

---



# Česká zrcadla pod Andami

Martin Vlček



# Osnova

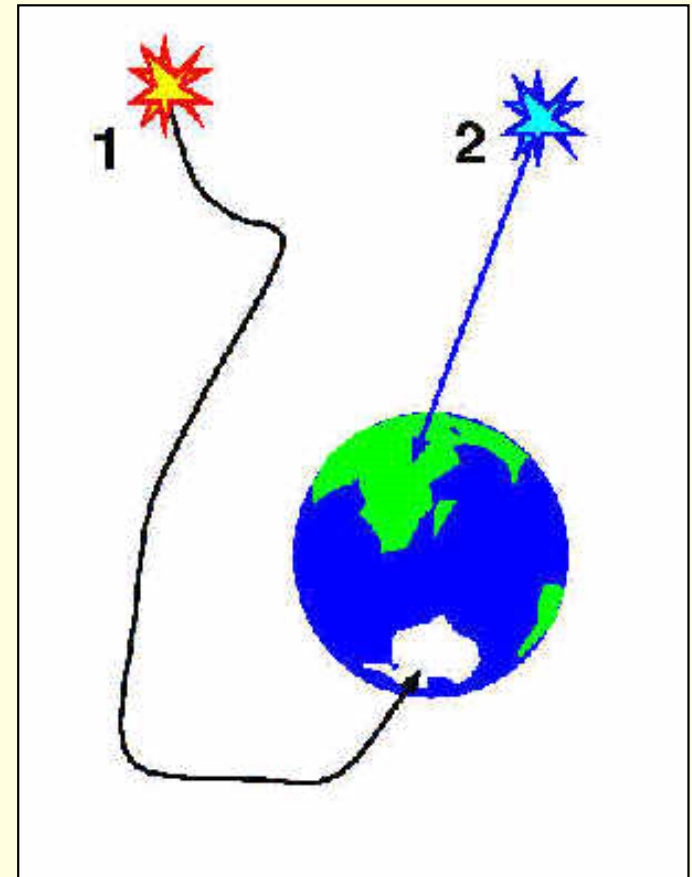
---

- kosmické záření
  - co je kosmické záření
  - historie objevu kosmického záření
  - jak kosmické záření pozorujeme
  - různé projekty pozorující kosmické záření
- projekt Pierre Auger Observatory v Argentině
  - cíle projektu Auger
  - povrchový detektor
  - fluorescenční detektor
  - naše úloha v tomto projektu
- fotografie z cest do Argentiny

# Co je kosmické záření ?

Kosmické záření je tvořeno částicemi, které přicházejí z vesmíru a neustále bombardují naši Zemi ze všech směrů.

Většinu kosmického záření tvoří **protony**, dále pak atomová jádra lehčích prvků a elektrony.



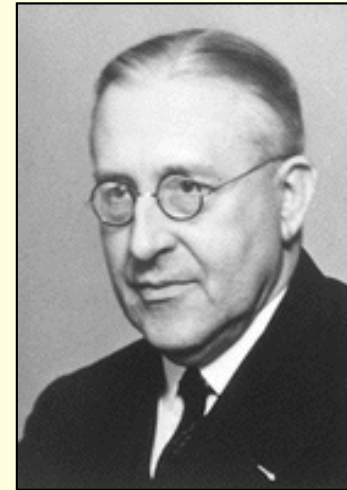
# Historie objevu kosmického záření

---



**Victor Hess** (1883 – 1964)

rakouský fyzik  
balónové lety 1910 – 1912  
výška až 6000 m  
starty z Ústí nad Labem  
Nobelova cena – 1936

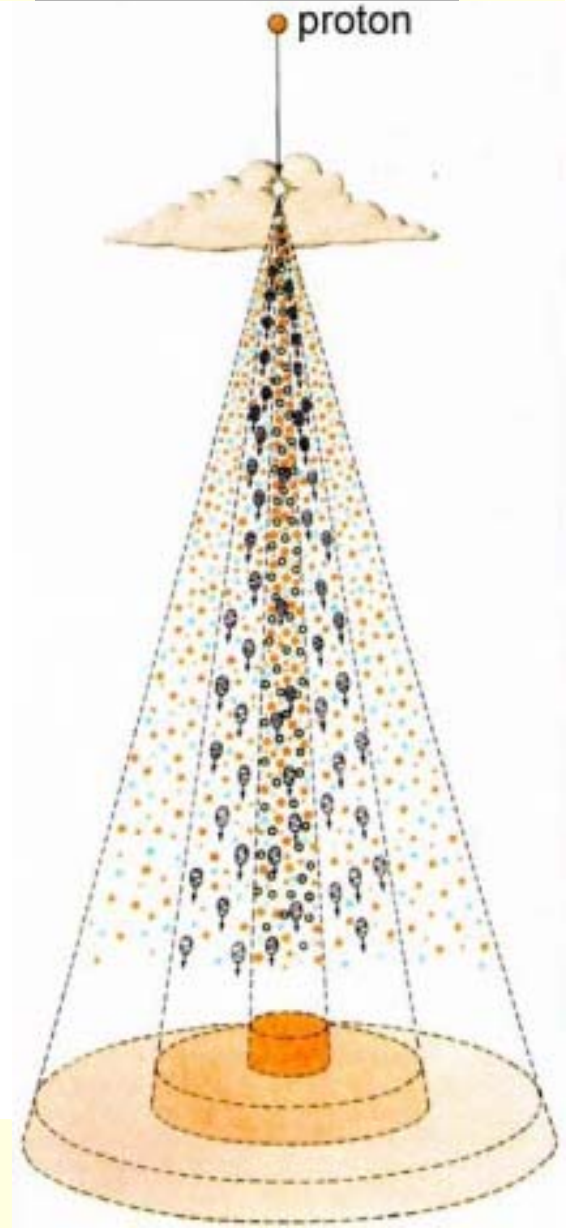
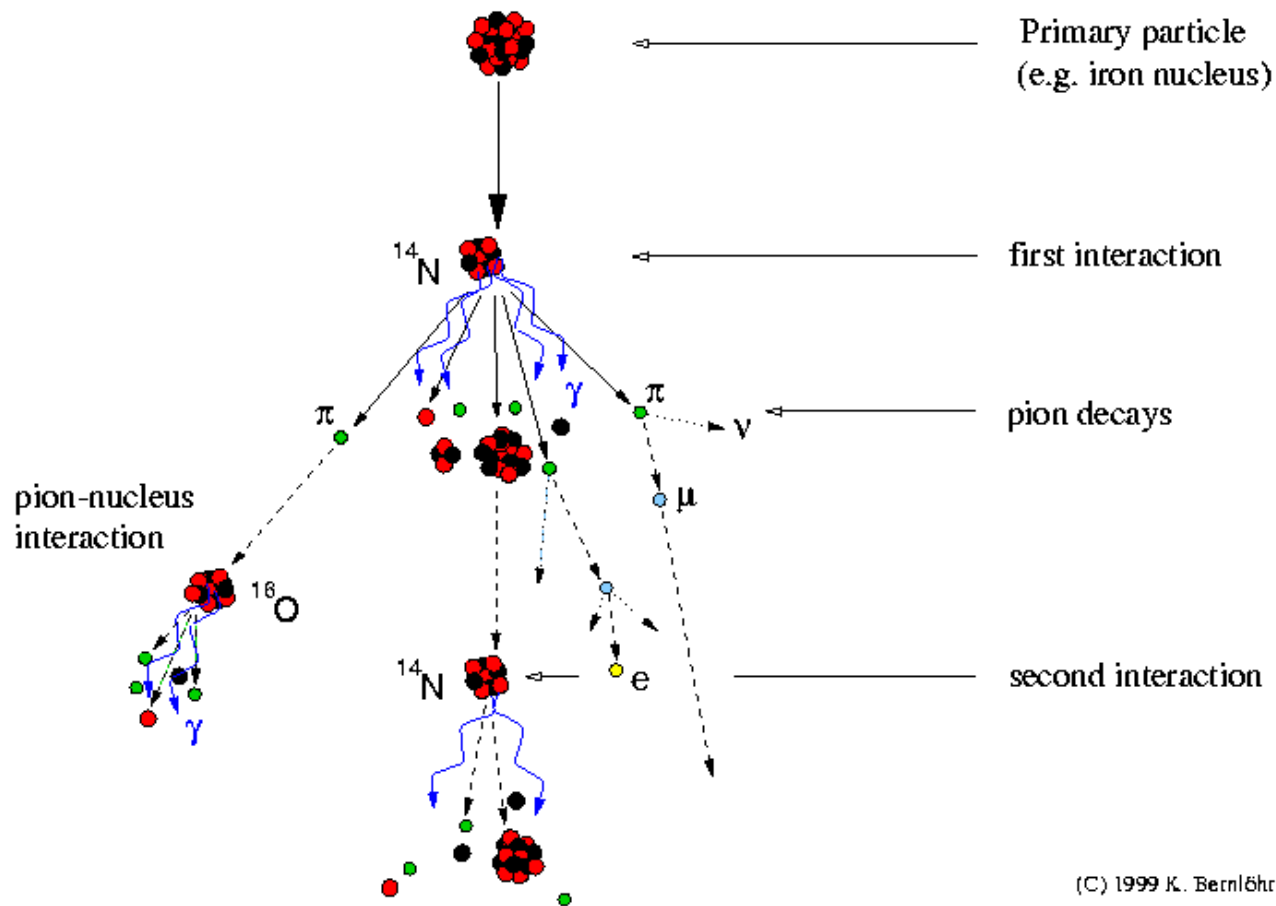


