



# Voda a kosmické záření nejvyšších energií



**Michael Prouza**  
Fyzikální ústav AV ČR

Velké poděkování RNDr. Martině Boháčové, Ph.D., za možnost využití jejich slajdů, připravených pro Auger Master Classes 2024.

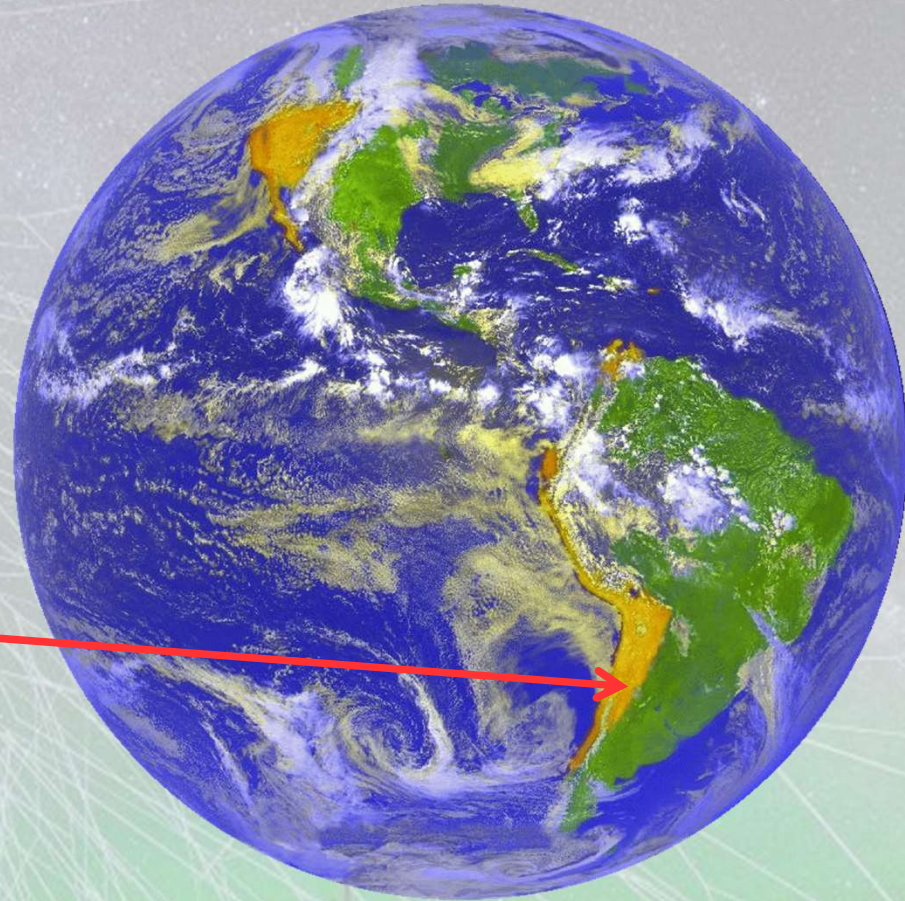


# Observatoř Pierra Augera

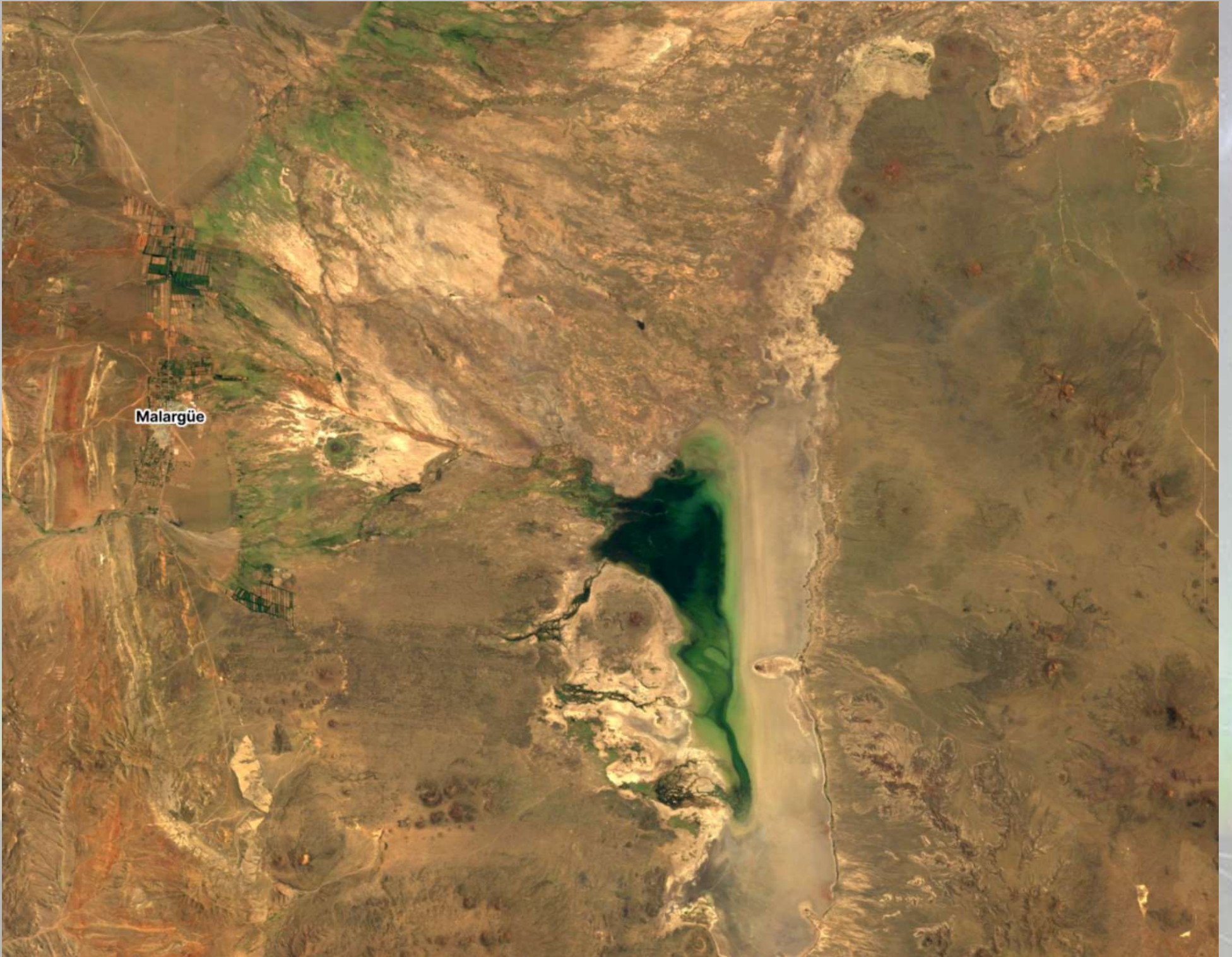
- největší detektor kosmického záření, jaký byl kdy postaven, pokrývá **přes 3000 km<sup>2</sup>**

