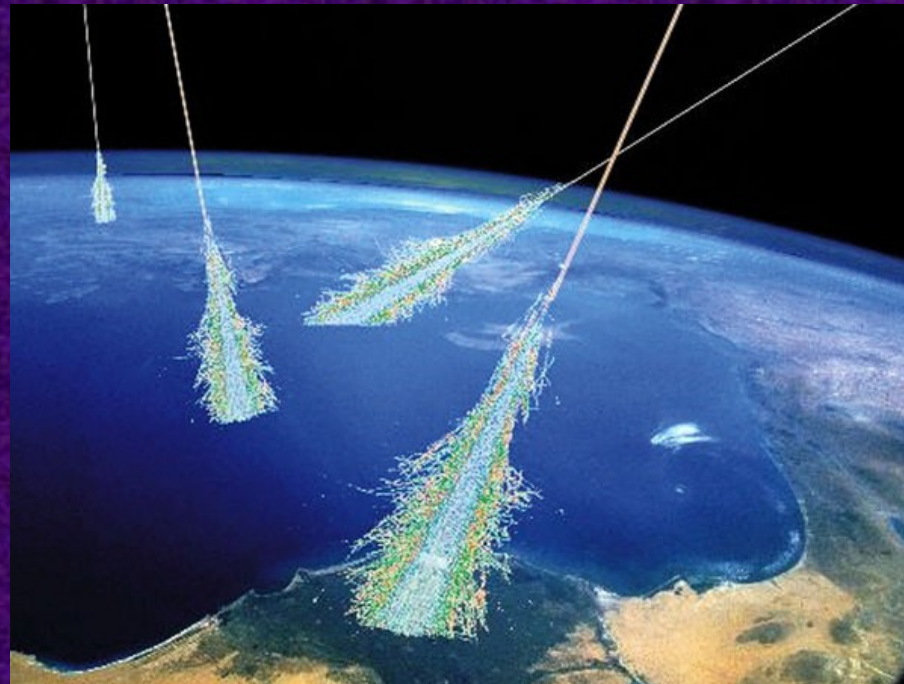


# KOSMICKÉ ZÁŘENÍ



# Historie

1912 Victor Hess



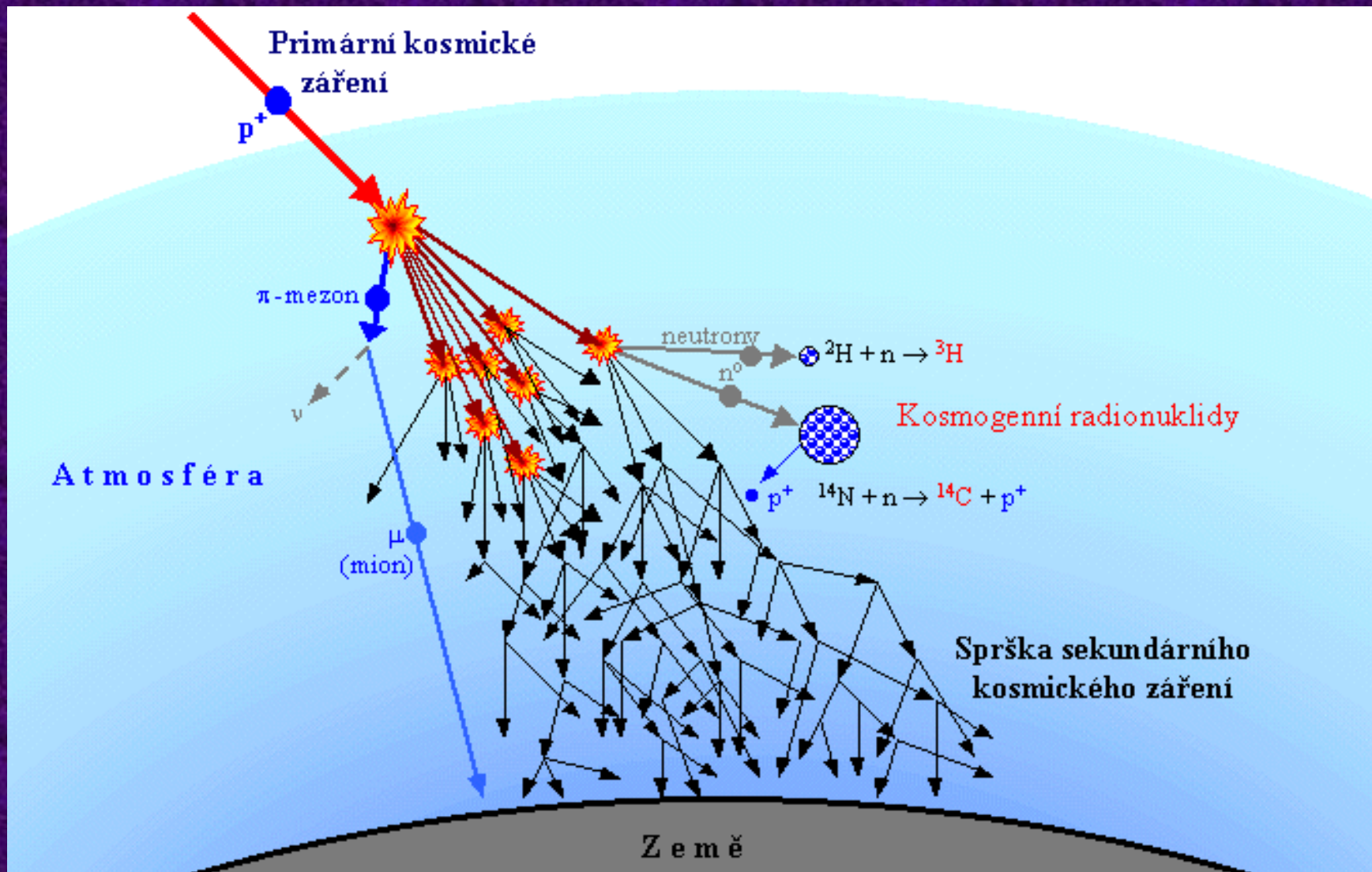
1938 Pierre Auger



# Co je to „kosmické záření“

- => má převážně částicový charakter
- Je nutné rozlišovat:
  - primární k.z.
  - sekundární k.z.
  
  - galaktické k.z.
  - extragalaktické k.z.
  
