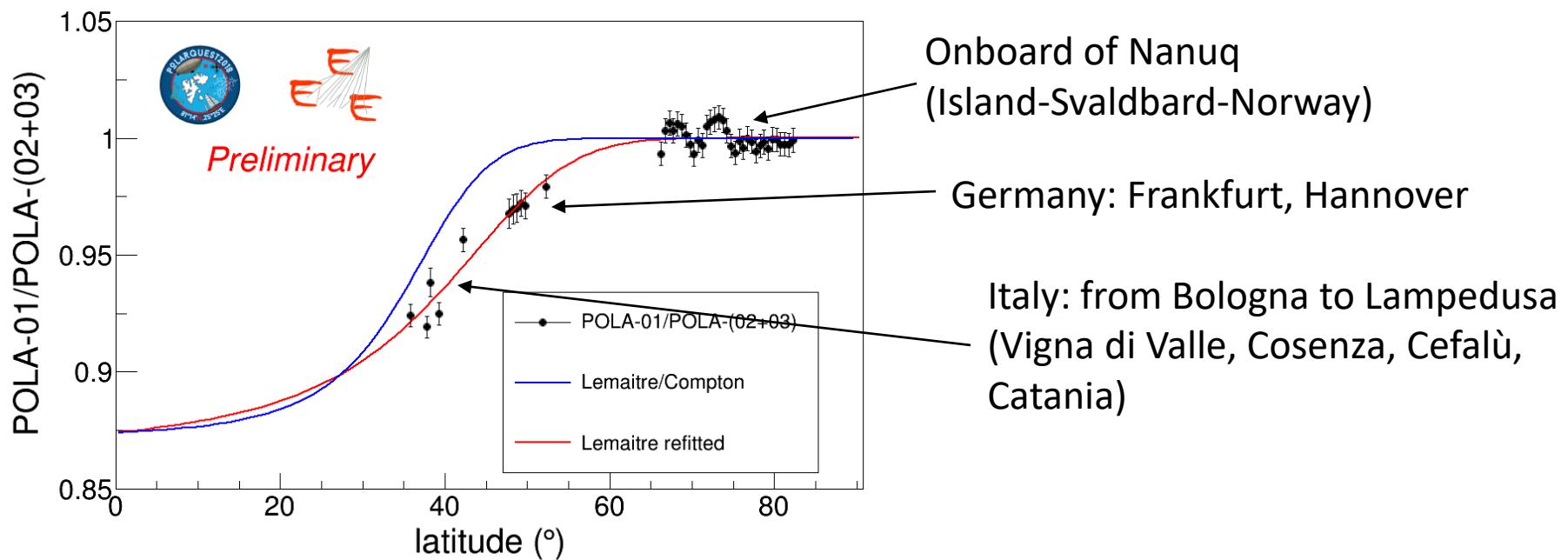
POLA-01 in Cefalù



Germany: Frankfurt, Hannover



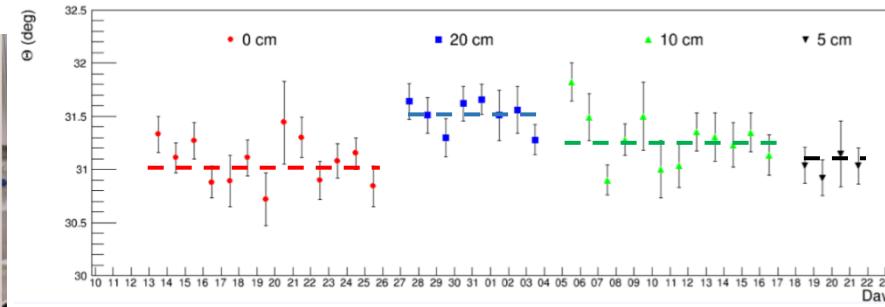
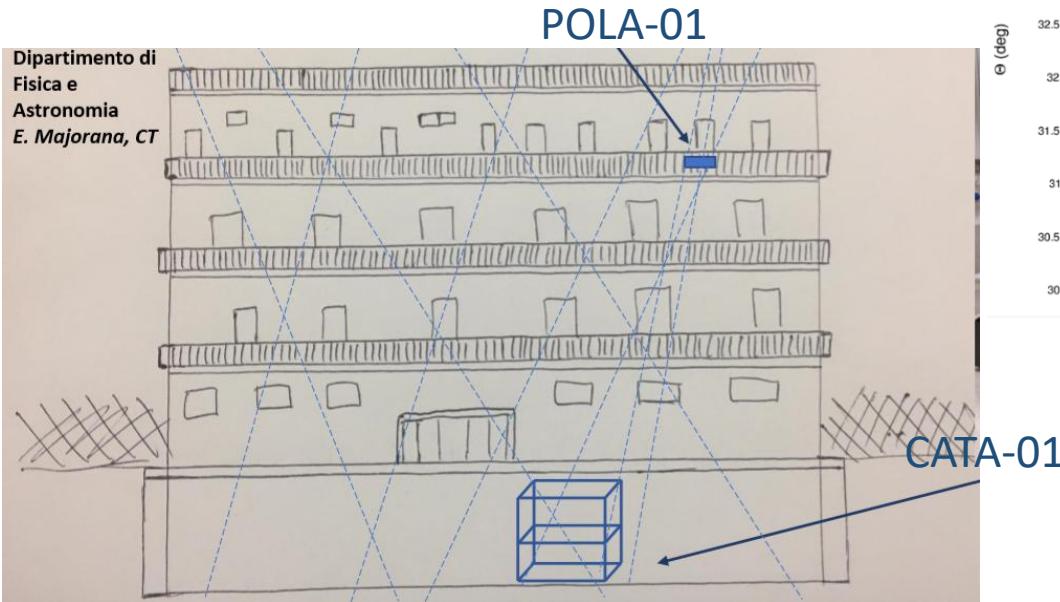
# CR flux vs latitude



CR flux as a function of latitude.  
Normalized to POLA-02 e POLA-03 to subtract  
seasonal effects

# More on POLA-01 trip...

During its trip the polar detector (POLA-01) visited Catania. Several vertical coincidences between POLA-01 and one EEE telescope in Catania University were measured.