**Pierre Auger** (1899 – 1993)

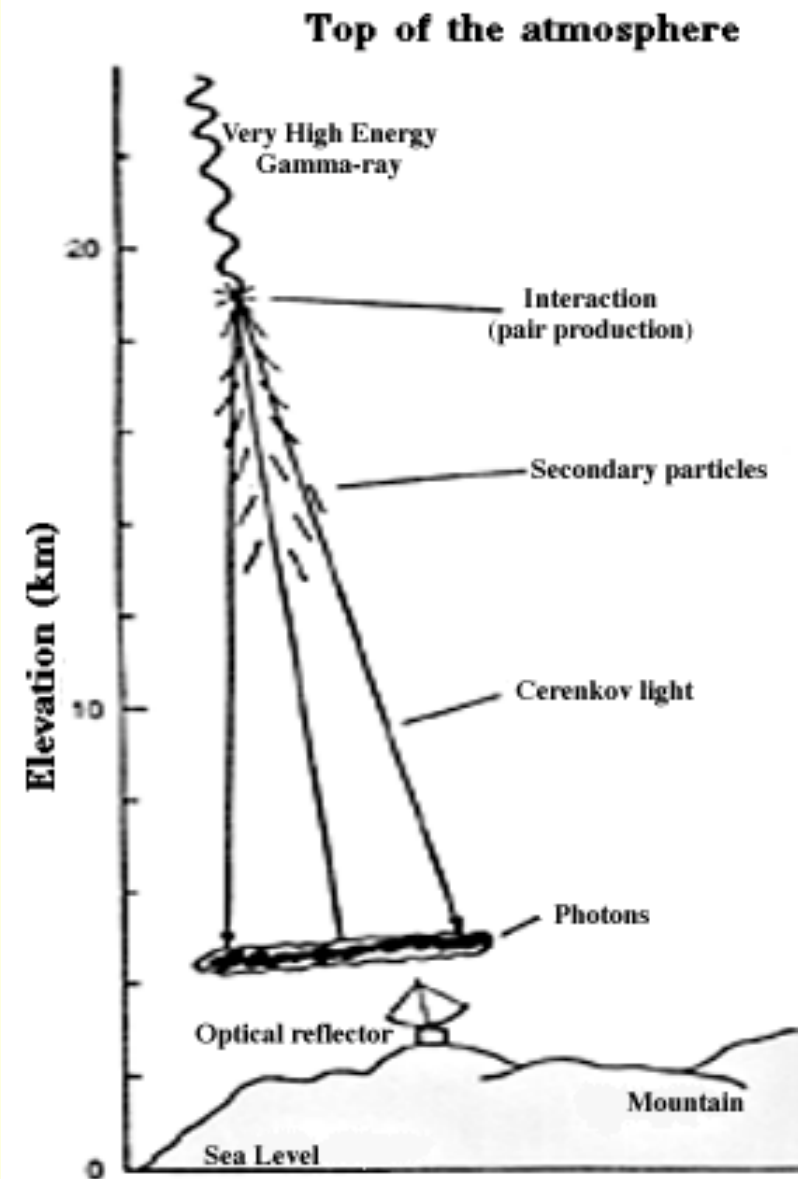
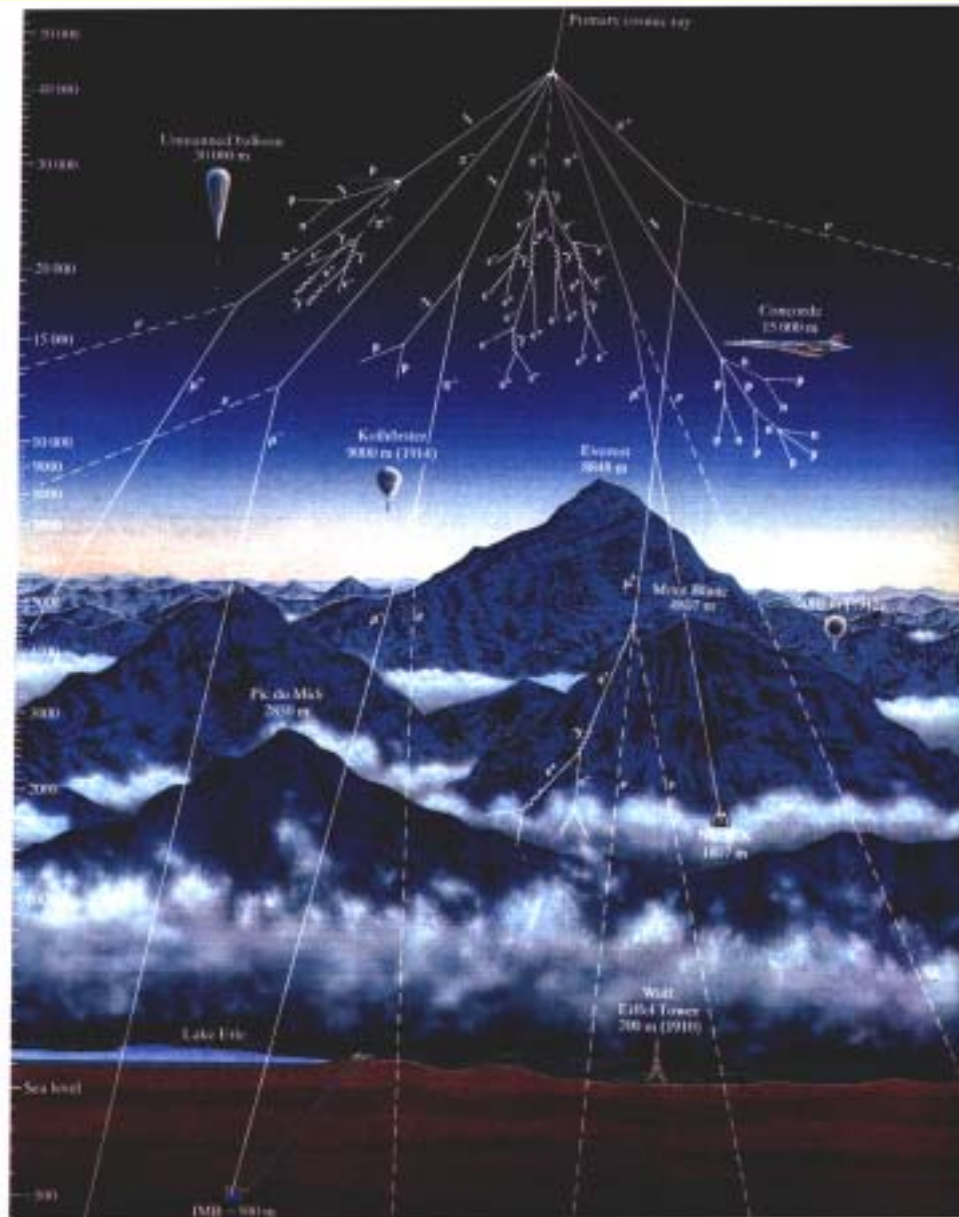
francouzský fyzik  
výzkumy ve 20. a 30. letech  
1938 - objev atmosférických spršek kosmického záření