  - sluneční vítr

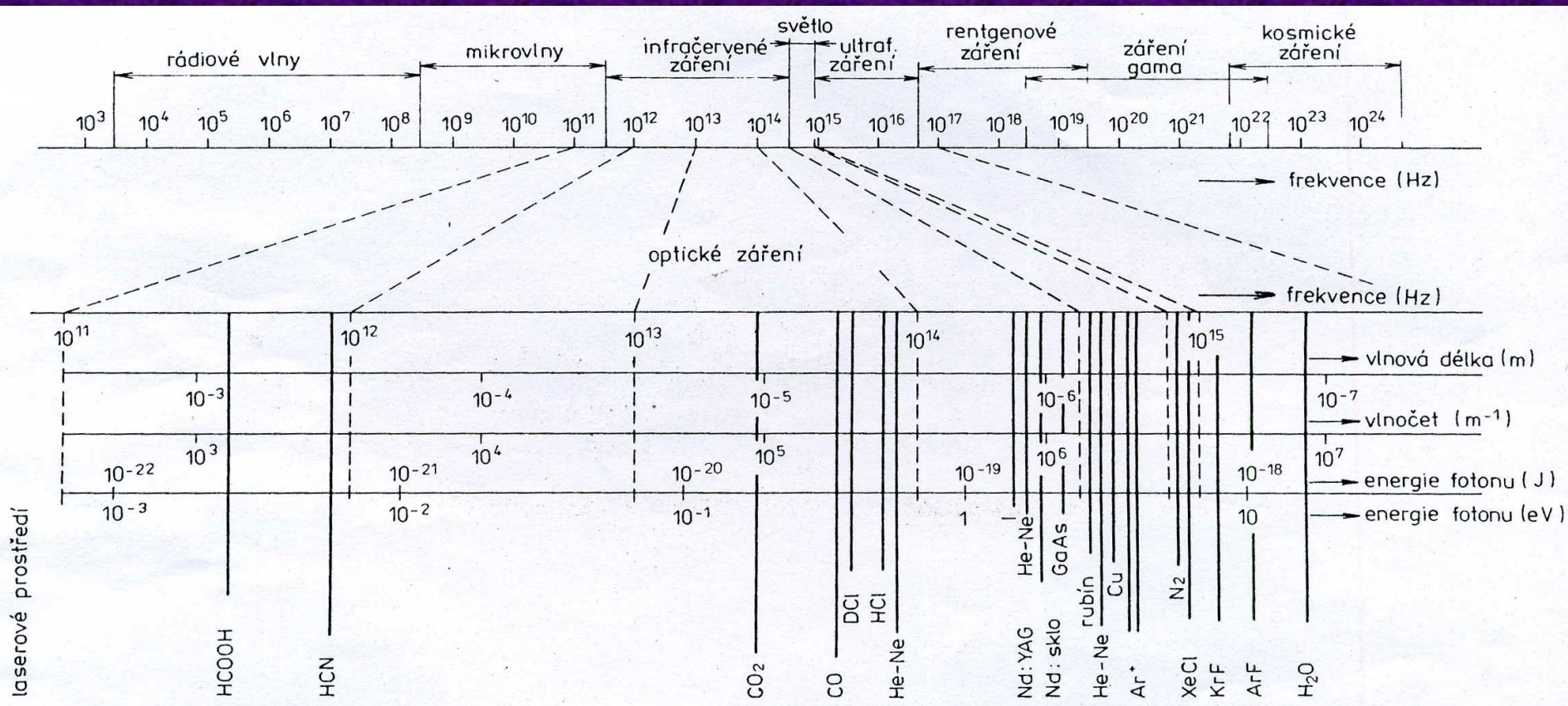
# Interakce s atmosférou



