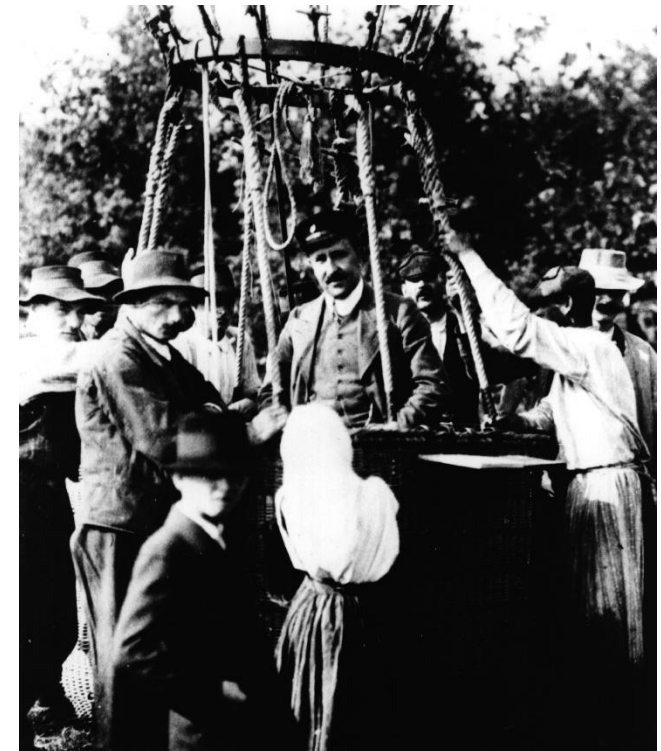


Vliv galaktického magnetického pole na příchozí směry kosmického záření

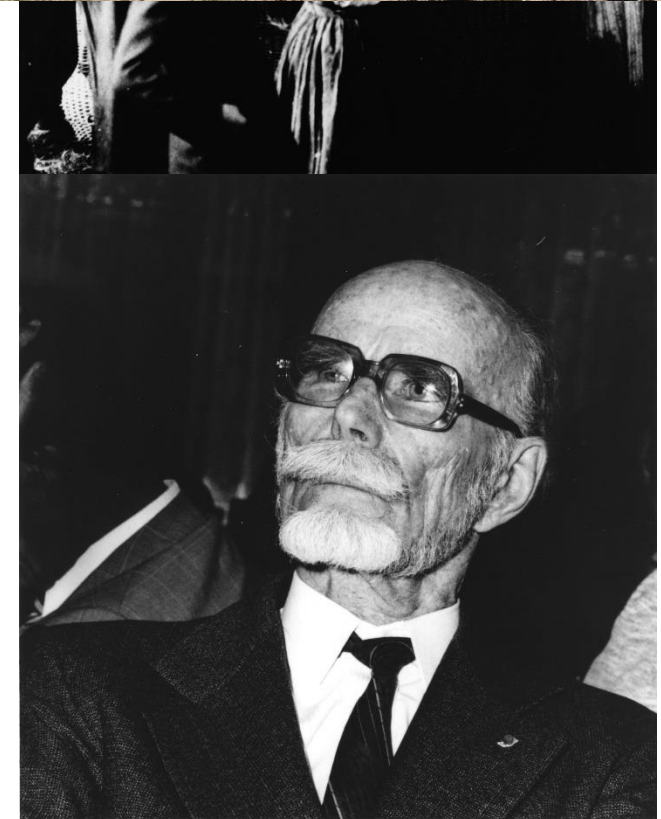
Motivace

- Kosmické záření bylo objeveno před více než 100 lety
- Pierre Victor Auger – objev spršek kosmického záření
- Kosmické záření ultravysokých energií objeveno před více než 50 lety (1962 John D Linsley)
- Zdroje kosmického záření o nejvyšších energiích stále nejsou známe
- Částice kosmického záření ale nesou o těchto zdrojích informace a objevení jejich zdrojů otevře dveře nové formě observační astronomie



Motivace

- Kosmické záření bylo objeveno před více než 100 lety
- Pierre Victor Auger – objev spršek kosmického záření
- Kosmické záření ultravysokých energií objeveno před více než 50 lety (1962 John D Linsley)
- Zdroje kosmického záření o nejvyšších energiích stále nejsou známé
- Částice kosmického záření ale nesou o těchto zdrojích informace a objevení jejich zdrojů otevře dveře nové formě observační astronomie



Detekované částice s nejvyšší energií

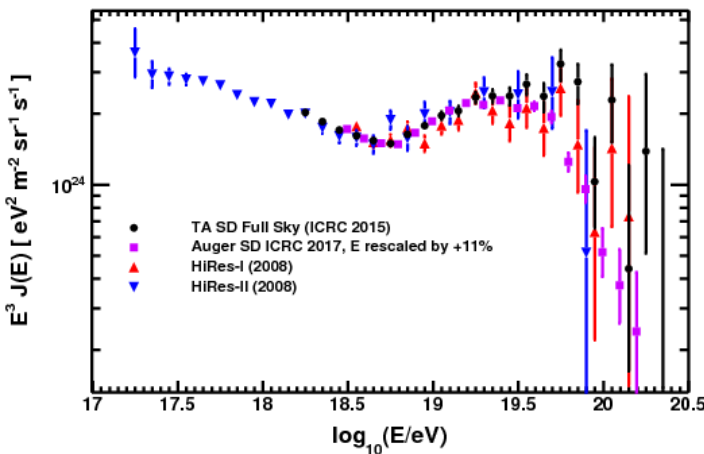
Za 40 let detekce kosmického záření přibližně 20 případů s energií $> 10^{20}$ eV.

Rekordní případy :

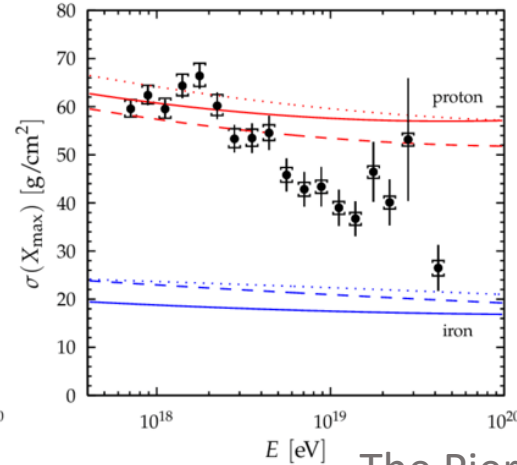
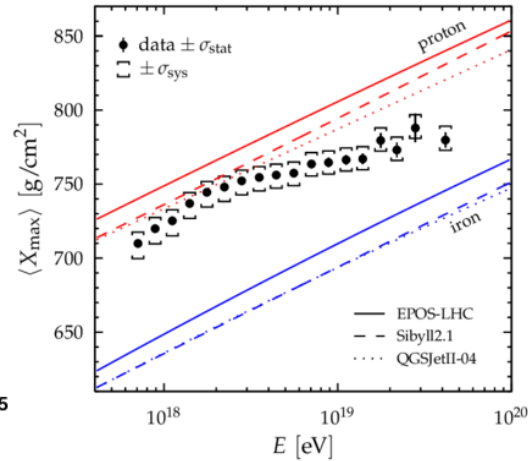
- 1991 - detektor „Muší oko“ (Fly's Eye) v Utahu $3,2 \times 10^{20}$ eV
→ Tzv. „*Oh-My-God particle*“, energie odpovídá kinetické energii baseballového míčku letícího rychlostí 94 km/h
- 1993 - detektor AGASA v Akeno (Japonsko) 2×10^{20} eV
- Auger kolem 2×10^{20} eV