# Co se děje při vstupu částice kosmického záření do atmosféry ?

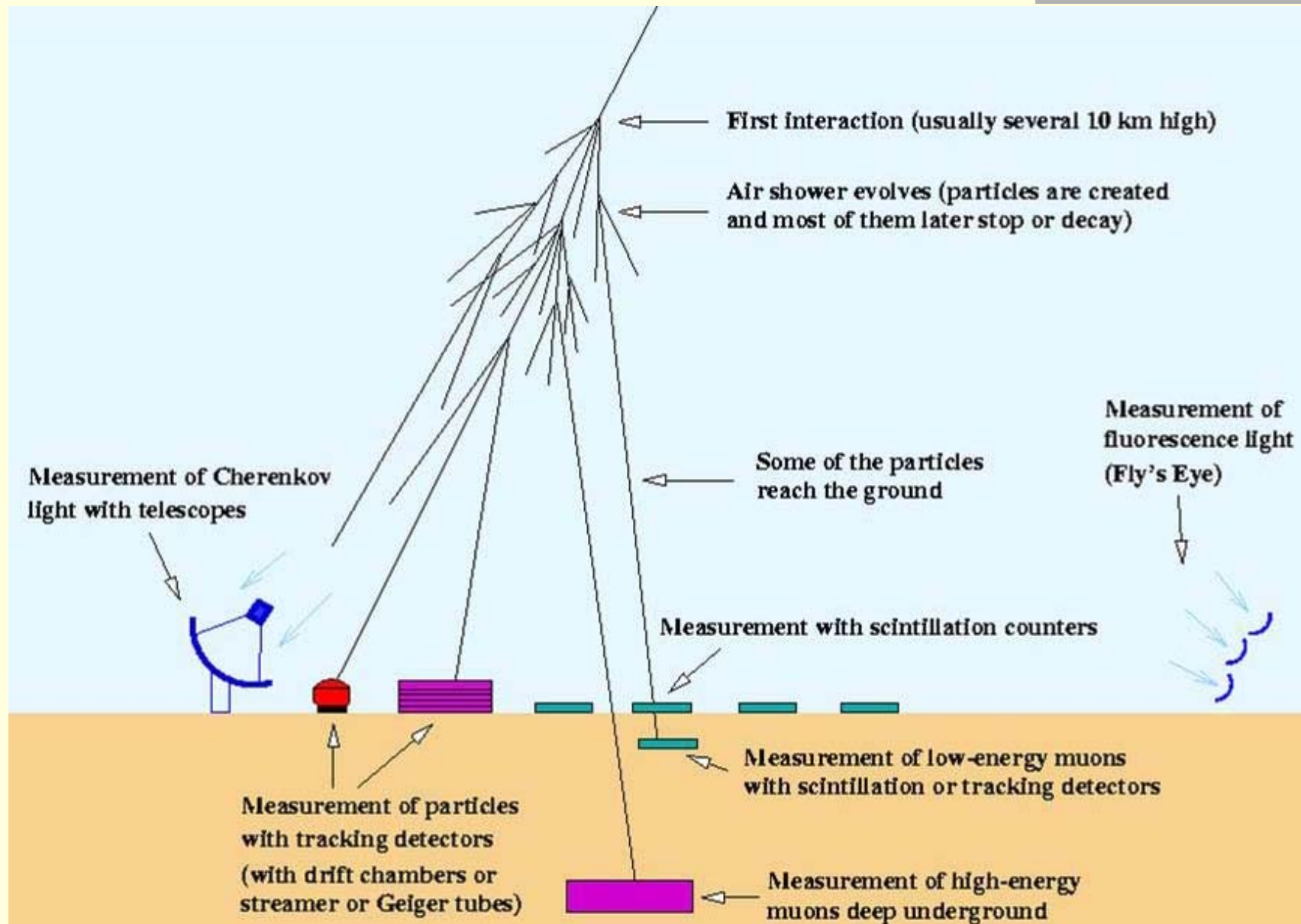
Development of cosmic-ray air showers



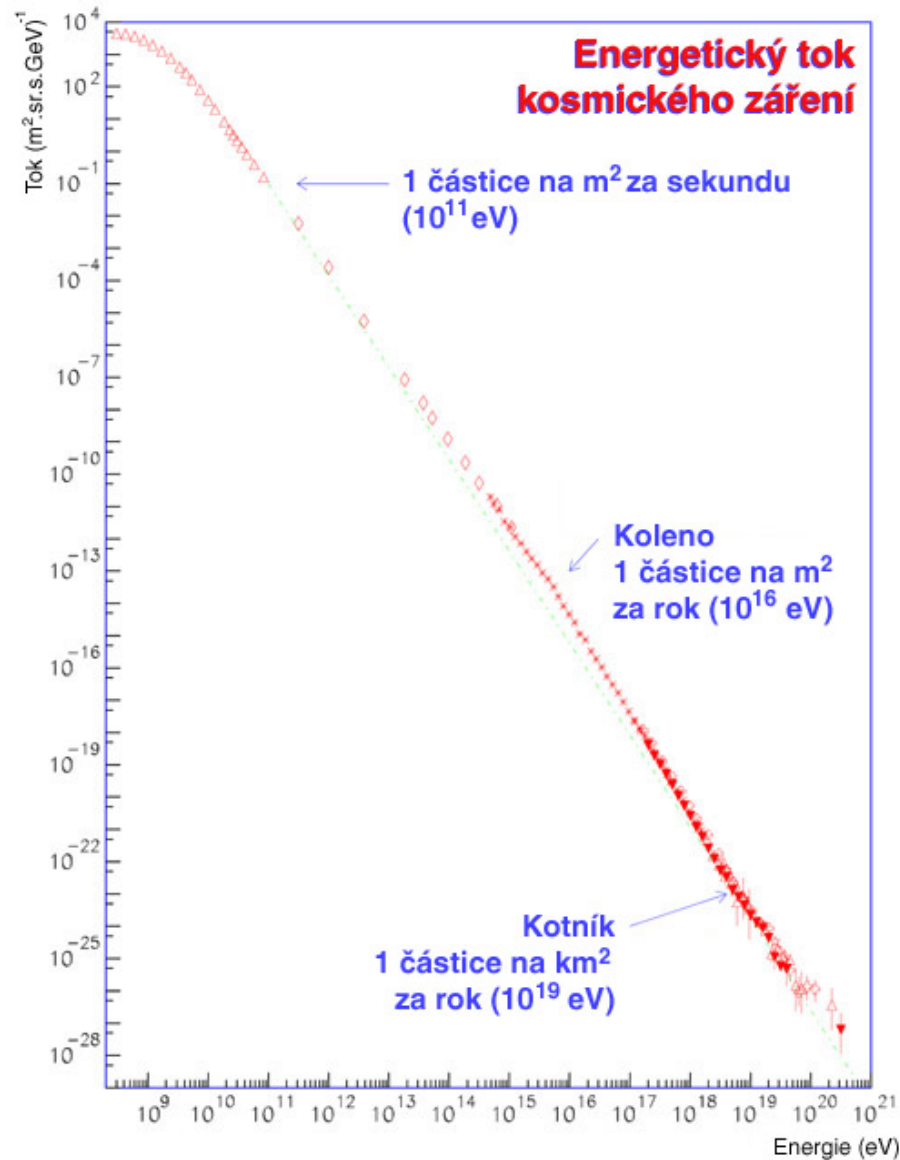
# Co se děje při vstupu částice kosmického záření do atmosféry ?