- mezinárodní spolupráce  
~ 500 fyziků z 17 zemí světa,  
~ 80 institucí

- umístěna na jižní polokouli, u městečka Malargue, provincie Mendoza, Argentina



- kombinace dvou detekčních technik, tzv. **hybridní mód**  
- umožňuje křížovou kalibraci a zpřesnění výsledků



Malargüe















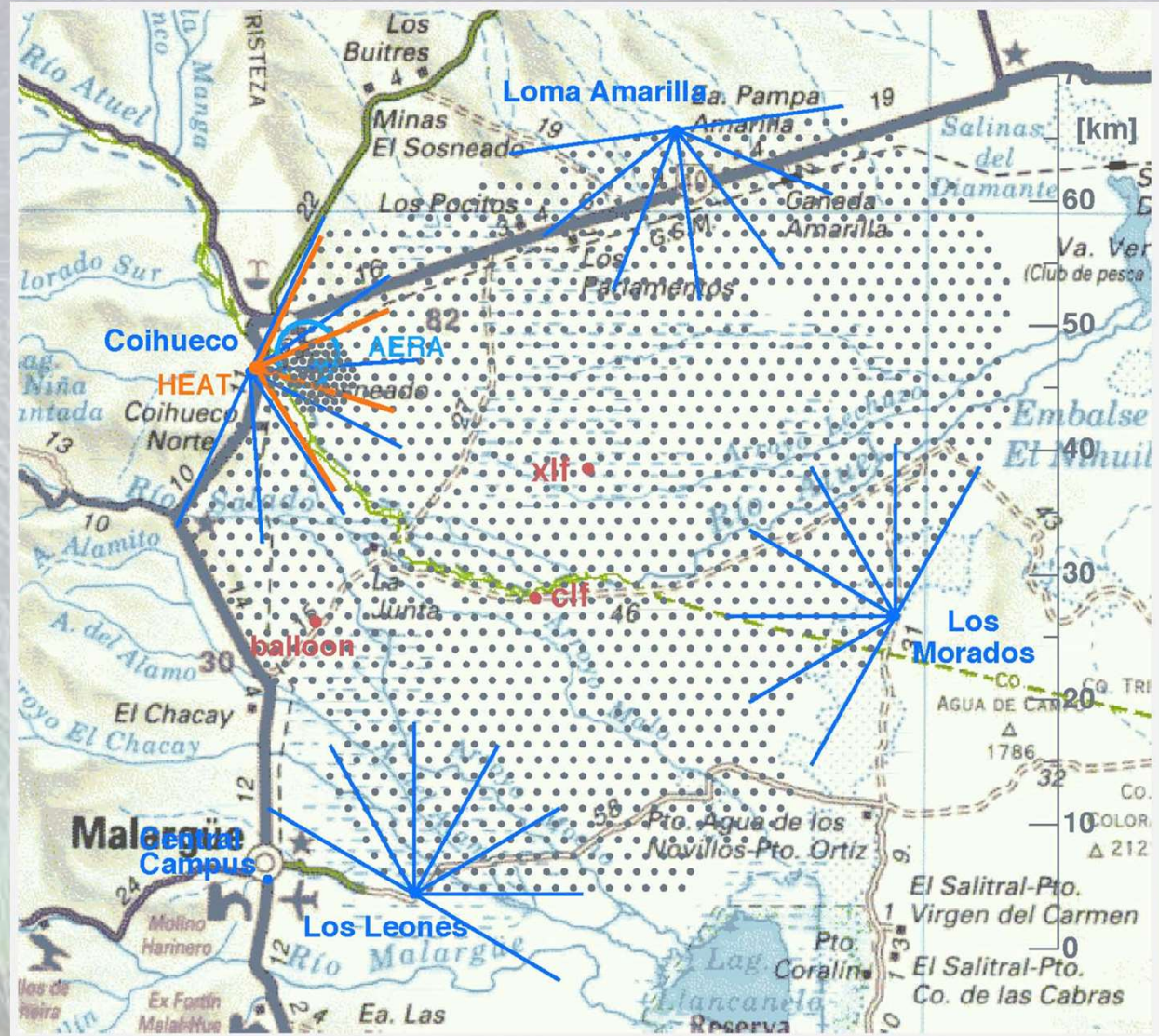
# Zpátky k Observatoři Pierra Augera

## - povrchový detektor

- 1663 vodních Čerenkovových detektorů, 1,5 km od sebe, na ploše asi 50 krát 60 km