Kosmické záření ultra vysokých energií

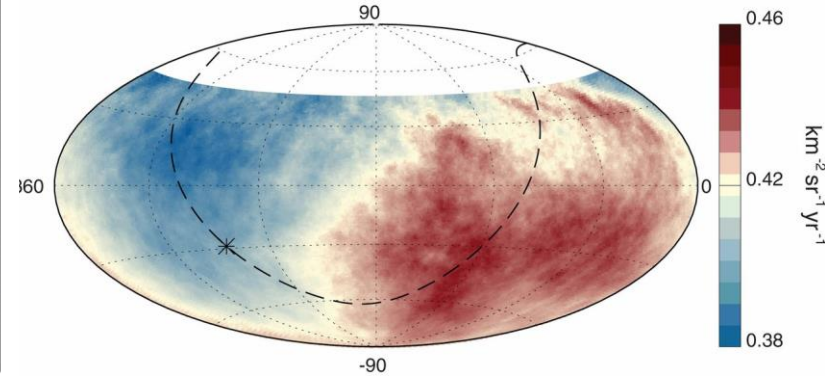
- Energie $E > 10^{18}$ eV (UHECR), protony a těžší jádra (až Fe)



R.U. Abbasi et al. (2018)



The Pierre Auger Collaboration (2017)

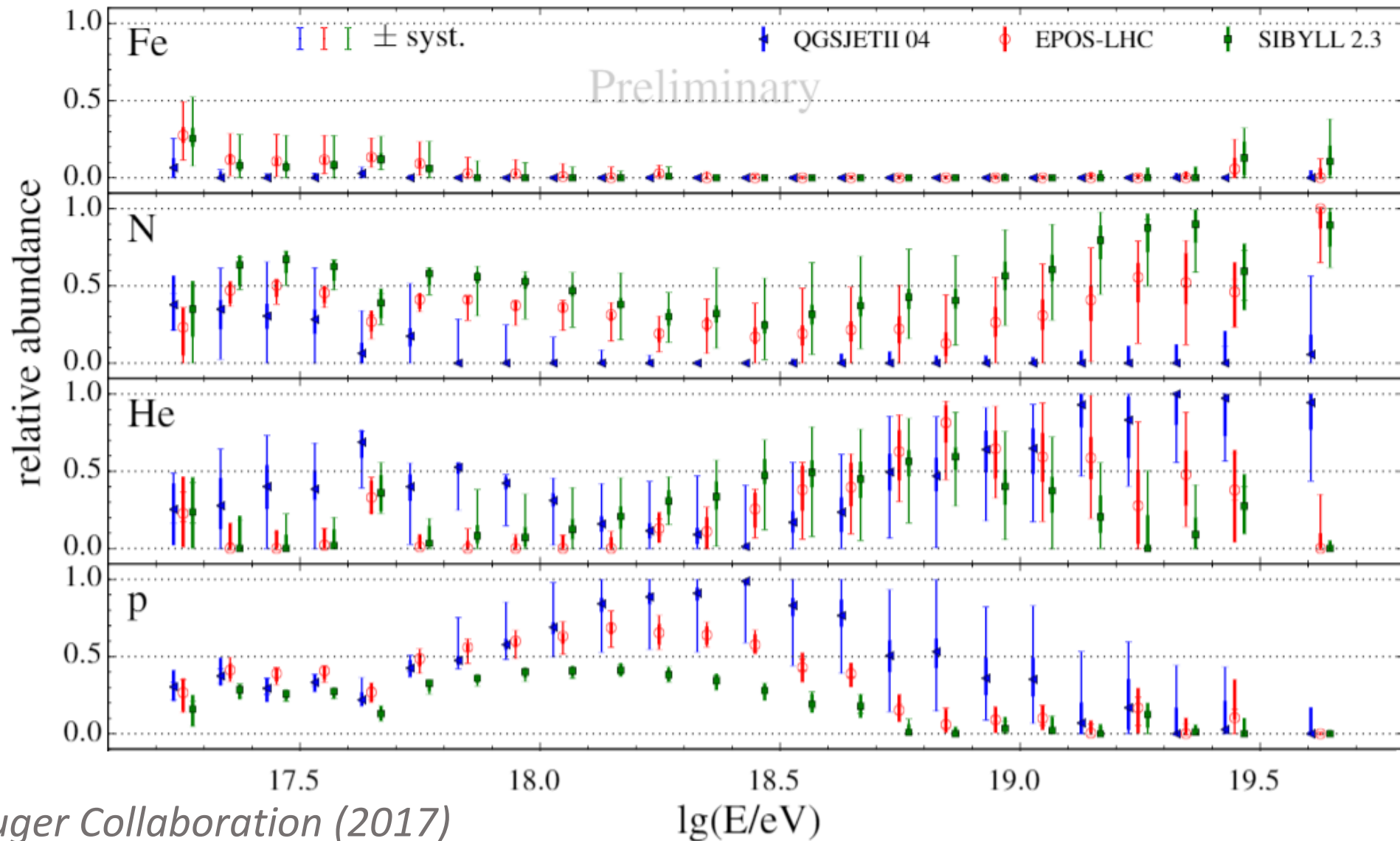


- Extragalaktický původ, zdroje stále neznámé (AGN, starburst galaxie ?)
- UHECR jsou nabité částice, jejich příchozí směr neodpovídá směru zdroje
- Zakřivení dráhy v magnetickém poli závisí na náboji Z a energii $E \rightarrow$ rigidita R

r_g gyroradius
 B strength of the magnetic field

$$R = \frac{E}{Z} \quad \rightarrow \quad r_g = \frac{p}{qB} = \frac{E}{ZB} = \frac{R}{B}$$