# Jak se kosmické záření detekuje ?

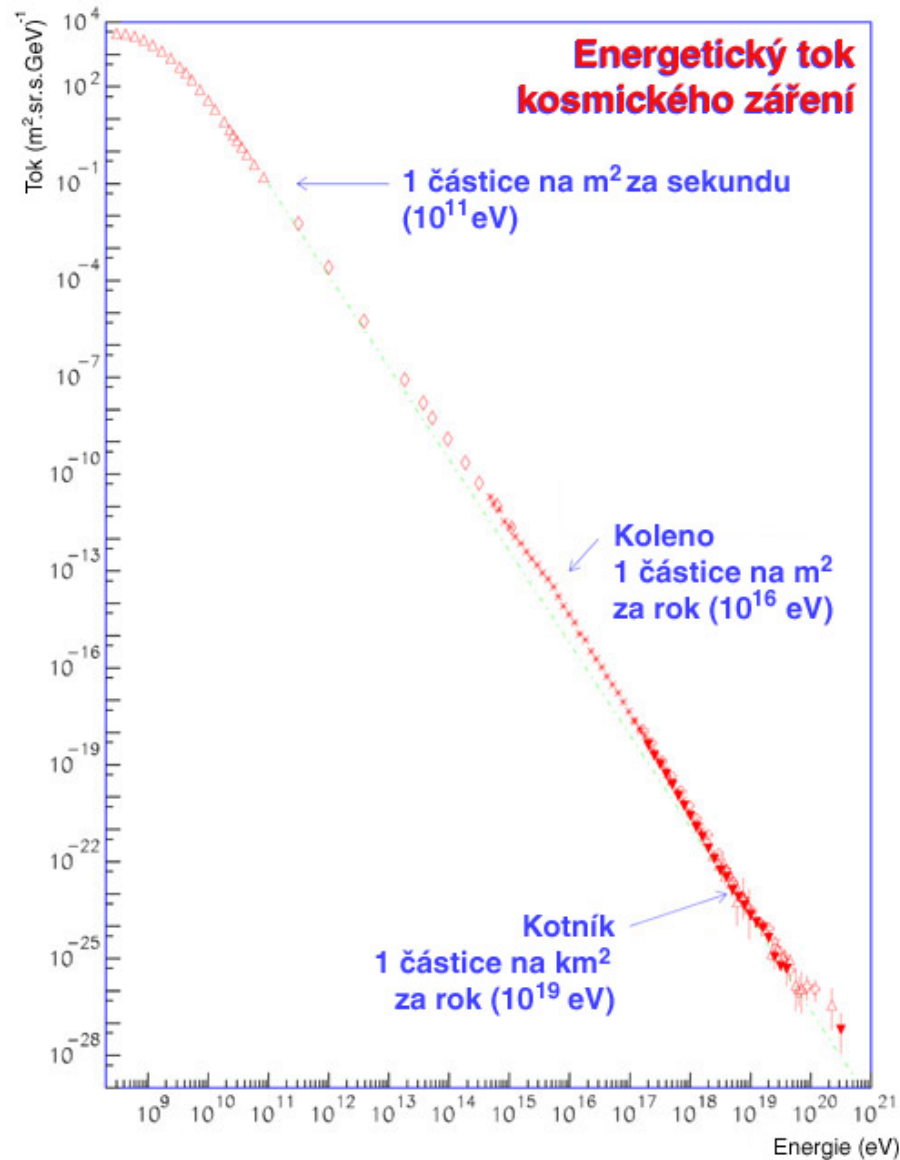


# Jak jsou spršky způsobené kosmickým zářením časté ?



- 1 GeV – 10 000 na  $\text{m}^2$  / s
- $10^{11}$  eV – 1 na  $\text{m}^2$  / s
- $10^{16}$  eV – 1 na  $\text{m}^2$  / rok
- $10^{19}$  eV – 1 na  $\text{km}^2$  / rok
- $10^{21}$  eV – 1 na  $\text{km}^2$  / století

# Jaké jsou energie dopadajícího kosmického záření ?



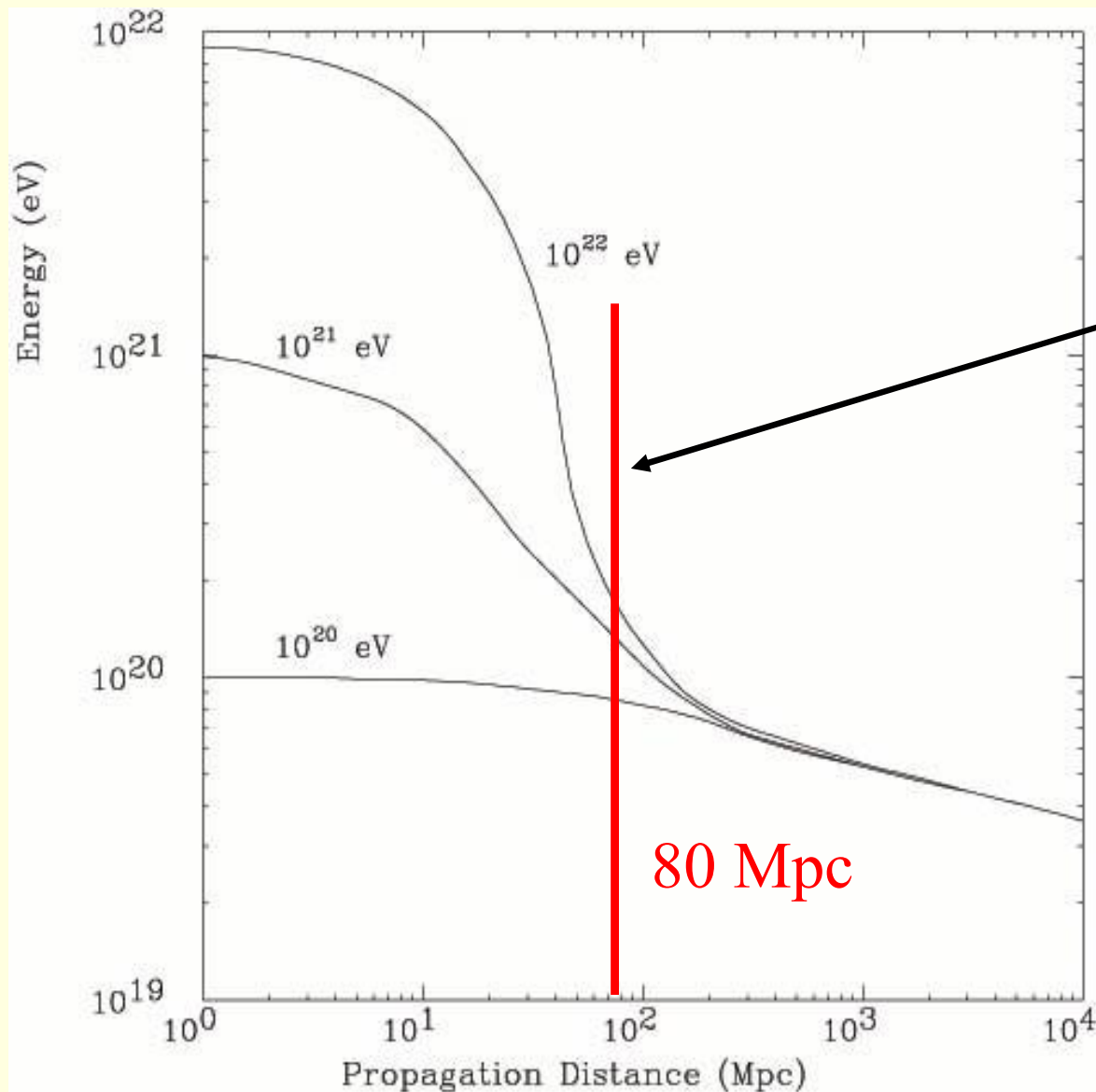
Teoretické maximum energií dopadajícího kosmického záření odvodili