Sensitivity at 2.5 m:  
➤ few cm in 1 day data taking  
➤ few mm in few months data taking

Such campaign of measurements allowed to demonstrate the capability of POLA-EEE telescopes to monitor the stability of civil structure on a long-time scale.

# PolarquEEEst2019@Ny Ålesund



# Installation at Ny Ålesund



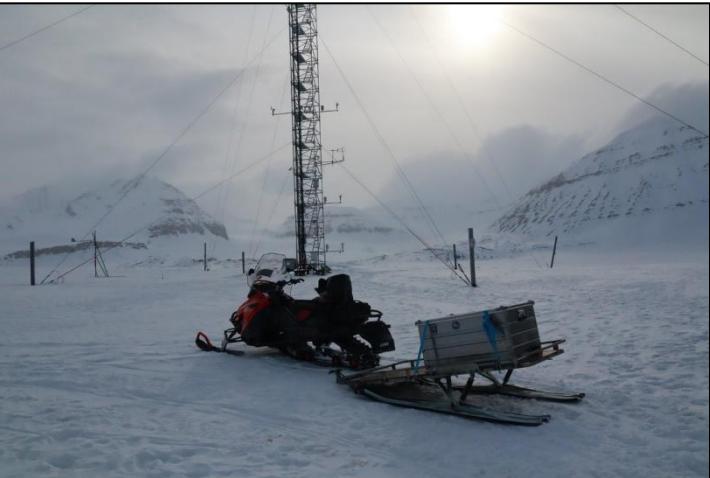
The force Polar landed in Ny Ålesund



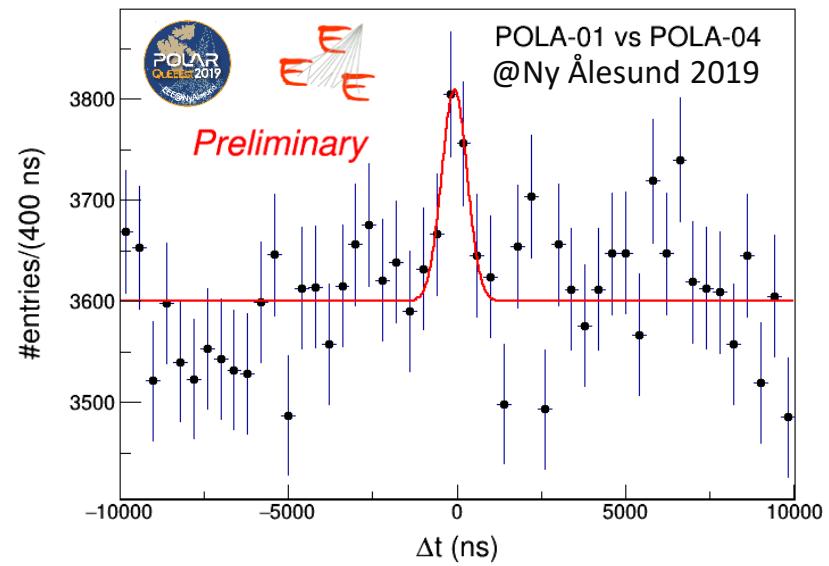
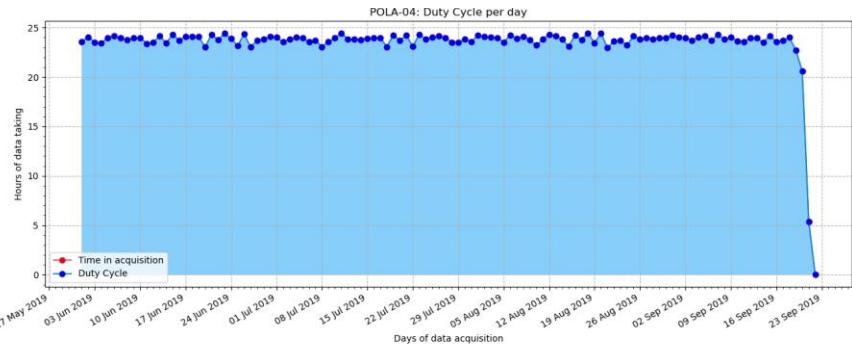
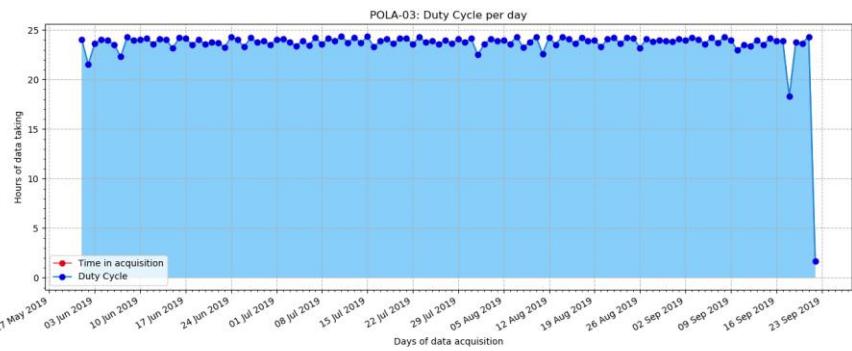
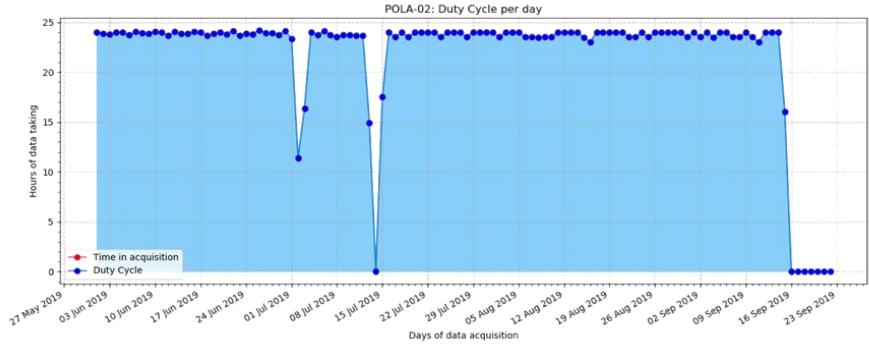
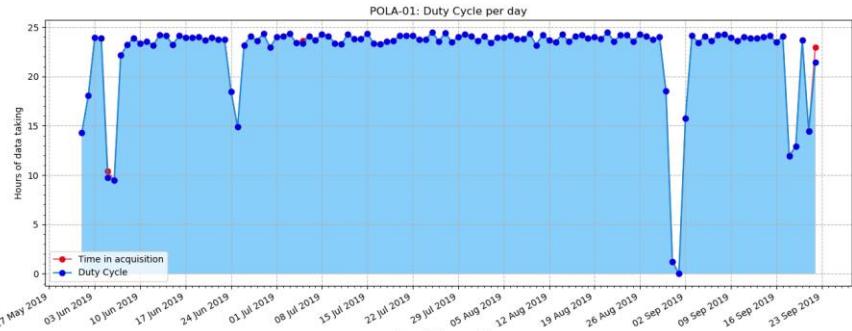
"Dirigibile Italia" station with CNR staff