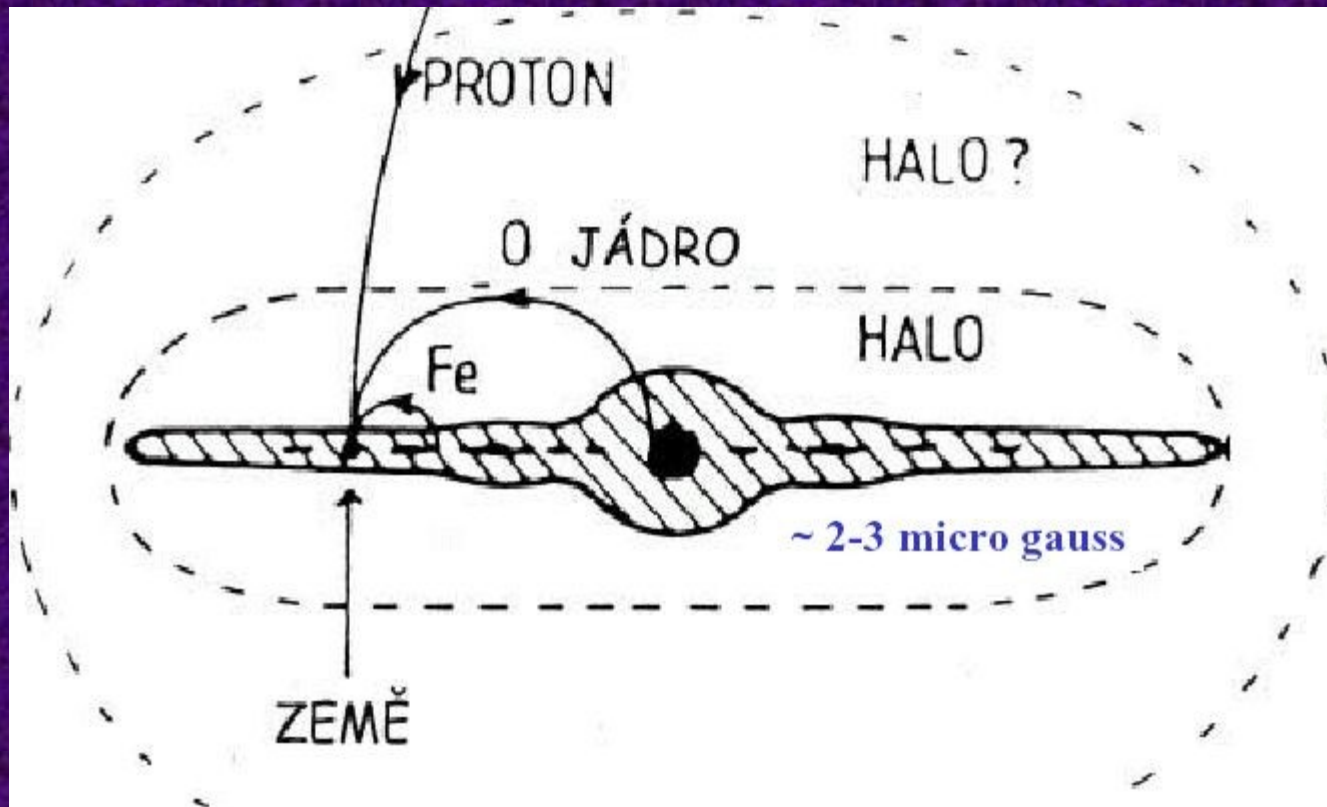
# Energie, složení a původ kosmického záření