Složení primárního kosmického záření



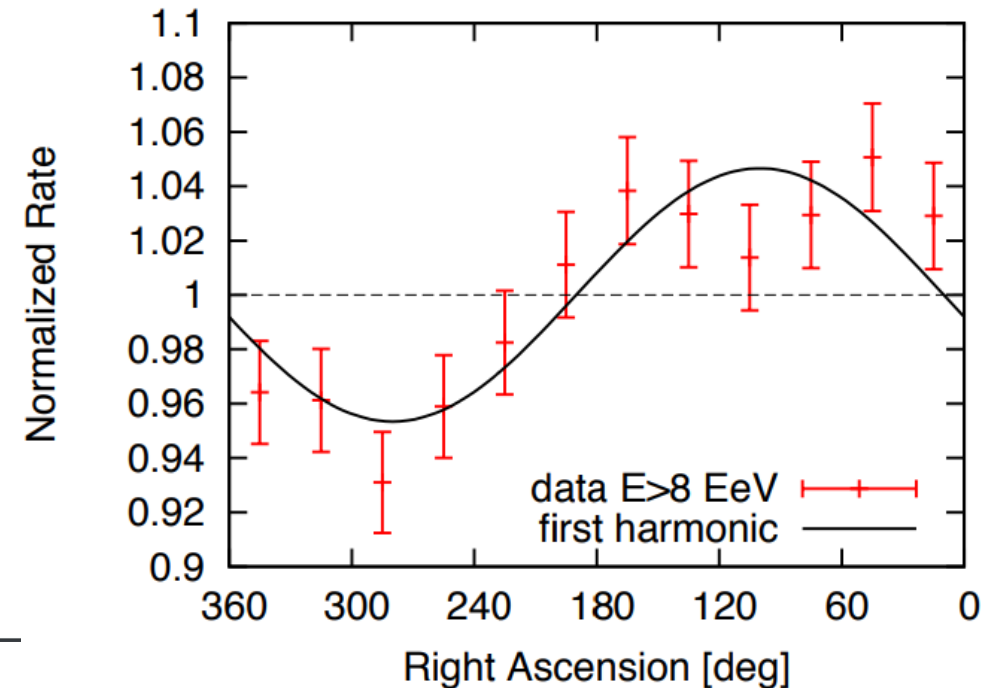
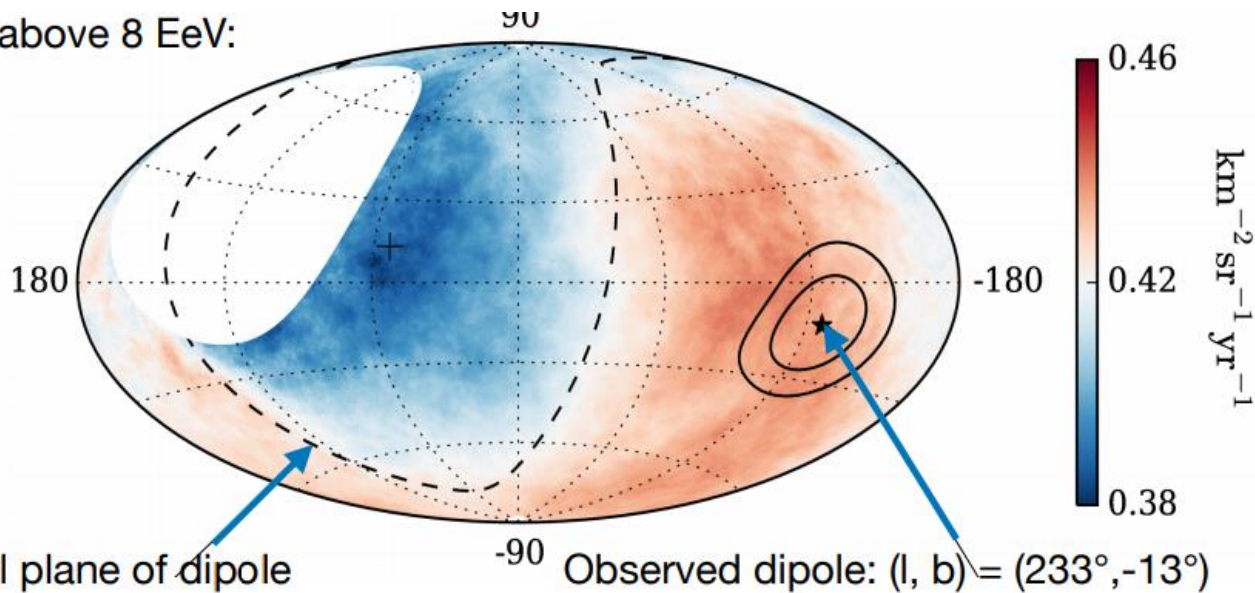
Dipólová anisotropie příchozích směrů UHECR

Anisotropie v příchozích směrech UHECR s energií > 8 EeV

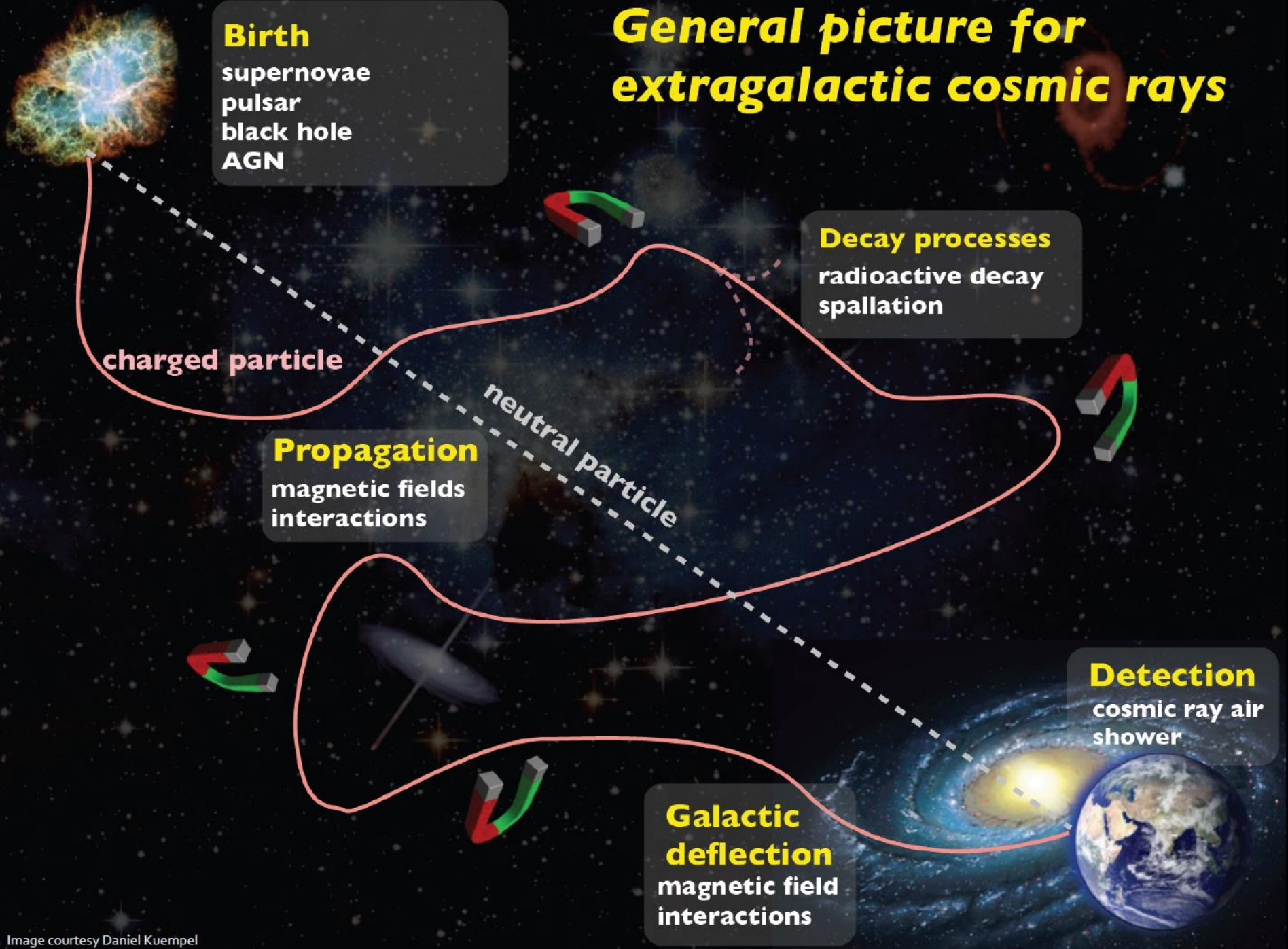
Ukazuje na extragalaktický původ UHECRS

Je rozdělení zdrojů také anizotropní?