## - fluorescenční detektor

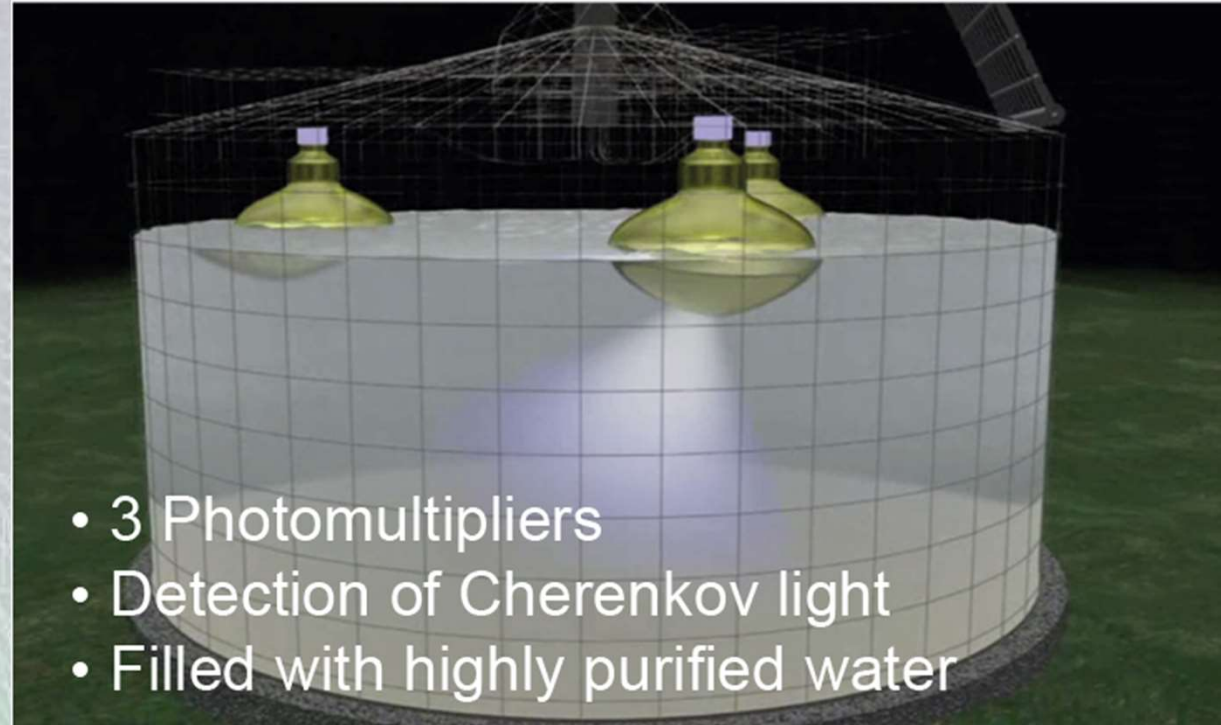
- 24 teleskopů ve 4 budovách umístěných po obvodu plochy pokryté povrchovými detektory





# Vodní Čerenkovův detektor

- částice spršky se pohybují rychleji, než rychlost světla ve vodě – Čerenkovovo záření
- množství světla je úměrné počtu částic
- přepočítání ze signálu v jednotlivých stanicích na primární energii závisí na simulacích
- není možné přímo pozorovat maximum spršky
- je citlivý i na skloněné spršky
- pracuje nepřetržitě