**Greisen, Zatsepin, Kuzmin**

roku 1966

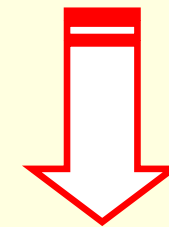
**$5 \cdot 10^{19}$  eV** – GZK cut off

# Jaké jsou energie dopadajícího kosmického záření ?



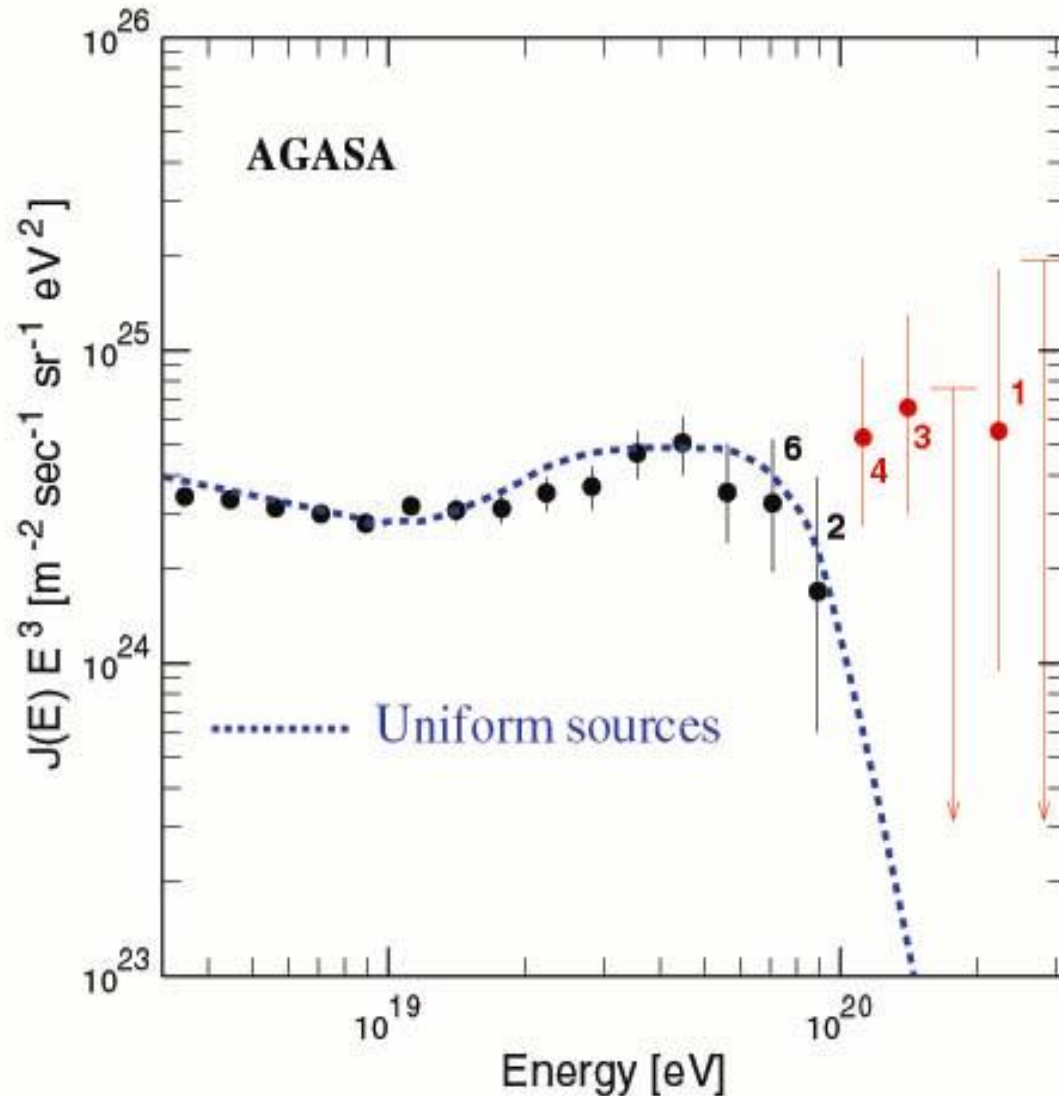
GZK cut off

$5 \cdot 10^{19}$  eV



Částice kosmického záření s vyššími energiemi bychom vůbec neměli pozorovat !

# Jaké jsou energie dopadajícího kosmického záření ?



1962 – první detekce kosmického záření o energii  $10^{20}$  eV – John Linsley

1991 – Fly's Eye detekuje kosmické záření o energii  $3 \cdot 10^{20}$  eV

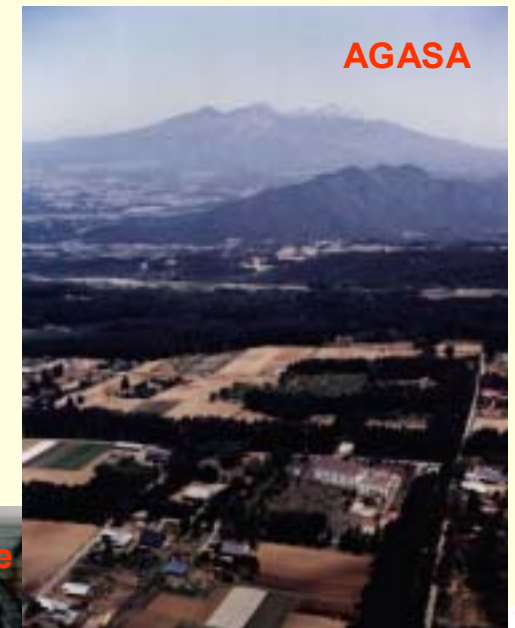
1994 – AGASA detekuje kosmické záření o energii  $2 \cdot 10^{20}$  eV

# Detektory kosmického záření s extrémně vysokými energiemi

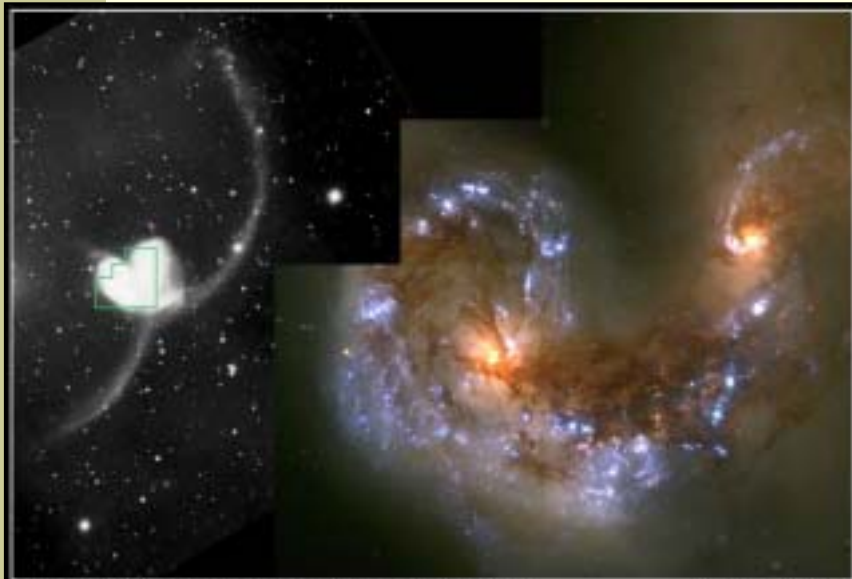
Za více než **40 let měření** bylo pomocí 7 různých detektorů detektováno zhruba 200 částic s energiemi nad  $4 \cdot 10^{19}$  eV a pouhých **20 částic** s energiemi nad  $10^{20}$  eV.



- Volcano Ranch, USA (1959 – 1963)
- SUGAR, Austrálie (1968 – 1979)
- Haverah Park, UK (1968 – 1987)
- Jakutsk, Rusko (1970 – dosud)
- Fly's Eye, USA (1981 – 1992)
- AGASA, Japonsko (1990 – dosud)
- HiRes, USA (1998 – dosud)



# Původ kosmického záření

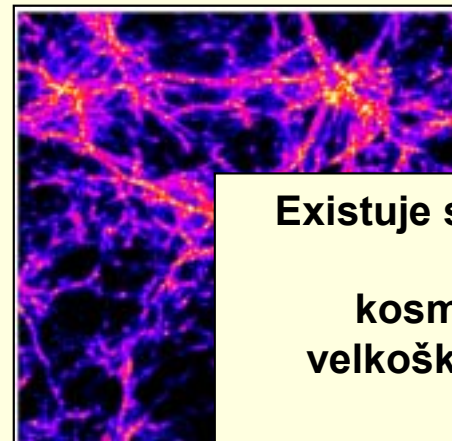


Srážka galaxií: možné místo vzniku částic kosmického záření

- Záření s nižšími energiemi ( $10^{11} - 10^{18}$  eV) vzniká převážně **v supernovách**, tj. během katastrofického zániku hmotných hvězd.
- Místa vzniku kosmického záření s nejvyššími energiemi zatím **nejsou neznámá** (nejspíš ale leží mimo Galaxii).
- **Řešení** – nová fyzika, nové objekty? (Nutně potřebujeme detektovat více částic s energiemi nad  $10^{20}$  eV...)



Kvasary a aktivní jádra galaxií:  
Další možnost pro vznik částic kosmického záření



Existuje souvislost rozložení zdrojů kosmického záření s velkoškálovou strukturou vesmíru?



# The Pierre Auger Observatory

Klade si za cíl pozorovat kosmické záření o energiích vyšších jak  **$10^{19}$  eV**.