3D dipole above 8 EeV:



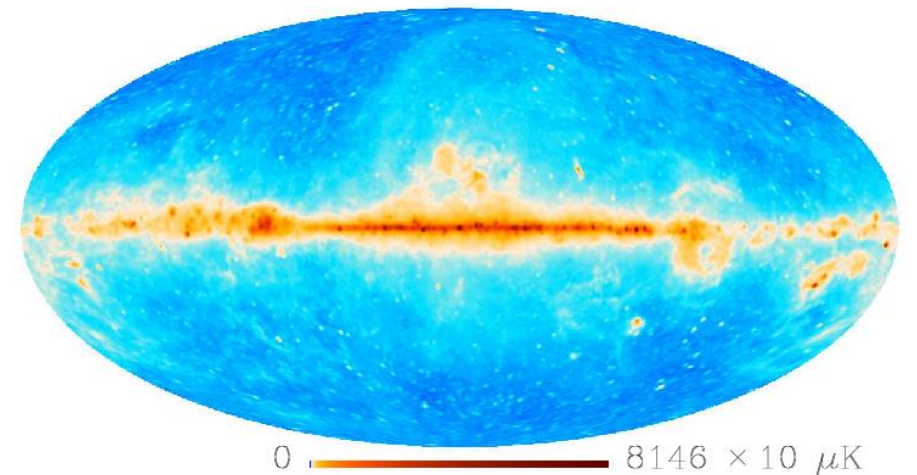
General picture for extragalactic cosmic rays



Galaktické magnetické pole

- Extragalaktická magnetická pole jsou slabší než magnetická pole v naší galaxii ($< \text{nG}$)
- Magnetické pole galaxie je komplikované
 - Velkoškálová regularní složka
 - Náhodná pole na malých škálách
- Měření GMF
 1. Faraday rotation measures
 2. Polarizované synchrotronní záření

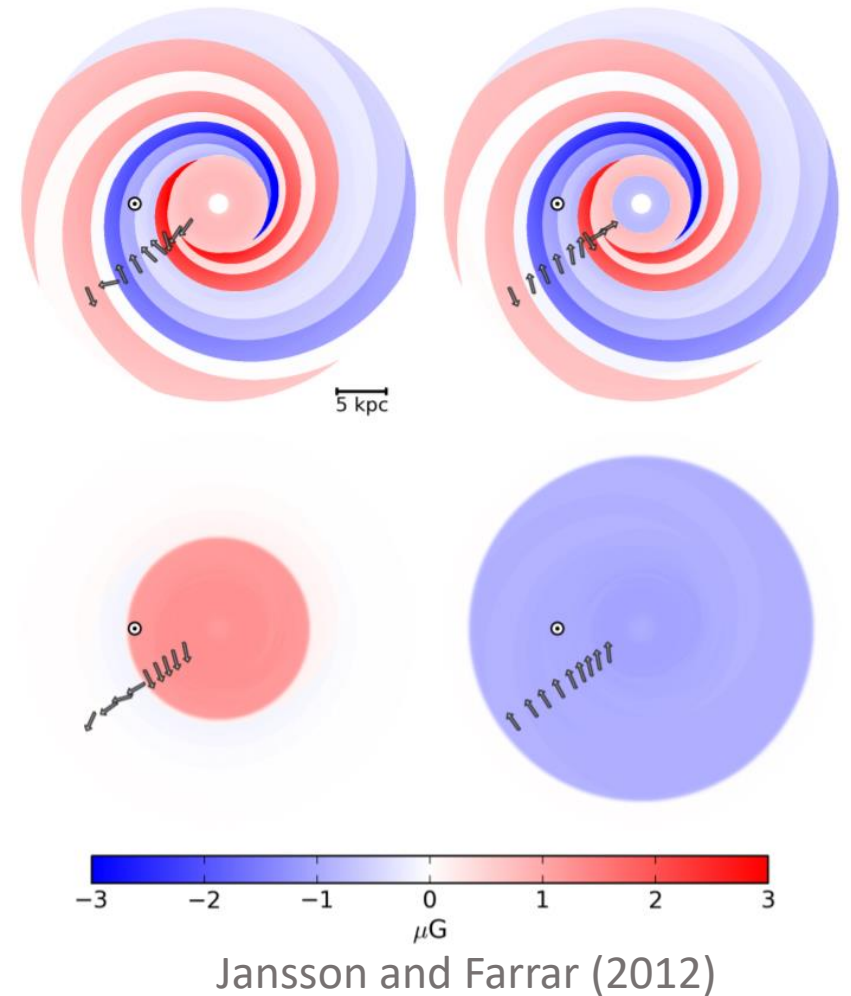
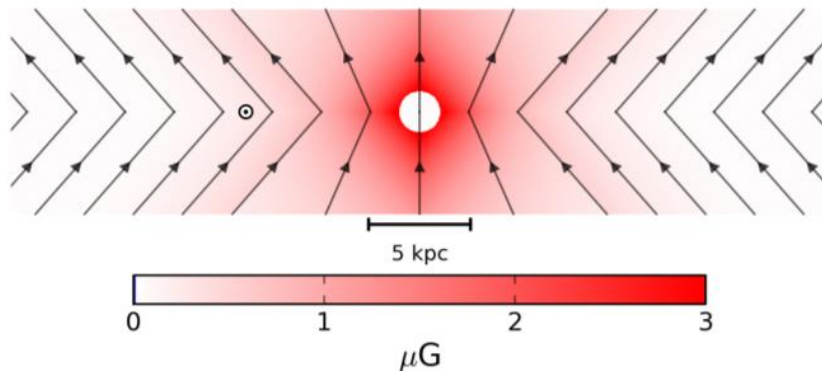
→ $\sim \mu\text{G}$