POLA-01 towards the "Climate Change Tower" CNR



# First 3 months of data taking



# THANKS FOR YOUR ATTENTION!!!!



# Recent publications

2019

- Panetta M.P. et. al. (EEE Collaboration), [\*The new trigger/GPS module for the EEE project\*](#), Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A936 (2019) 376, doi: 10.1016/j.nima.2018.10.127.
- Abbrescia M. et. al. (EEE Collaboration), [\*The EEE MRPC telescopes as tracking tools to monitor building stability\*](#), Journal of Instrumentation 14 (2019) C05022, doi: 10.1088/1748-0221/14/06/P06035.
- Abbrescia M. et. al. (EEE Collaboration), [\*Performance of the Multigap Resistive Plate Chambers of the Extreme Energy Event experiment\*](#), Journal of Instrumentation 14 (2019) C05022, doi: 10.1088/1748-0221/14/05/C05022.

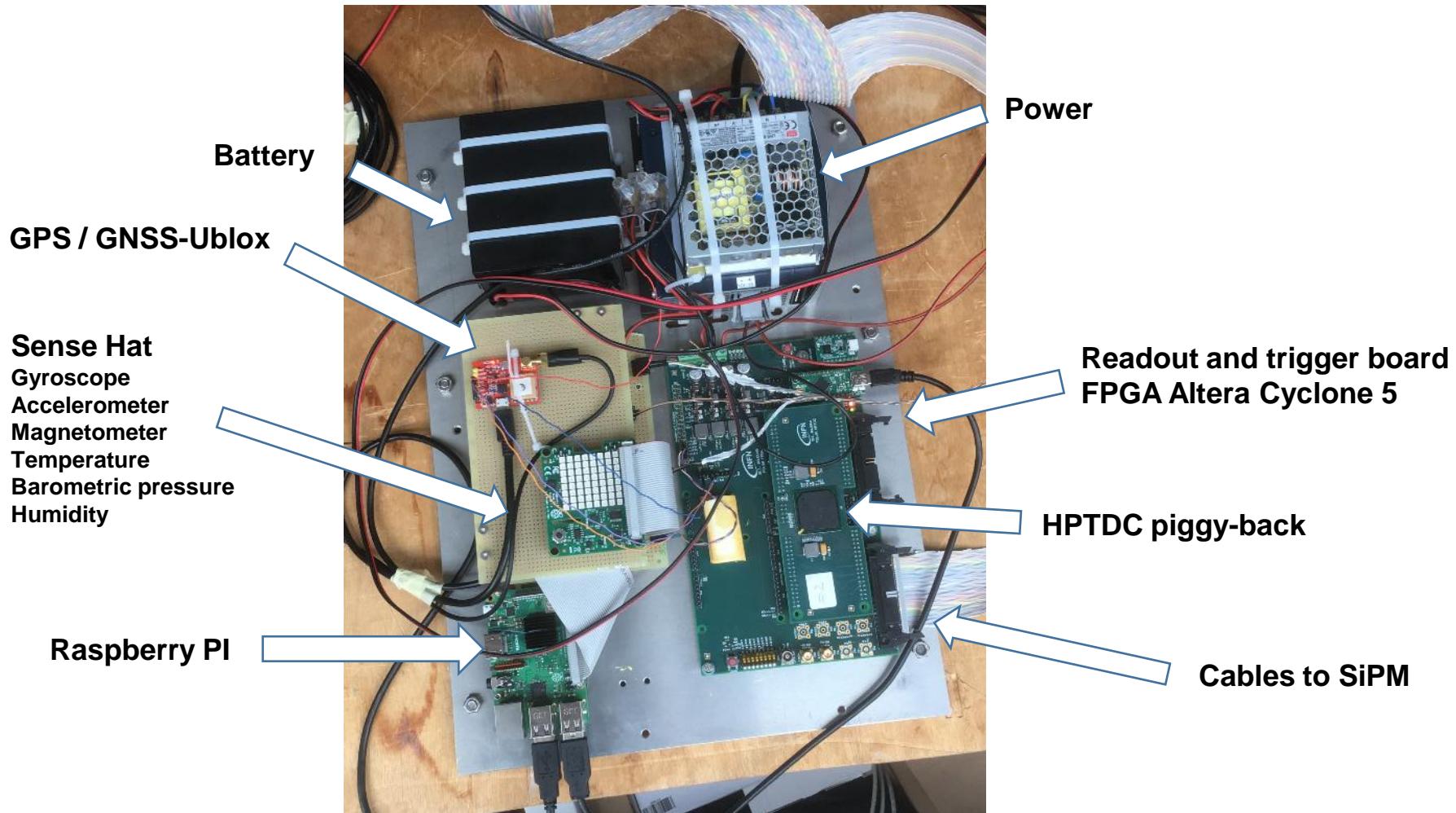
2018

- Nania R., Pinazza O. (EEE Collaboration), [\*Measuring cosmic ray showers near the North Pole with the Extreme Energy Events project\*](#), Il Nuovo Saggiatore - Bollettino della Società Italiana di Fisica, Nuova Serie Anno 34 • N. 5 Settembre-Ottobre 2018 • N. 6 Novembre-Dicembre 2018.
- EEE Collaboration, [\*Search for long distance correlations between extensive air showers detected by the EEE network\*](#), Eur. Phys. J. Plus (2018) 133: 34.