**1995** – počátky projektu

Duchovními otci projektu jsou

**Alan Watson** (University of Leeds)

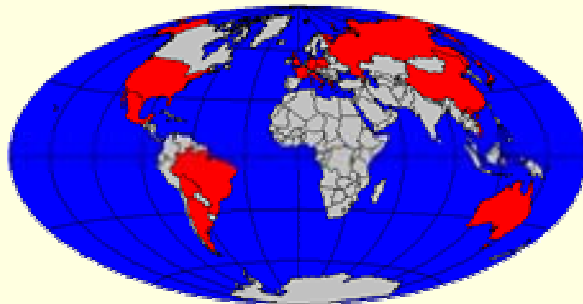
a nositel Nobelovy ceny za fyziku

**Jim Cronin** (University of Chicago).



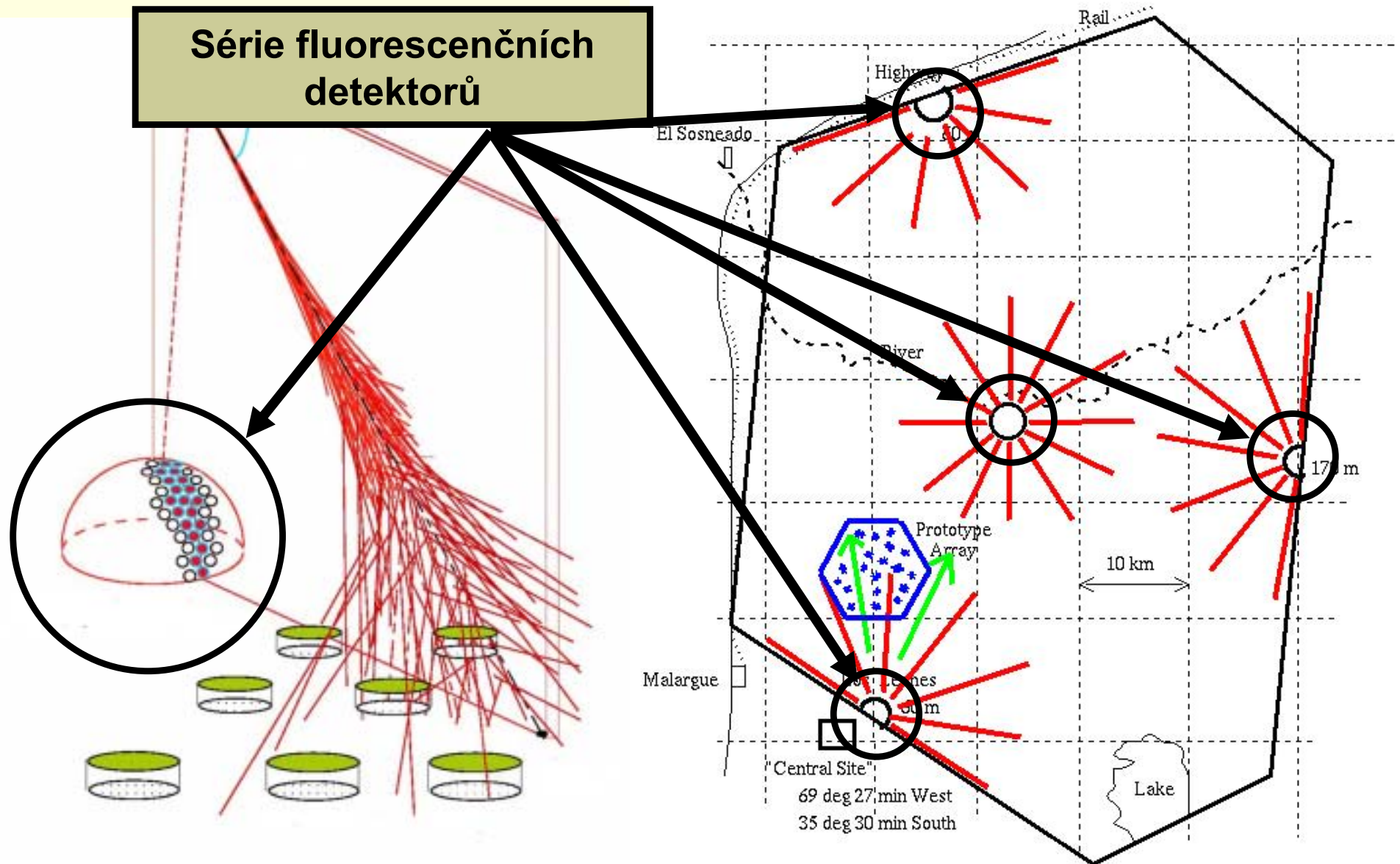
Podstatou The Pierre Auger Observatory je mezinárodní spolupráce více než 250 vědců z mnoha zemí světa.