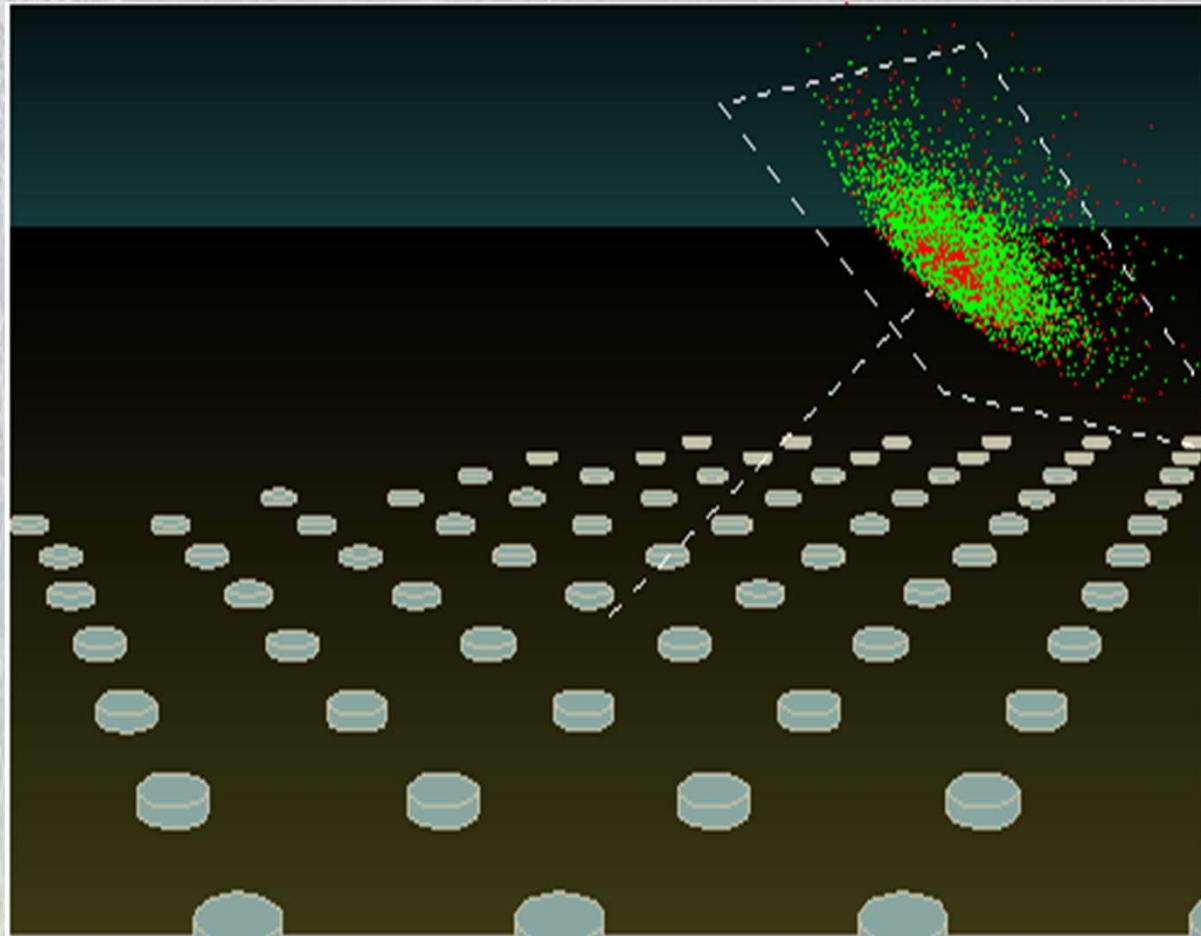






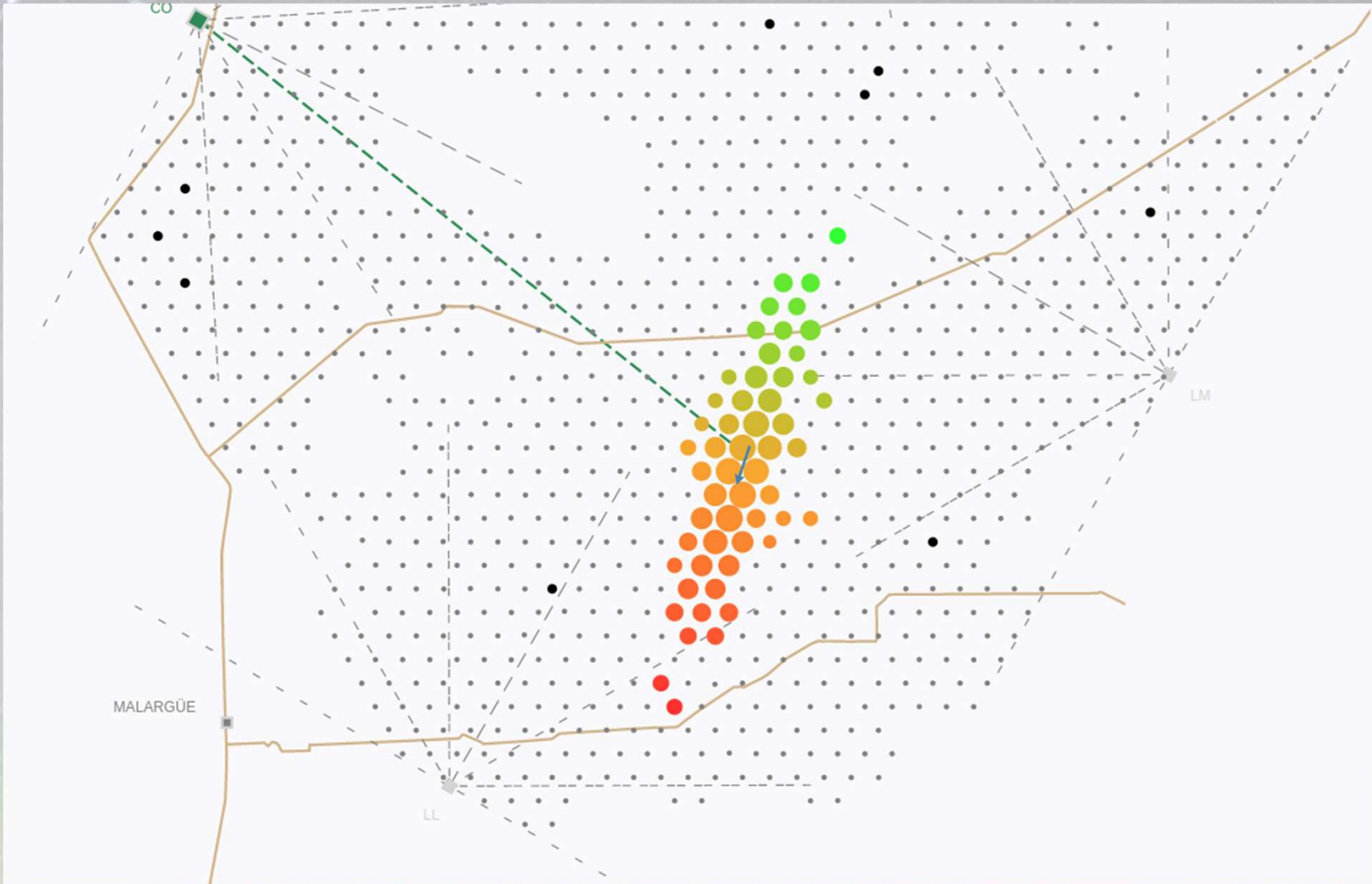


# Povrchový detektor





# Co vidí operátor?

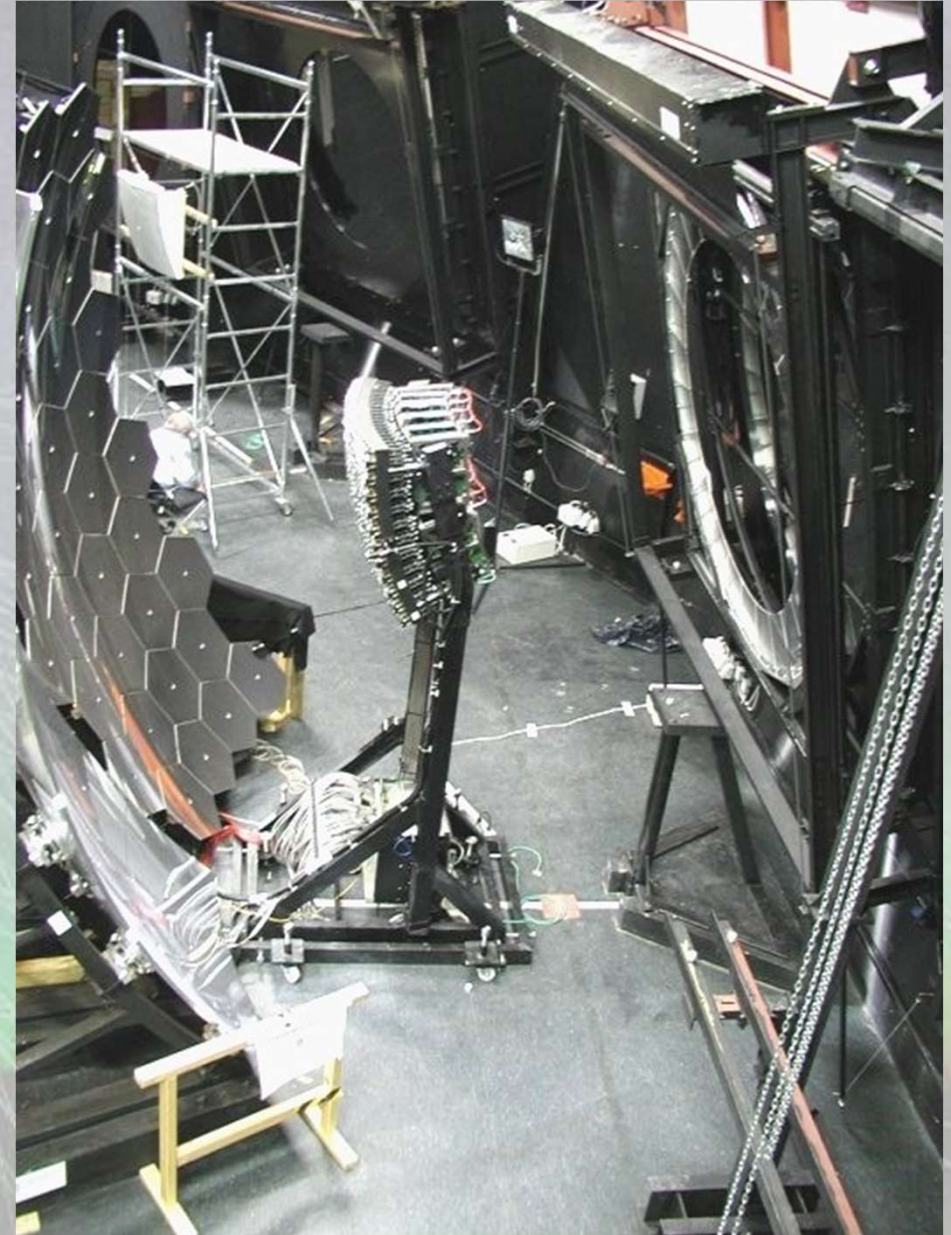


- barva označuje čas příletu
- velikost označuje množství deponované energie
- zrekonstruovaná energie 46 EeV



# Fluorescenční detektor

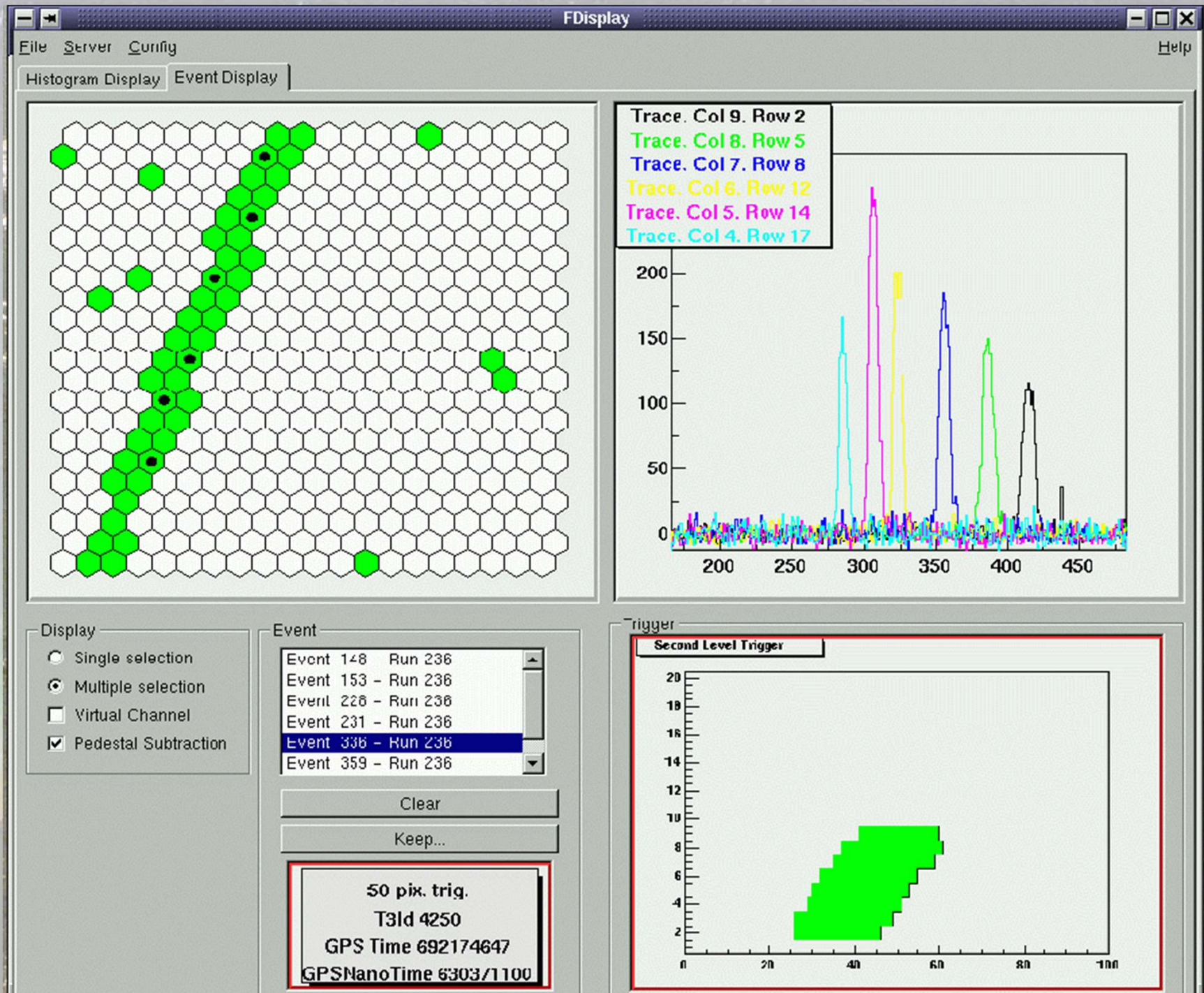
- částice spršky ionizují a excitují molekuly dusíku v atmosféře
- při přechodu do základního stavu emituje dusík modré světlo (300 - 400 nm)
- emituje v klidu – tedy do všech směrů
- množství vyzářeného světla je úměrné energii primární částice
- fluorescenční teleskopy sledují přímo podélný rozvoj spršky
- emise je velmi slabá, použití jen za jasných bezměsíčných nocí (~15% času)