+ several contributions to conference proceedings

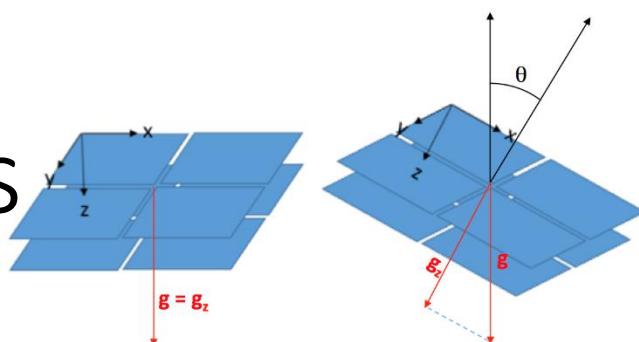
# backup

# Electronics (readout, trigger)

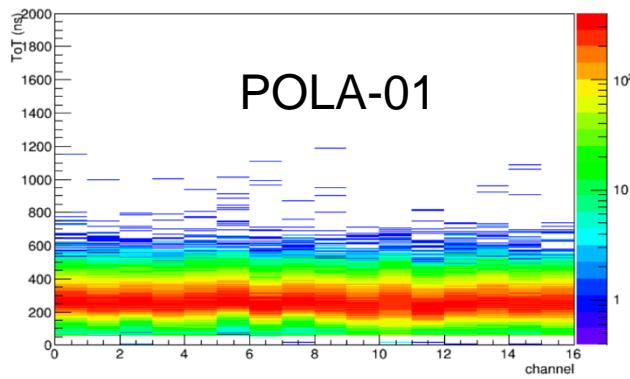


**Total power consumption ~ 12,5 W**

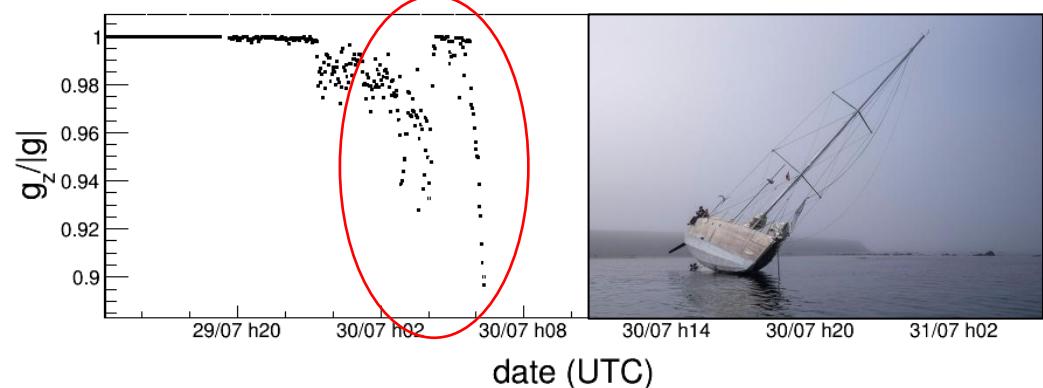
# Detector performances



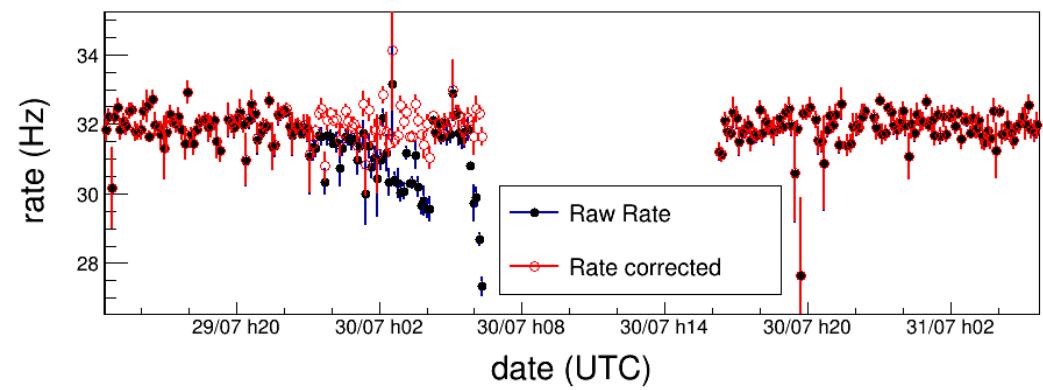
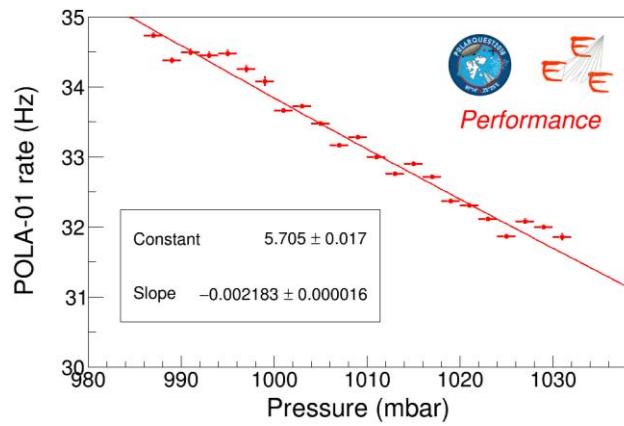
Channel equalization