**Česká Republika** je součástí od roku 1999.

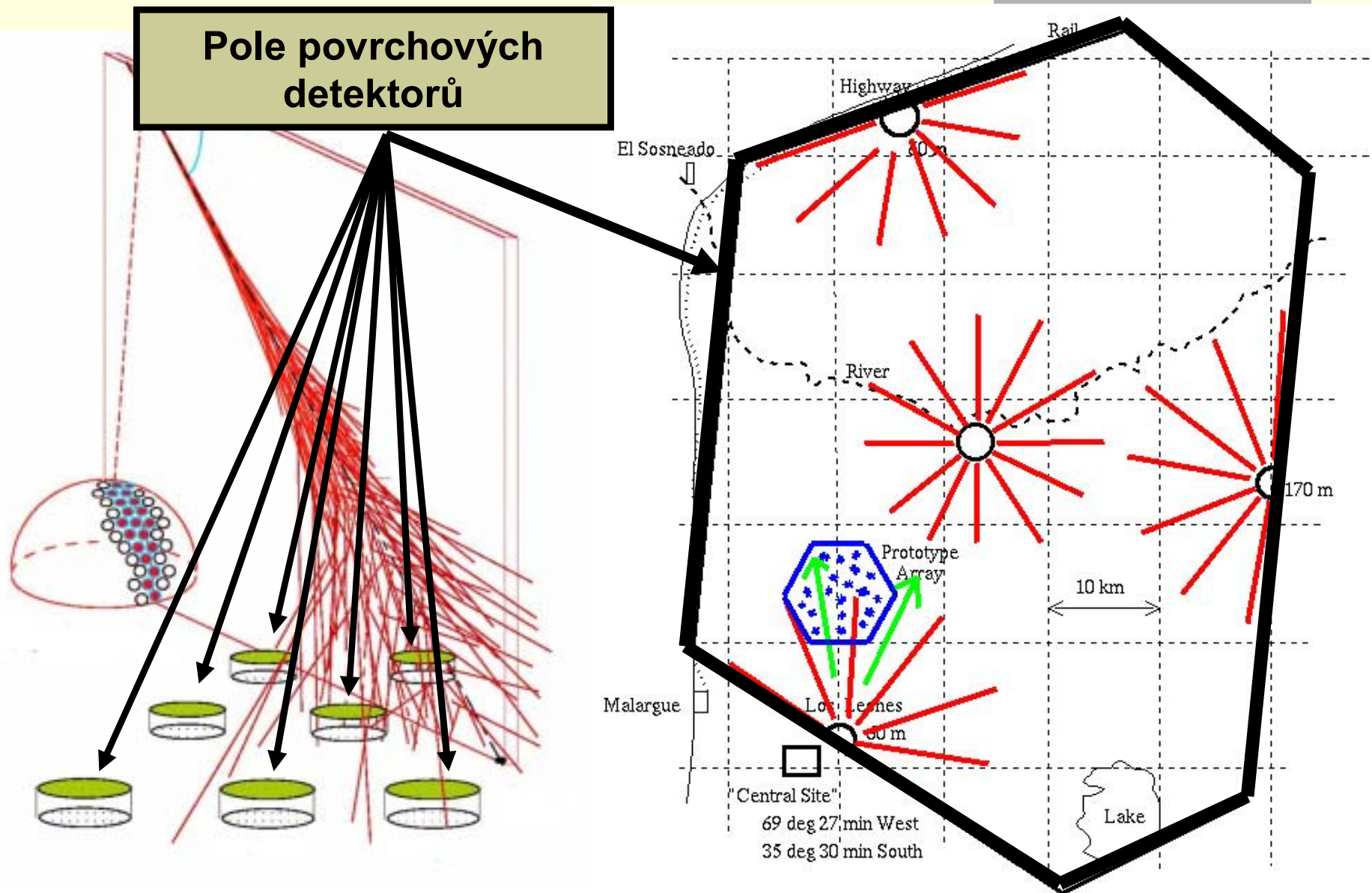




# The Pierre Auger Observatory je hybridní detektor kosmického záření



# The Pierre Auger Observatory je hybridní detektor kosmického záření



# Pozemní detektory projektu The Pierre Auger Observatory

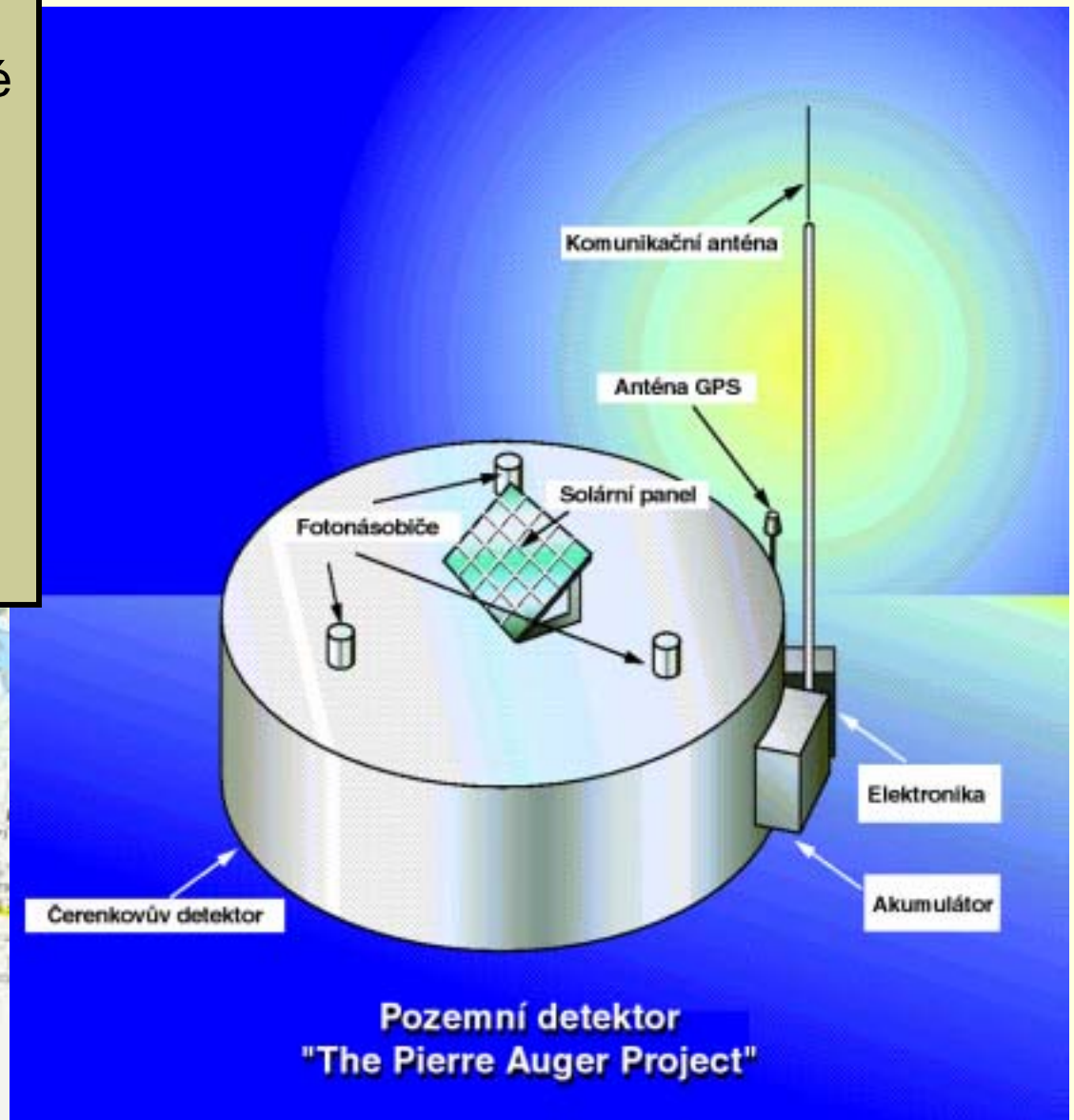
## Pozemní detektory:

*Pokrytá plocha:* 3000 km<sup>2</sup> na každé polokouli.

*Počet detektorů:* 1600 na každé polokouli.

*Typ detektoru:* Detektor Čerenkovova záření, každý obsahuje 12 000 litrů čišťené vody a 3 fotonásobiče.

*Vzdálenost detektorů:* 1,5 km.



# Pozemní detektory projektu The Pierre Auger Observatory

---



# Pozemní detektory projektu The Pierre Auger Observatory

---



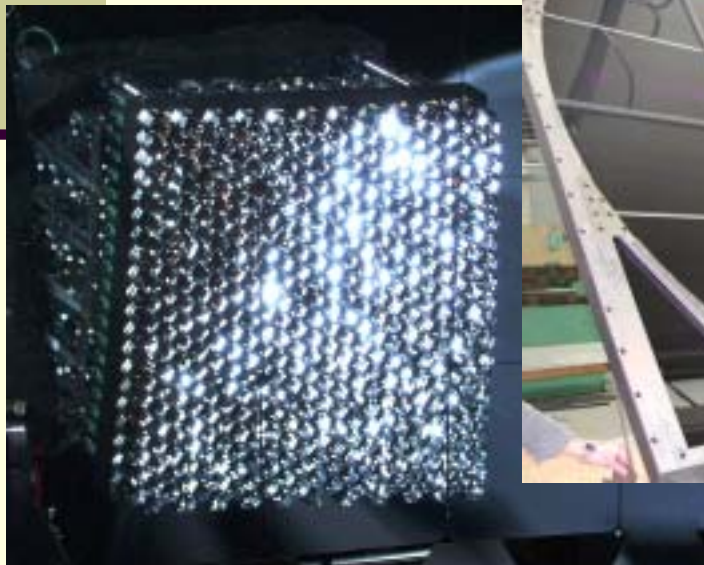
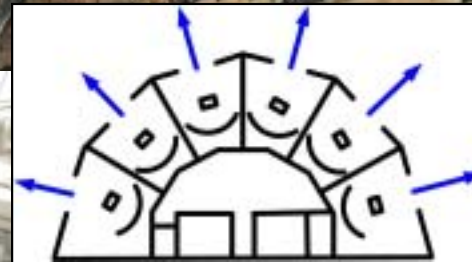
# Fluorescenční teleskopy projektu The Pierre Auger Observatory

## Fluorescenční teleskopy:

*Počet teleskopů:* 30 teleskopů na každé polokouli.