Planck (2015) – synchrotron emission

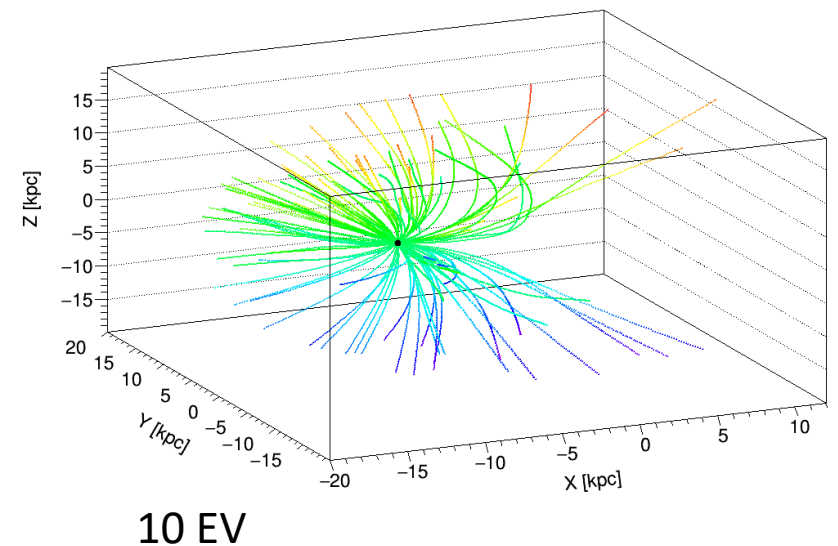
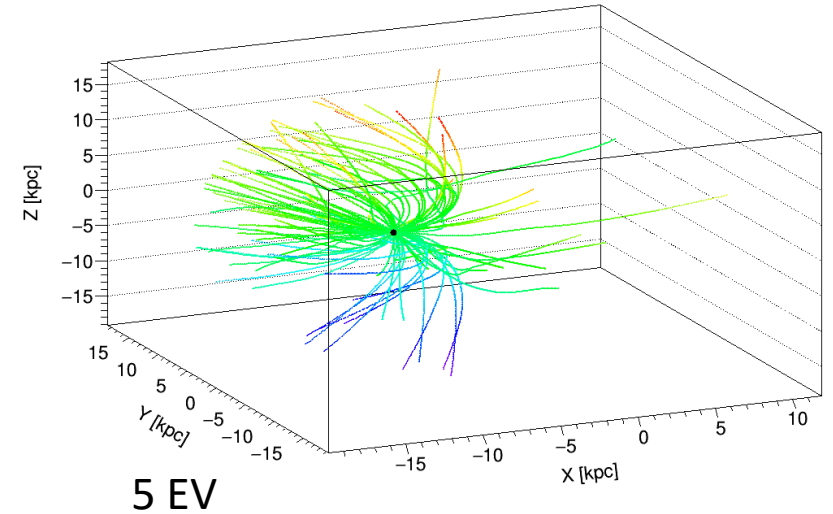
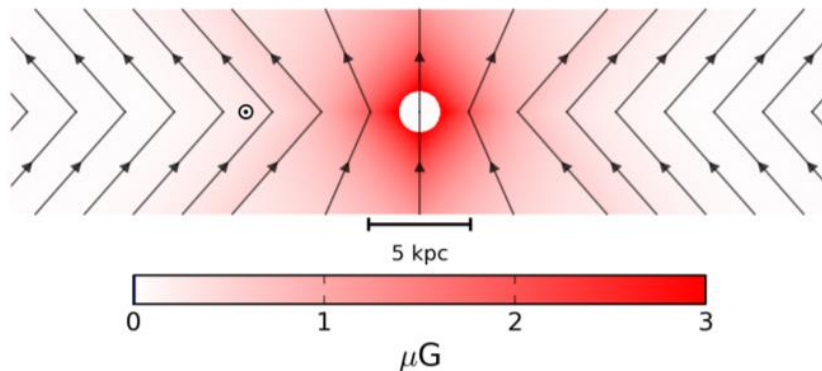
Galaktické magnetické pole – JF12

- Jansson and Farrar model
- Používá data z měření Faradayových rotací i polarizovaného synchrotronního záření
- Regulární pole – pole disku a prodlouženého hala
- Regularní, turbulentní and „striated“ složka GMF



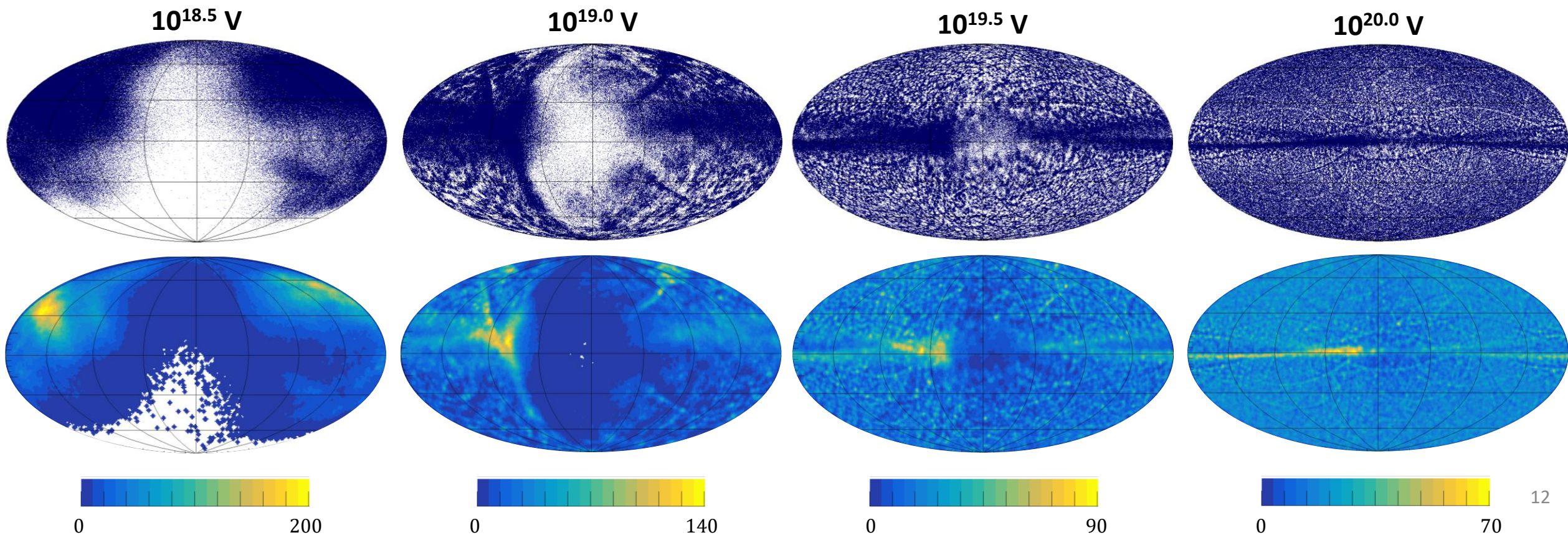
Galaktické magnetické pole – JF12

- Jansson and Farrar model
- Používá data z měření Faradayových rotací i polarizovaného synchrotronního záření
- Regulární pole – pole disku a prodlouženého hala
- Regularní, turbulentní and „striated“ složka GMF



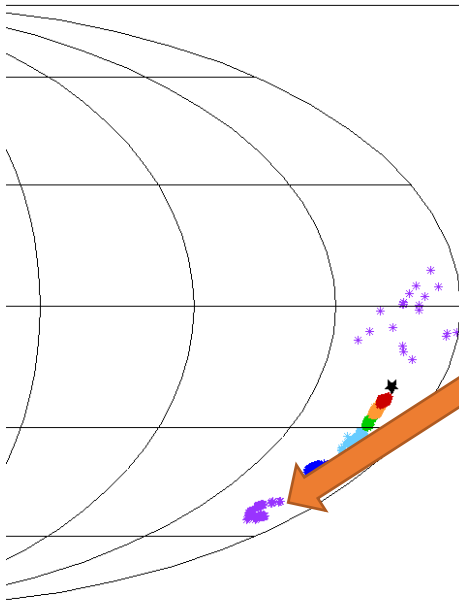
Zakřivení drah v GMF

- Simulace: backtracking v JF12, isotrovní tok ze Země propagován na kraj Galaxie
- Existují preferované směry, při nízkých rigiditách jsou některé zdroje neviditelné pro pozorovatele na Zemi