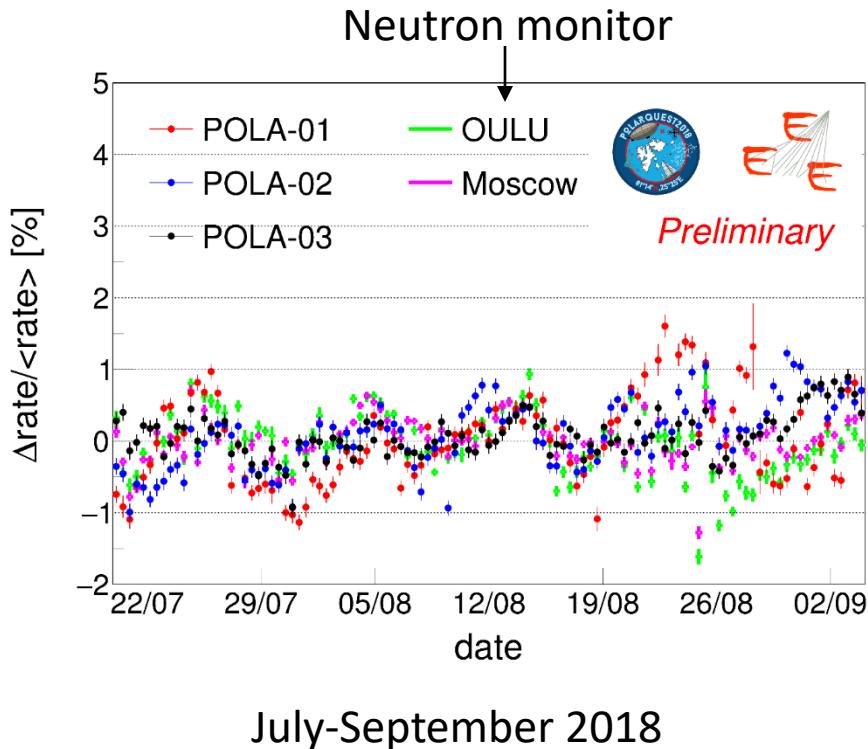
Correction for inclination (POLA-01)



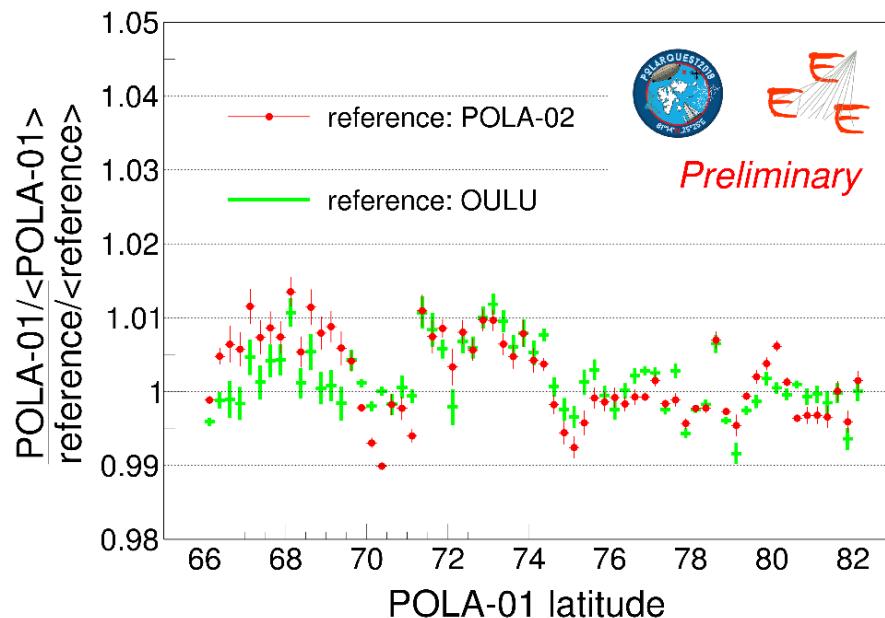
Pressure correction



# PolarquEEEst2018

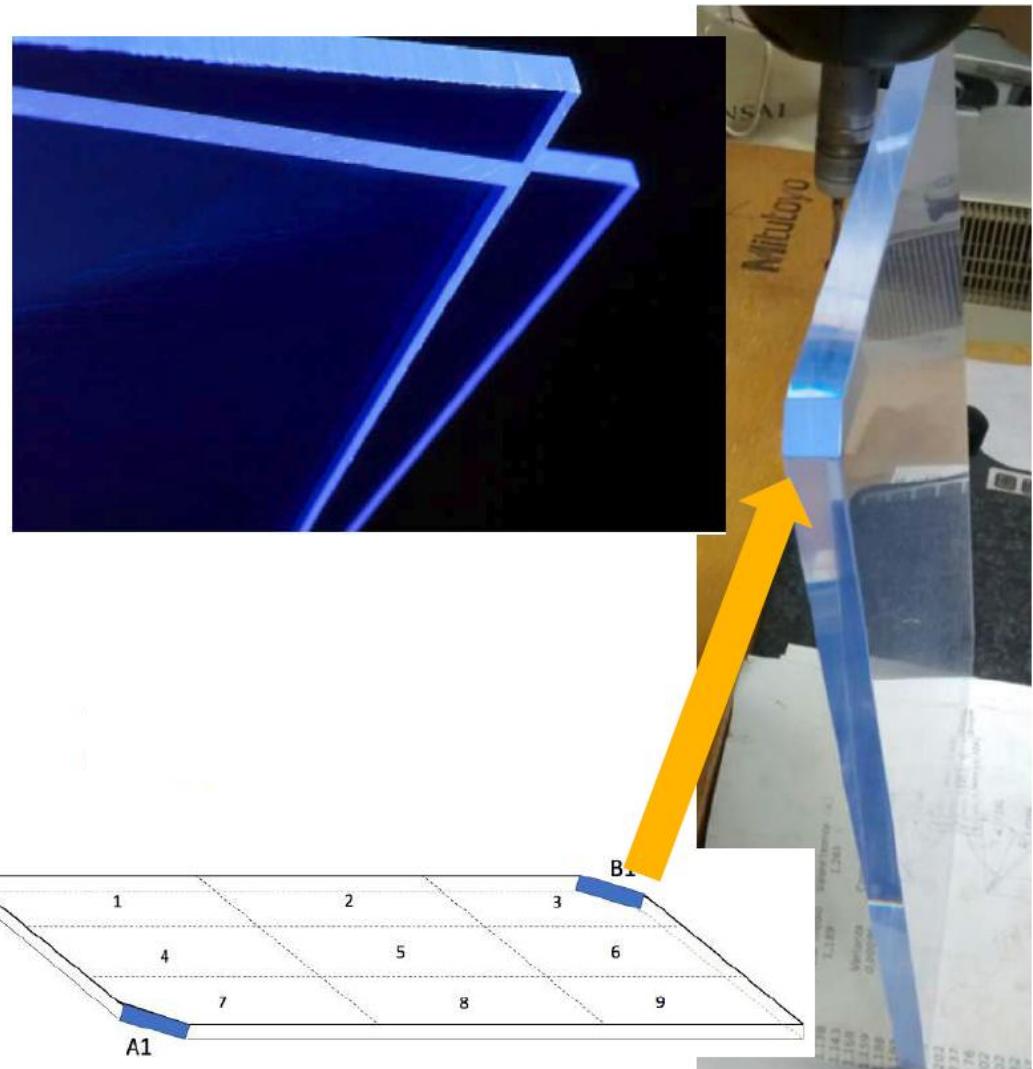
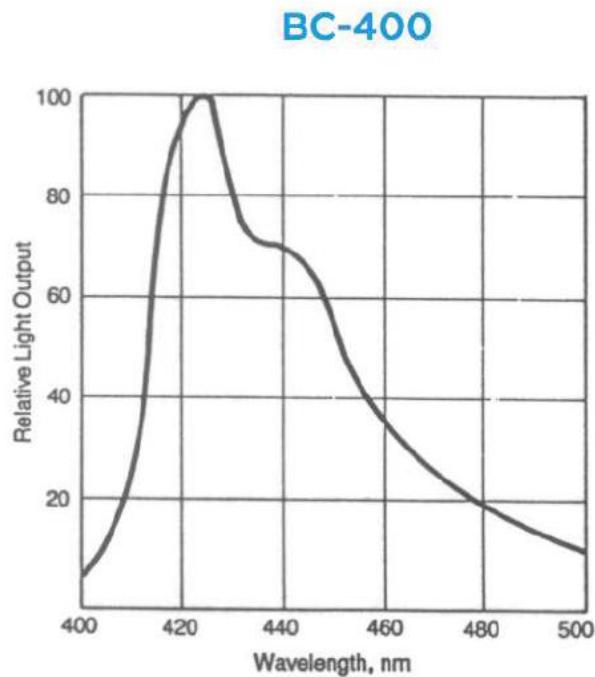