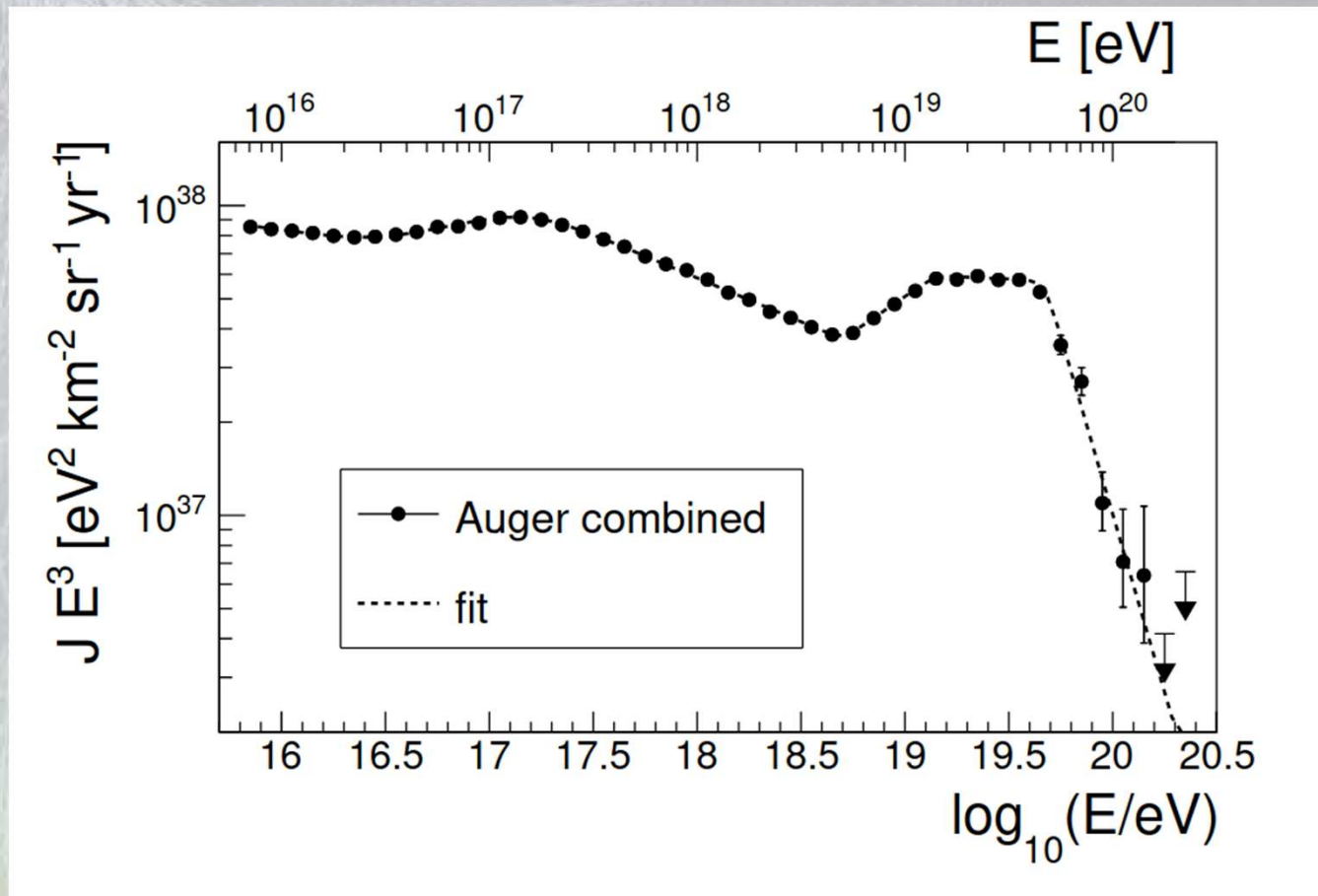
# Jak vidí spršku operátor?