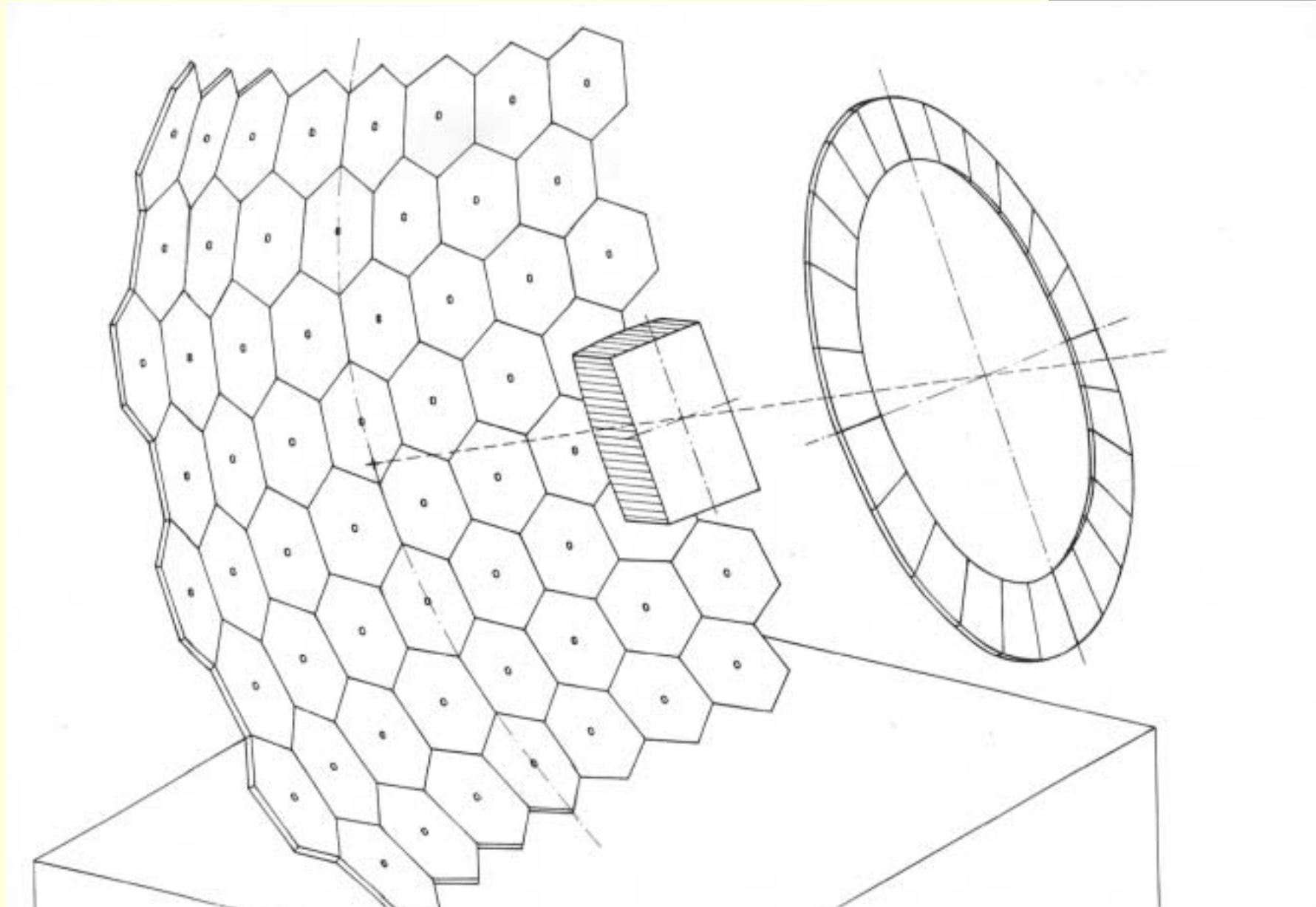
*Dosah:* 20 km pro spršky s energií  $10^{20}$  eV.

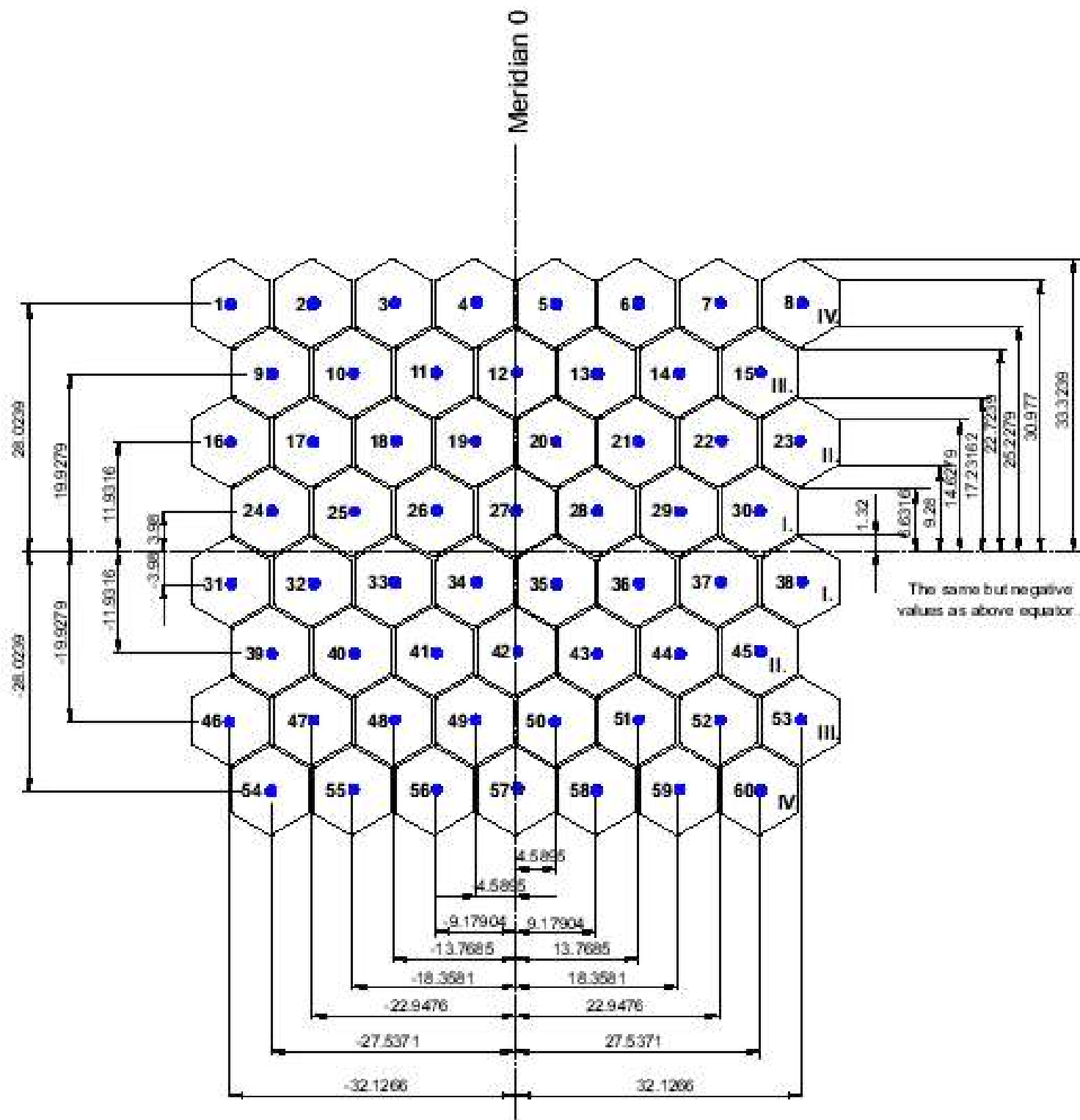
*Zrcadla:* 3,6 m x 3,6 m se zorným polem  $30^\circ \times 30^\circ$ , každý teleskop je vybaven 440 fotonásobiči.



# Fluorescenční teleskopy projektu The Pierre Auger Observatory

---



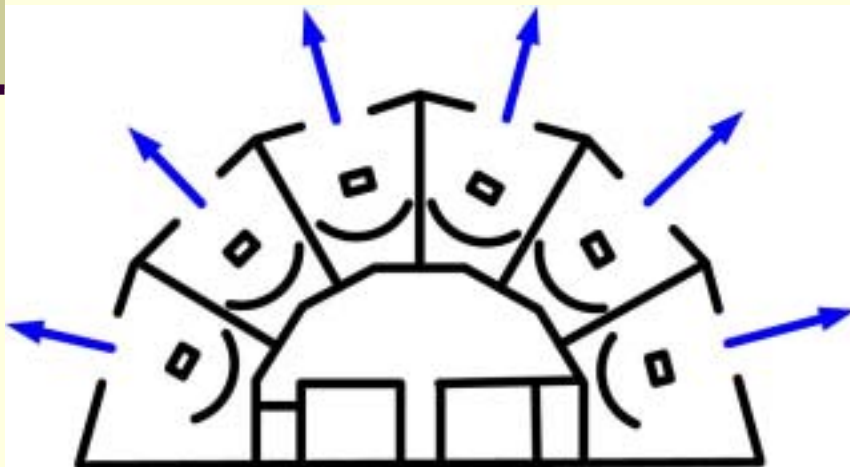


# Fluorescenční teleskopy projektu The Pierre Auger Observatory

Los Leones – německá zrcadla



Coihueco – česká zrcadla



6 teleskopů x 60 zrcadel + 4 rezervní  
= 384 zrcadel





# Instalace zrcadel na prototyp The Pierre Auger Observatory

---