Constant flux from 66° to 82° N.



# Scintillators

SAINT GOBAIN BC-400  
20 cm x 30 cm x 1 cm



# DAQ Control



## pola-01 DAQ Control

[Start DAQ](#) [Stop DAQ](#)

### Run Configuration

Parameter	Current value	New value
Number of buffers per run	50000	50000
Number of contiguous runs	1000000	1000000
Sensors sampling interval [seconds]	30	30
Maximum run time [seconds]	3600	3600
Trigger mask of the top plane	0	0
Trigger mask of the bottom plane	0	0
Enable the calibration run	0	0

[Apply](#) [Reset](#)

### Log

```

INFO | 2019-07-07 09:53:39 | Initial MET = 394883619.792
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | Opening sensor run name Data/2019-07-07/POLA-01-2019-07-07-394883619_slo.txt
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | Opening event run name Data/2019-07-07/POLA-01-2019-07-07-394883619.bin
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | Check TRB Status : (0L, 0L, 0L)
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | btrc0: 0
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | btrc1: 0
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | current TRB SD card size = 0
INFO | 2019-07-07 09:57:02 | Now at event 5000 / 50000 Elapsed time 202.787508
INFO | 2019-07-07 10:00:28 | Now at event 10000 / 50000 Elapsed time 408.22112

```

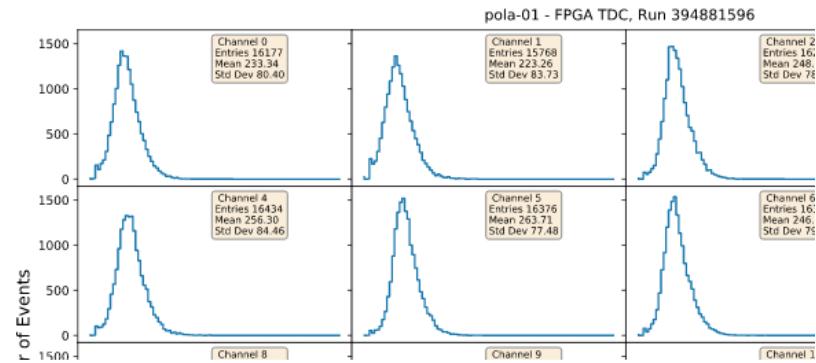


## pola-01 Monitor



Status: running  
 Since: Tue Jun 25 2019 11:28:22 GMT+0200 (Central European Summer Time)  
 Run start: Sun Jul 07 2019 11:53:39 GMT+0200 (Central European Summer Time)  
 Run duration: 446 seconds  
 Current file name: /home/pi/Polar/Data/2019-07-07/POLA-01-2019-07-07-394883619.bin [Copy](#)  
 Current file buffer size: 1967824  
 Current file size: 0  
 Trigger rate: 35.42 Hz  
 Approximate run completion: 21%