# Nejdůležitější výsledky

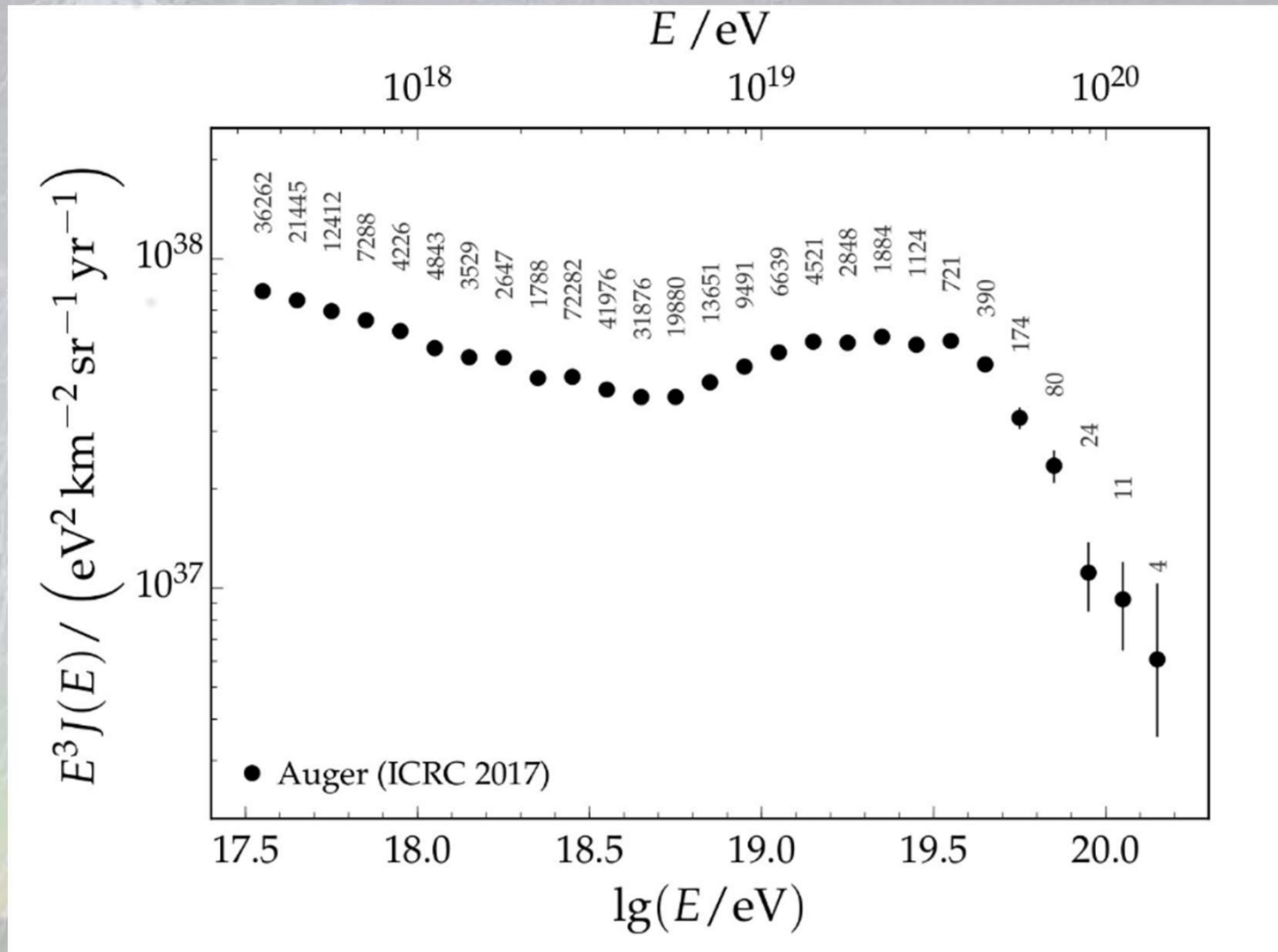
- Energetické spektrum s vysokou statistikou



- po mnoha letech byla prokázána nová struktura v oblasti GZK meze
- není ale jisté, o které částice se jedná – GZK mez nebo maximum urychlování ve zdrojích?

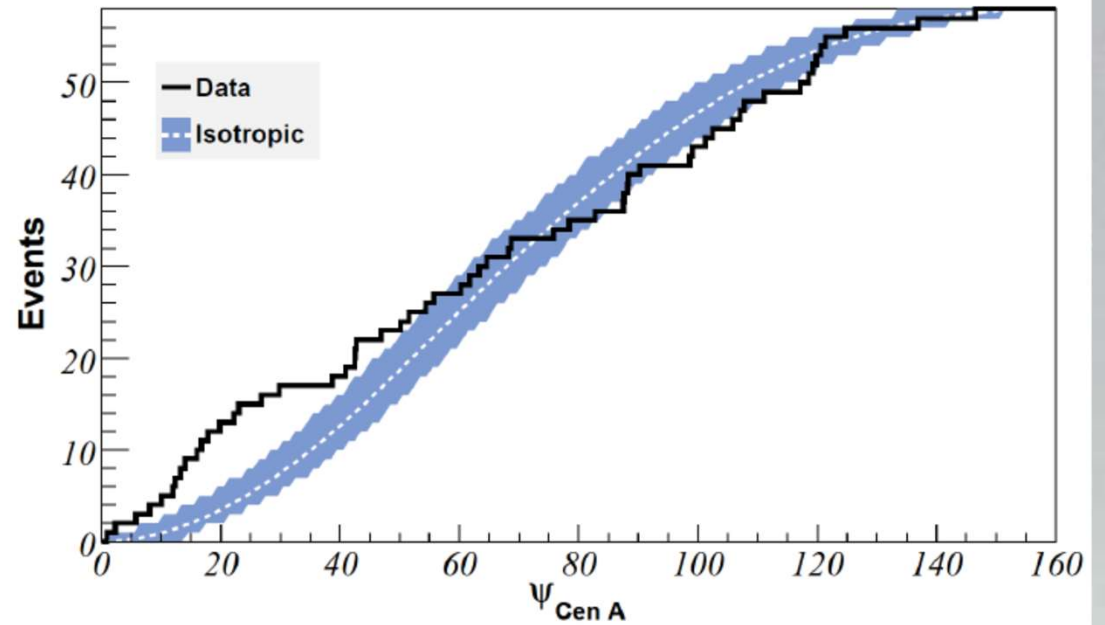
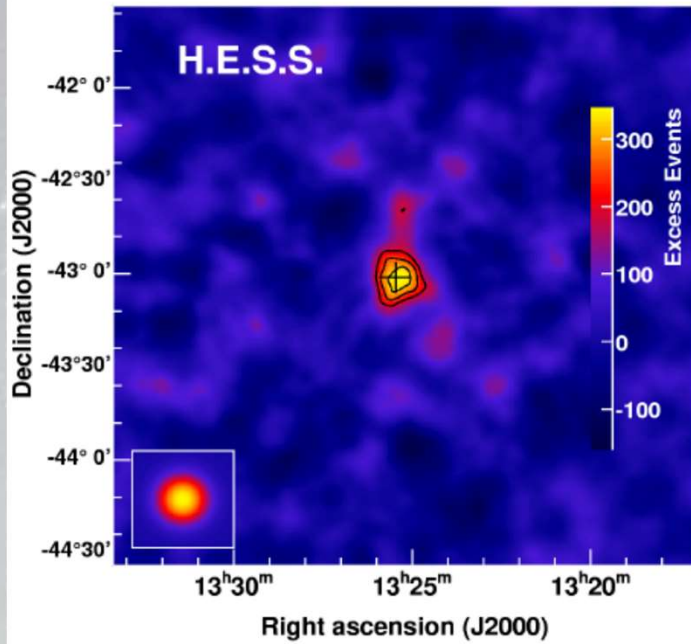