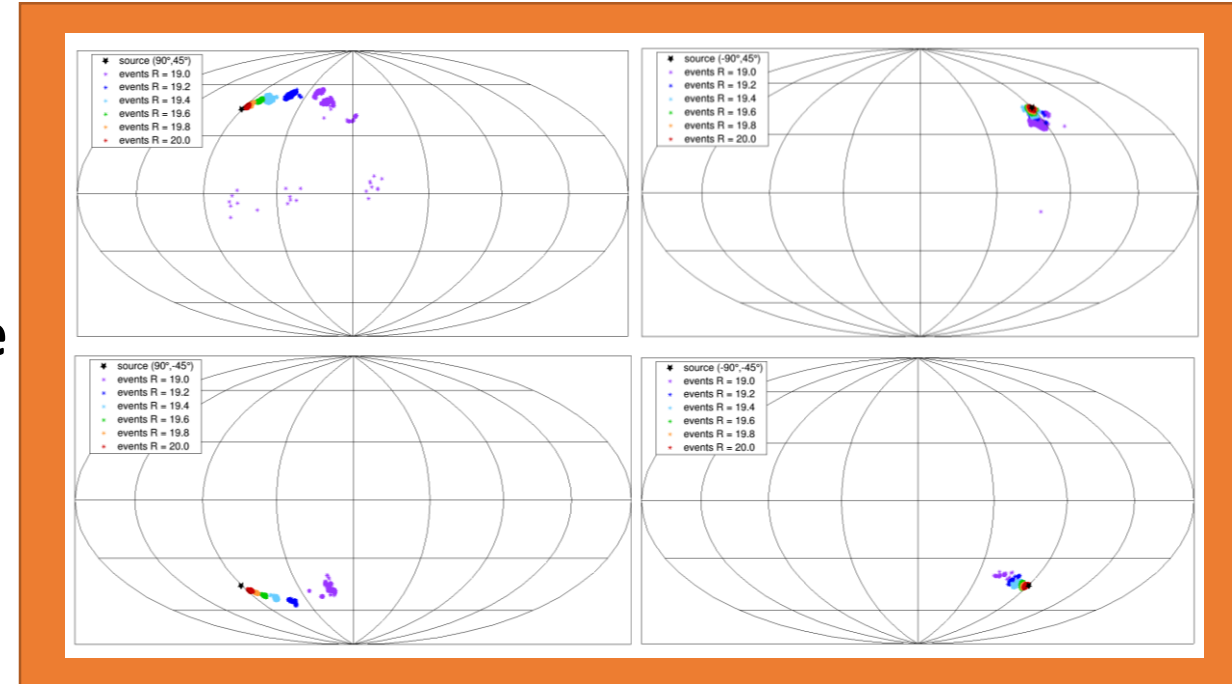


Zakřivení drah v GMF

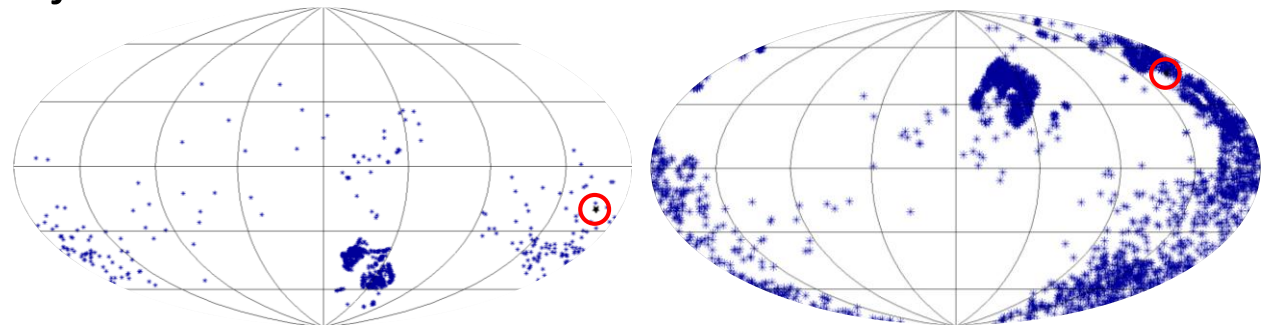
- Neexistuje jednoduchý způsob jak určit z kterého směru přijdou částice z určitého zdroje
- Silně závisí na **rigiditě** částic a **poloze** zdroje
- Pro nižší rigidity odchylky i desítky stupňů