### Previous run plots



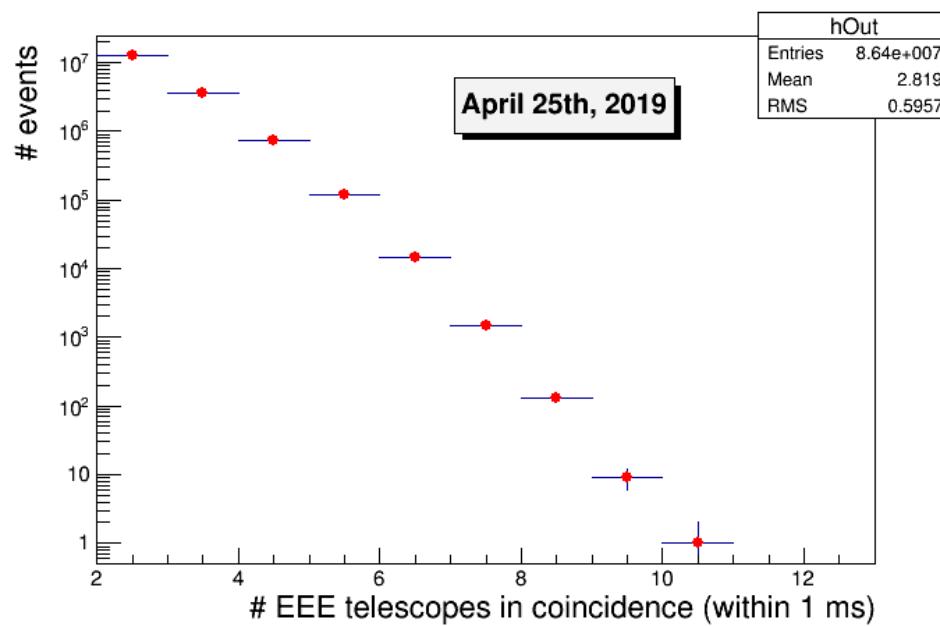
### Log

```

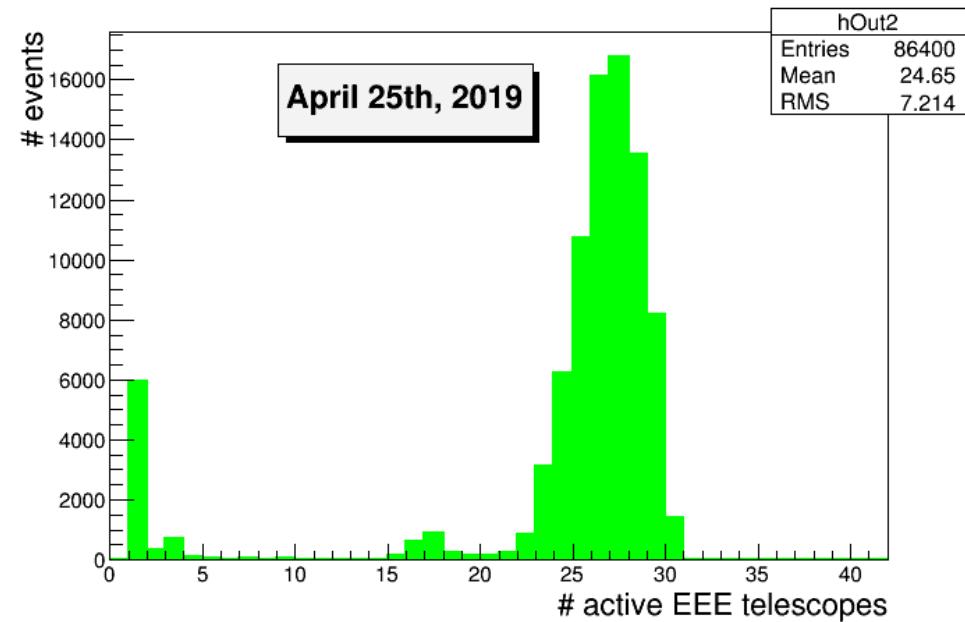
INFO | 2019-07-07 09:53:37 | Setting time 20190707 09:53:36 time.struct_time(tm_year=2019, tm_mon=7, tm_mday=7, tm_hour=9, tm_min=53, tm_sec=36)
INFO | 2019-07-07 09:53:36 | Sun Jul 7 09:53:36 UTC 2019
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | 2019-07-07 09:53:39.791994
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | Initial MET = 394883619.792
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | Opening sensor run name Data/2019-07-07/POLA-01-2019-07-07-394883619_slo.txt
INFO | 2019-07-07 09:53:39 | Opening event run name Data/2019-07-07/POLA-01-2019-07-07-394883619.bin

```

# Neutrons stars fusion on 25th April 2019



Looking for anomalous signals in the EEE network



# Outreach

La Repubblica 06/03/2019



Video PolarQuEEst2019 facebook Centro Fermi:  
<https://www.facebook.com/pg/centrofermi.it/videos/>

**IR**

## Lab La scienza in classe

**Il banco di prova**

**Quei ragazzi a caccia di raggi cosmici**

di MARIÀ FRANCESCA FORTUNATO  
di Giorgio Sestini | MANUEL BORTOLINI

Gli studenti di un liceo scientifico di Cosenza sono al centro di un progetto che coinvolge centinaia di scuole in tutta Italia

**A**ll'ingresso del liceo scientifico "Scorza" di Cosenza, nella calda primavera, il portone è aperto. "Portate la scienze in casa", dice il cartello appeso all'ingresso. Il professore di Astronomia, Zichichi, che qui nel 2003 ha inaugurato il telescopio per lo studio degli raggi cosmici, ha deciso di entrare e far parte del progetto "Polar QuEEst".

È un'Extreme Energy Experiment, la programmazione di un telescopio da cui siamo di Zichichi e porta avanti con lui il professor Franco "Franco Fermi", presidente della Liceo, e il professor Domenico Rosati. Oggi l'perimento è composto da un gruppo centinaio di studenti, e si svolge in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e il Max-Planck-Institut für Physik, e i risultati sono già arrivati.

Il passaggio dello spettro dei raggi cosmici, cioè la percentuale di energia di materia che ci arriva dallo spazio e possono essere dirette da solare o da galassie, è continuamente monitorato. I raggi sono a seguire e riportati per intercettarli tutti: oggi, per esempio, è stato installato un telescopio per osservare le stelle e avviato un servizio di portata terrestre, grazie alle scuole italiane.

I ragazzi sono parte attiva dell'esperimento fin dalle prime fasi: sono loro che hanno installato il telescopio al Centro segnati dagli esperti, e sono loro che oggi si occupano della presa dati, del monitoraggio, dell'analisi. «Nel progetto ci sono circa 100 scuole, e quattro dei trentotto - spiega Franco Maffei, responsabile del progetto - che continuano a seguire i ragazzi per la pensione». L'impegno nella ricerca è grande, ma anche la trasparsione. Se è un problema in laboratorio, gli studenti cercano la soluzione. Quando abbiamo installato il telescopio - racconta Maffei, che è stato uno dei primi del Centro Fermi - era necessario orienarsi su come funziona il software, ma non potevano usare banali, per via delle interferenze, nei bassi sul software. Ecco perché hanno dovuto imparare a programmare in assembly, trasformando il codice in linguaggio comune...».