## Jaké jsou vlastně četnosti částic?



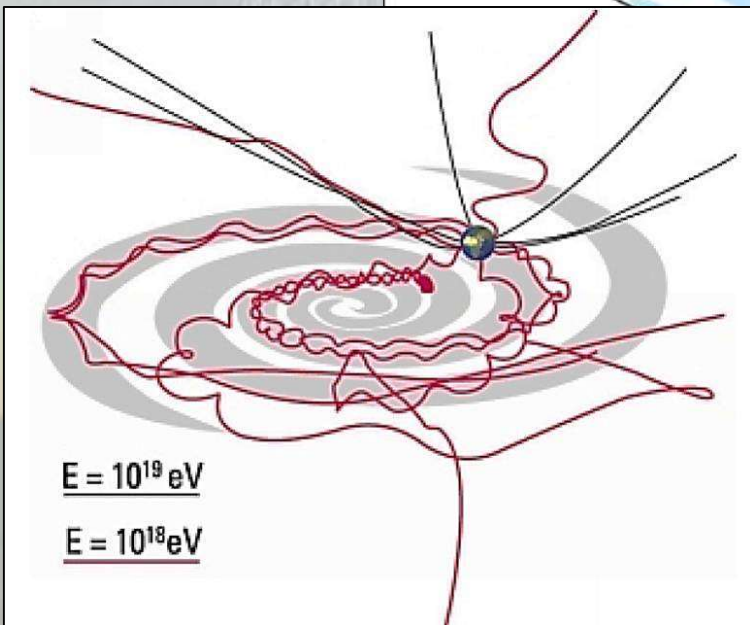
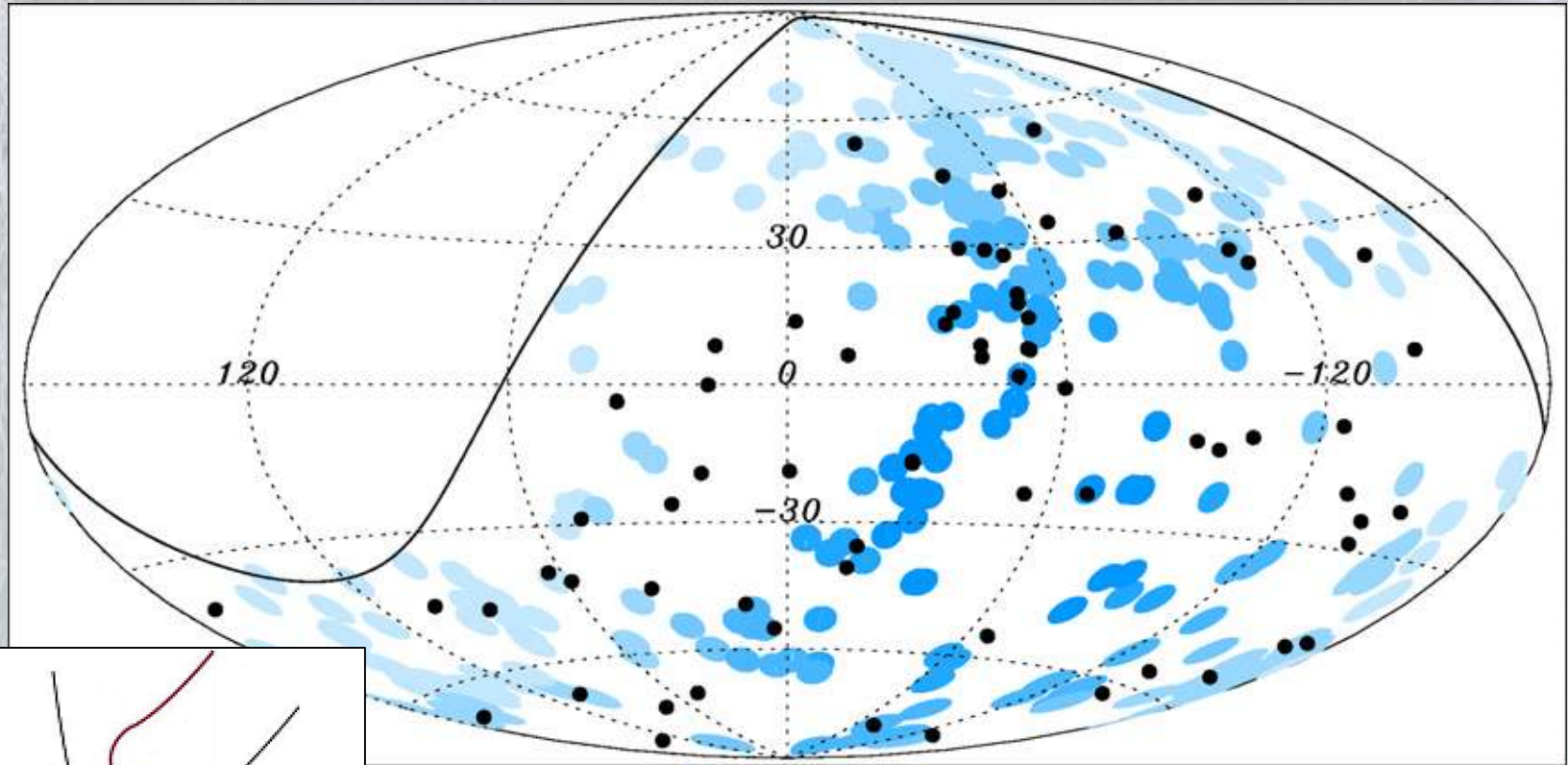


# Odkud částice přicházejí? Aktivní galaxie Centaurus A!





# Odkud částice přicházejí? Z jader aktivních galaxií s černými veledírami!





# Mionová záhada

- ve sprškách pozorujeme větší množství mionů, než predikují modely
- snahy o nápravu vedou k nesouhlasu u dalších parametrů spršky