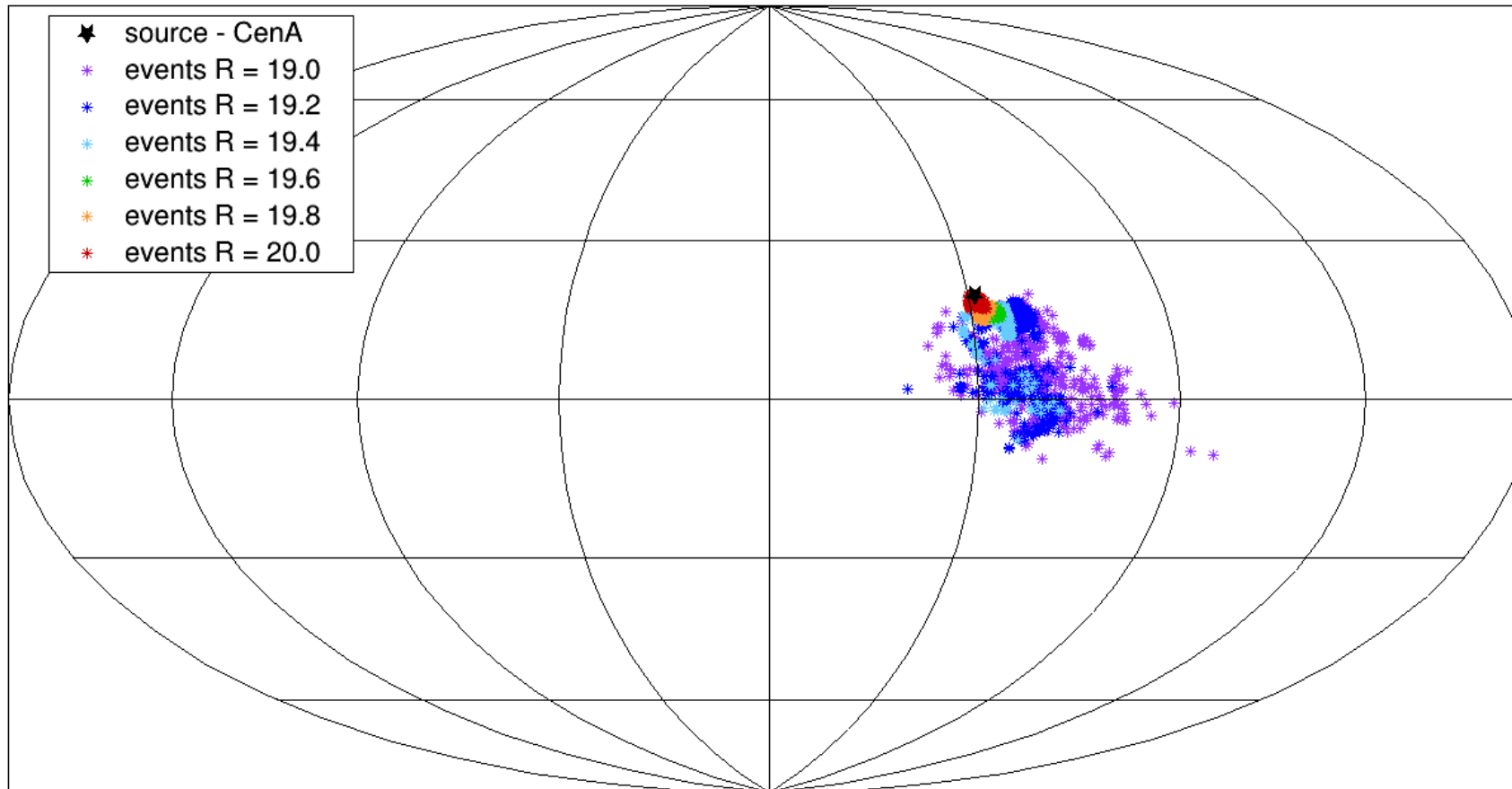
Vícenásobné
obrazy zdroje



Nízká rigidita – $10^{18.5}$ V



Kandidáti na zdroje

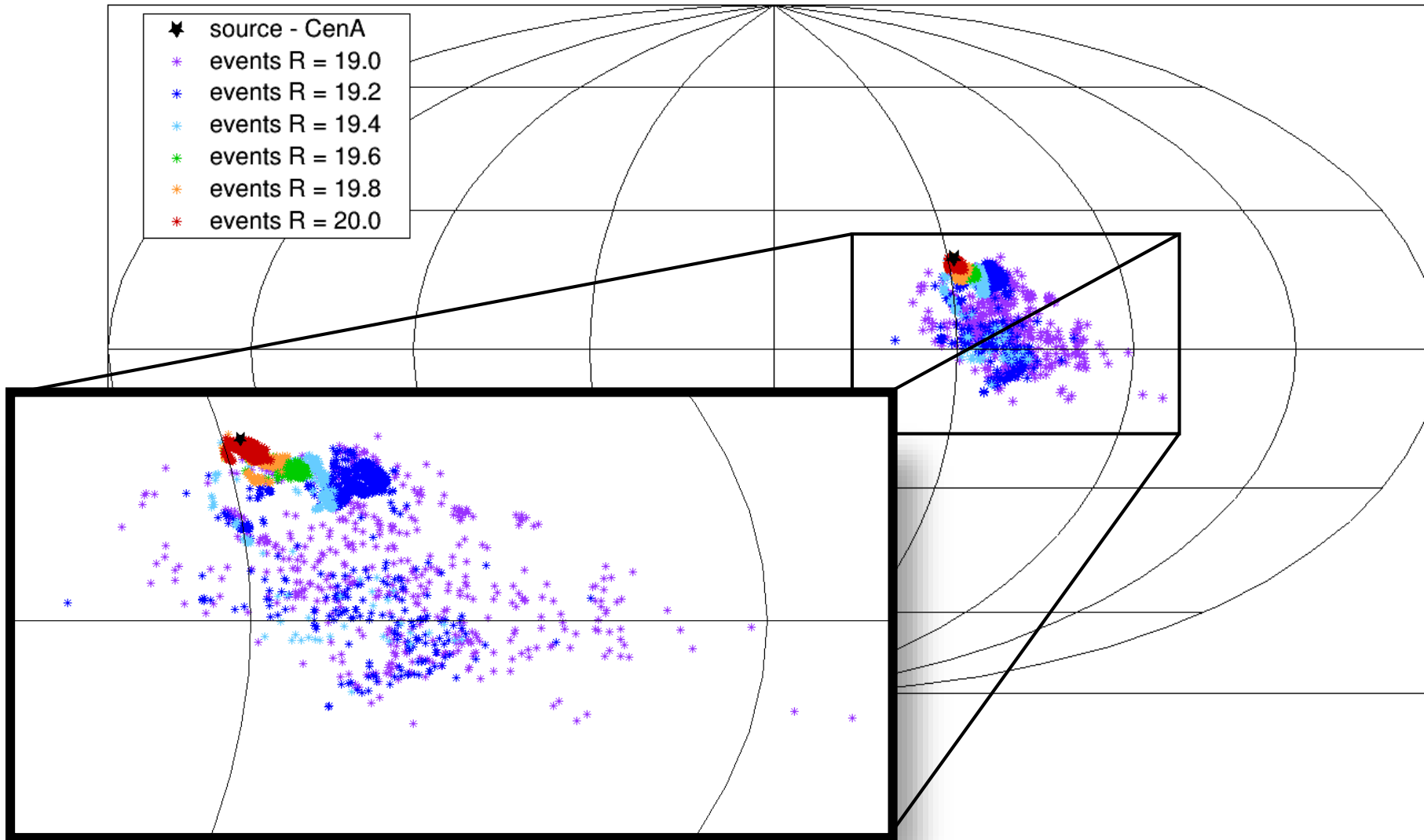


Centaurus A

- Radiová galaxie
- Jedno z nejbližších AGN
- ~ 4 Mpc
- Centrální BH má hmotnost $\sim 55 \cdot 10^6 M_{\odot}$