**Il telescopio**

Un telescopio per rilevare i muoni i risultati condivisi in videoconferenza

**Il racconto del prof**

**Il nostro robot vive nella realtà aumentata**

In un istituto di Catania costruito un dispositivo per studiare la geografia

**Il "veccia"**

Dalla "veccia" tecnologia al web il passo è breve. All'Istituto superiore di Istruzione di Catania, un robot creato dagli studenti della Scuola di Scienze e Tecnologie per le nuove tecnologie, permette di visitare i luoghi riconosciuti: fiumi, montagne, campagne, luoghi dei famosi saggi. Il robot produce quando si sposta su un terreno la atmosfera terrestre, interagendo con nuclei di erba e insetti e mosche

**Il telescopio**

Il telescopio è stato poi assemblato dai ragazzi della scuola e i ragazzi hanno dato vita a un progetto di ricerca per l'obiettivo di misurare i muoni, particelle che vengono emesse quando i protoni producono quando colpiscono la struttura del telescopio al di fuori, la robotica è la realtà aumentata. A questo punto è possibile della terra e dell'edificio

**L'elettronica e la quarantina**

Per studiare i muoni i ragazzi analizzano i dati ottenuti, come la loro direzione di volo, la velocità e il tempo di volo tra i rivelatori

**L'analisi**

Per studiare i muoni i ragazzi analizzano i dati ottenuti, come la loro direzione di volo, la velocità e il tempo di volo tra i rivelatori

**4 i dati**

Il passaggio dei muoni viene registrato e i dati vengono automaticamente trasferiti presso il più grande rivelatore di calcolo scientifico in Italia: il Cern - che monitora ed elabora dati per oltre 100 scuole italiane sempre per i statistic, matematici, geografico o di carattere storico, se hanno a disposizione la paropra storica.

**5 La conclusione**

I ragazzi analizzano gli eventi acquisiti cercando di trovare legami fra i raggi cosmici e i vari eventi atmosferici e associati, discutendo con tutti gli altri e nella collaborazione in meeting mensili con la scuola digitale" è il terzo premio della fase regionale.

**asimmetrie.it** rivista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

<https://www.asimmetrie.it/as-spazi-tre-e-in-barca>

**EEE/Polar@Cosenza**  
Liceo Scorza

45  
La Repubblica  
Mercoledì 6 marzo 2019

<https://www.facebook.com/pg/centrofermi.it/videos/>

Studiare i raggi cosmici dalla base di ricerca più a nord del mondo

**A**ndare ai confini della nostra Terra, dove i rivelatori sono stati fissati sulla neve, molto oltre il circolo polare artico, è un sogno che molti studenti, se non tutti, hanno avuto. Per rilievarli negli anni, sono stati utilizzati di particolari camiciati e guanti, e poi ci si è dovuto di corredarli alle condizioni del clima e della temperatura. Si tratta di misure che hanno una duplice importanza: innanzitutto per i rivelatori, che sono informazioni sulle sorgenti e i campioni di cui si parla; il mero fatto che abbiano attraversato così tante distanze di milioni di anni fa è noto. Puoi perfino permettermi di dire che non solo i rivelatori sono stati installati sul fiume di raggi cosmici ma anche le basi di misurazione sono state installate così elevate



le possibili correlazioni con fattori ambientali, eventualmente presenti nell'ambiente, che regolano effetti climatici a lungo termine. L'esperienza, infatti, sembra possa influenzare il percorso di crescita di un bambino. Si tratta quest'ultima, di un argomento che non è stato ancora affrontato l'anno scorso a bordo di una barca a vela, e che ha portato alla scoperta di una serie di raggi cosmici a livello del mare, sino alla latitudine 82° (www.ice.su).

IL TEAM DI RICERCATORI DEL CENTRO FERMI CHE HA PROVVEDUTO ALL'INSTALLAZIONE DELLE BASE "DIRIGIBILE ITALIA" A NY ALESUND, ACCOMPAGNATI DAI RICERCATORI DELLA STAZIONE DI RICERCA DI NY ALESUND.

è precisamente la strategia da adottare.

Con questo argomento, il gruppo di ricercatori che sostiene il progetto PolarQuEEst2019 ha già ricevuto richieste, in ambito internazionale, di scambi scientifici e di collaborazioni nelle sfere dei risultati. La ricerca, infatti, è un argomento d'oggi, attorno al quale è necessaria una grande量の information. per avere un quadro il più possibile chiaro su maniera di definire

**EEE, PolarQuEEst2019 e la Citizen Science**

**I**l progetto PolarQuEEst2019 sono stati progettati e poi, comuniti, riguardo alla scienza, alla bontà, affidabilità, e consumo energetico necessari per la loro installazione. Inoltre, sono stati estremamente dove dovevano raccolto per un lavoro ben fatto è stata la scelta di utilizzare un robot per la missione. Infatti, come per tutto il progetto, anche la scienza di PolarQuEEst2019 è fortemente indirizzato alla citizen science. Infatti i risultati del progetto sono accessibili in modo di studio di qualità. I risultati sono stati pubblicati su riviste di prestigio e i risultati sono stati divulgati per la popolazione. Infatti, in questo periodo il Sole, a questo latitudine, non transita mai sotto l'orizzonte, e quindi i risultati sono già cominciati a essere stampati e divulgati in prese di stampa, e si spera di averne entro la fine dell'anno i primi risultati. Le missioni sono state inoltre caratterizzate da una dimensione didattica, che verranno inviate alle scuole. I risultati sono stati divulgati a questo latitudine in maniera costitutiva e riguardano i risultati dei rivelatori, i risultati di studio e i risultati di analisi che dovranno ricevere da questi primi dati le informazioni necessarie per la loro analisi. L'avventura è appena iniziata!



UNO DEI TRE LOCALI IN CUI SONO STATE INSTALLATE I RIVELATORI DEL PROGETTO POLARQUEEST2019. EEE@NYALESEND. A SINISTRA NELLA FOTO, NELLE VICINANZE DELLA TORRE PER STUDI CLOUDLESS AMUNDSEN-NORBRE DEL CNR AL TEAM DI RICERCATORI CHE HA PROVVEDUTO ALL'INSTALLAZIONE. A DESTRA, LA SLUTTA CON IL RIVELATORE È STATO PORTATO A DESTINAZIONE A PARTIRE DALLA BASE DI RICERCA DI NY ALESUND CHE SI Vede AL CENTRO, SULLO SFONDO LA STAZIONE DI RICERCA DI NY ALESUND.

**La Repubblica (Lazio) 28/07/2019**