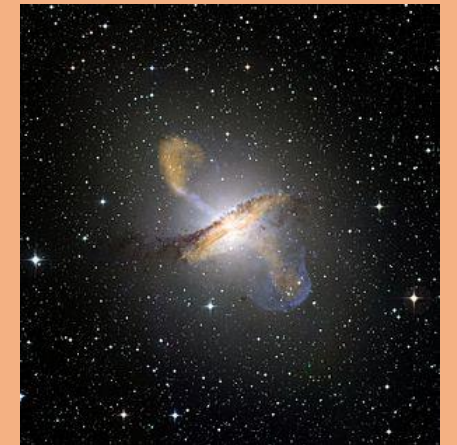


Kandidáti na zdroje

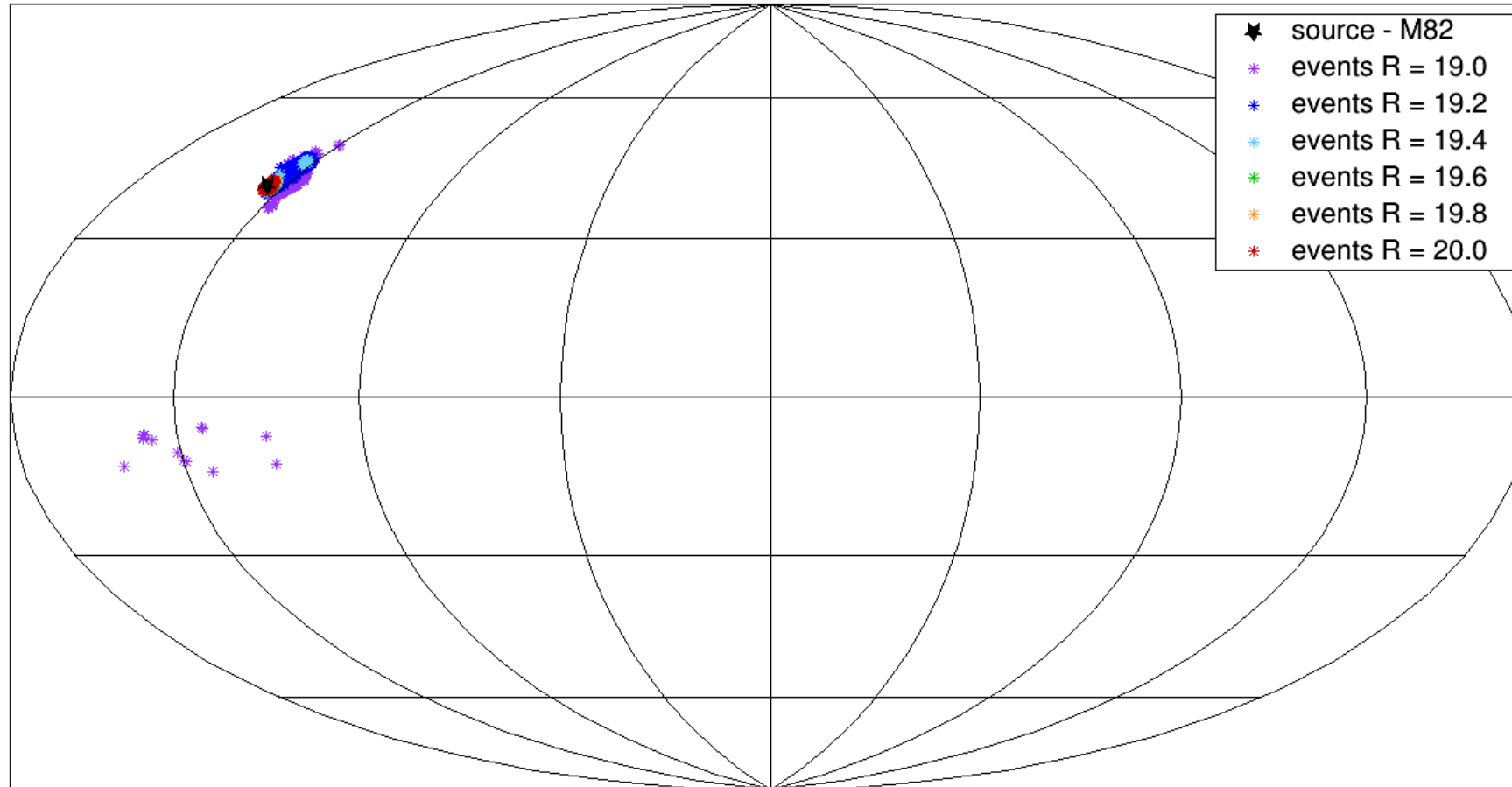


Centaurus A

- Radiová galaxie
- Jedno z nejbližších AGN
- ~ 4 Mpc
- Centrální BH má hmotnost $\sim 55 \cdot 10^6 M_{\odot}$



Kandidáti na zdroje

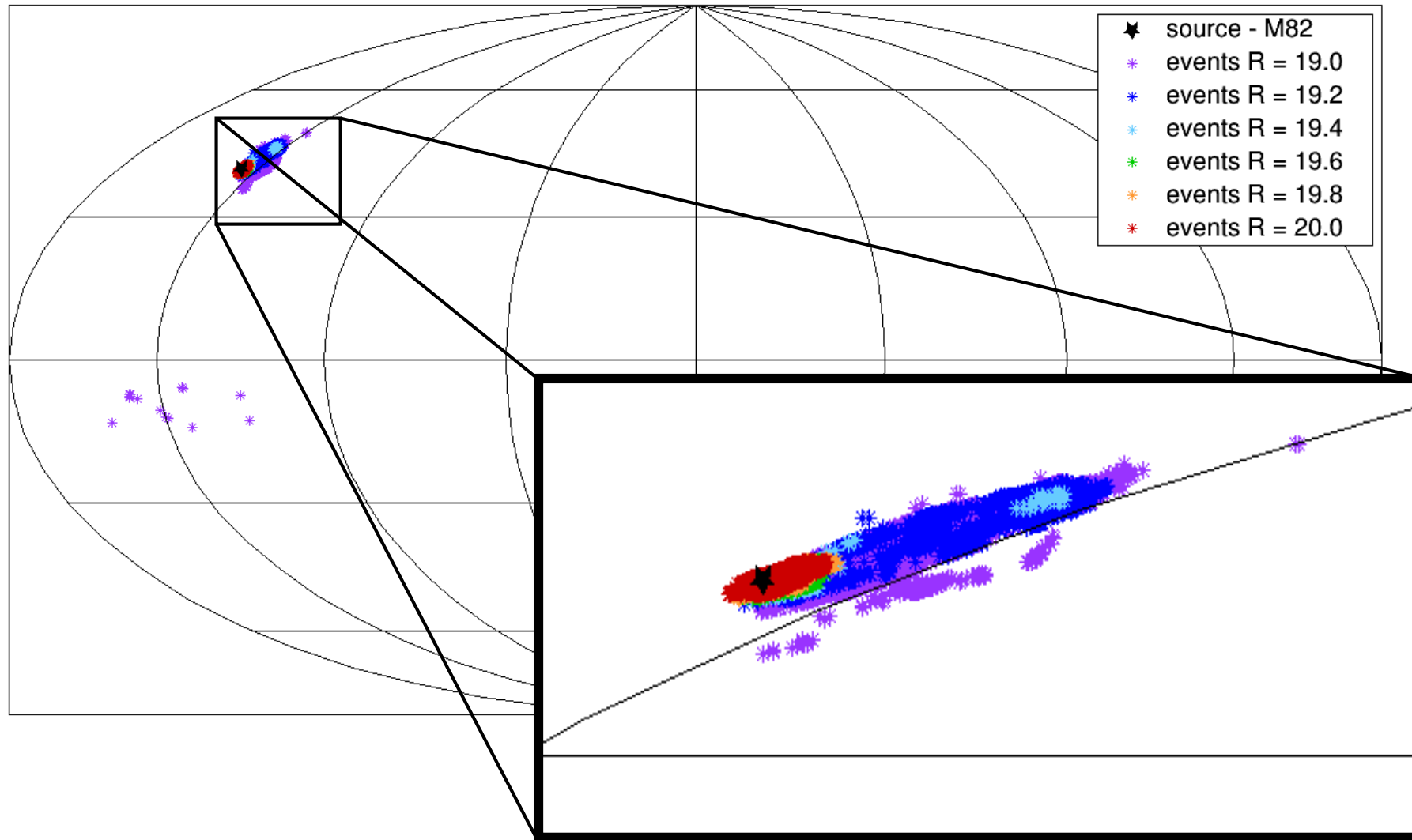


Messier 82

- Starburst galaxie
- 3.5-3.8 Mpc
- Aktivní region - 500 pc
- „Zažehnuta“ interakcí se sousední M81



Kandidáti na zdroje



Messier 82

- Starburst galaxie
- 3.5-3.8 Mpc
- Aktivní region - 500 pc
- „Zažehnuta“ interakcí se sousední M81



Závěrem

- GMF ovlivňuje trajektorie kosmického záření i na nejvyšších energiích
- Částice mohou být pozorovány až o desítky stupňů od svého zdroje
- Abychom mohli najít zdroje těchto částic potřebujeme protony, Fe o energii 10^{20} eV má rigiditu pouze $10^{18,5}$ V
- Za 2 miliardy let se srazíme s Velkým Magellanovým mračnem a Sluneční soustava může být vykopnuta z galaxie – ztráta GMF

Díky za pozornost!