- $E < 10^{10}$  eV  
převážně p, He, (protony > 90 %)  
tzv. „sluneční vítr“
- $10^{10}$  eV <  $E < 10^{17}$  eV  
p, He, Fe, složení se mění v závislosti na energii,  
záření galaktického původu
- $10^{17}$  eV <  $E$  . . . , složení p, . . . ,  
záření patrně extragalaktického původu,  
původ neznámý, přichází ze všech směrů

# Elektromagnetické záření (fotony)

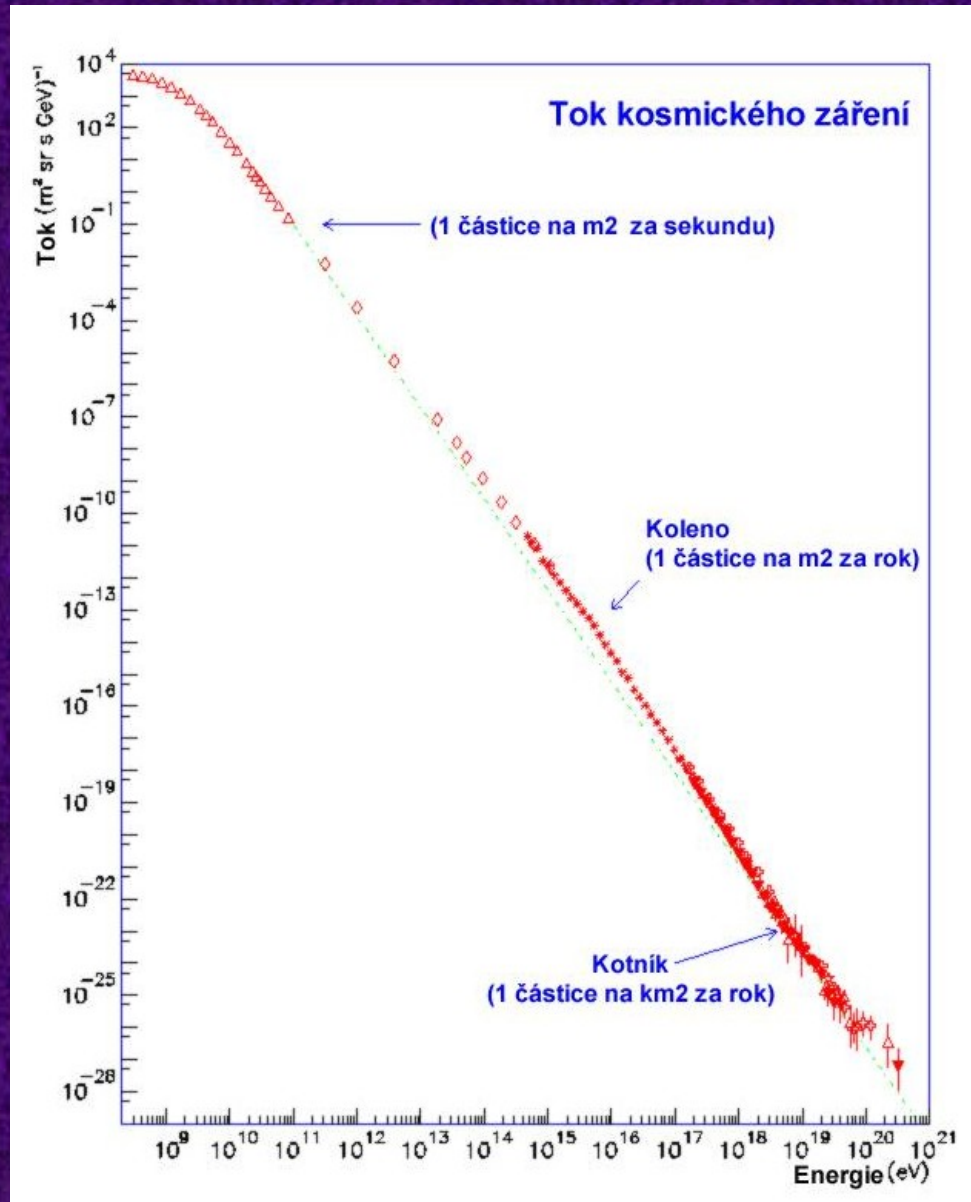


# Vliv magnetických polí



- Lehké částice s vysokou energií ( $\sim 10^{20}$  eV) se odchylují jen málo  
=> musí mít původ mimo Galaxii

# Velké energie jsou vzácné ...



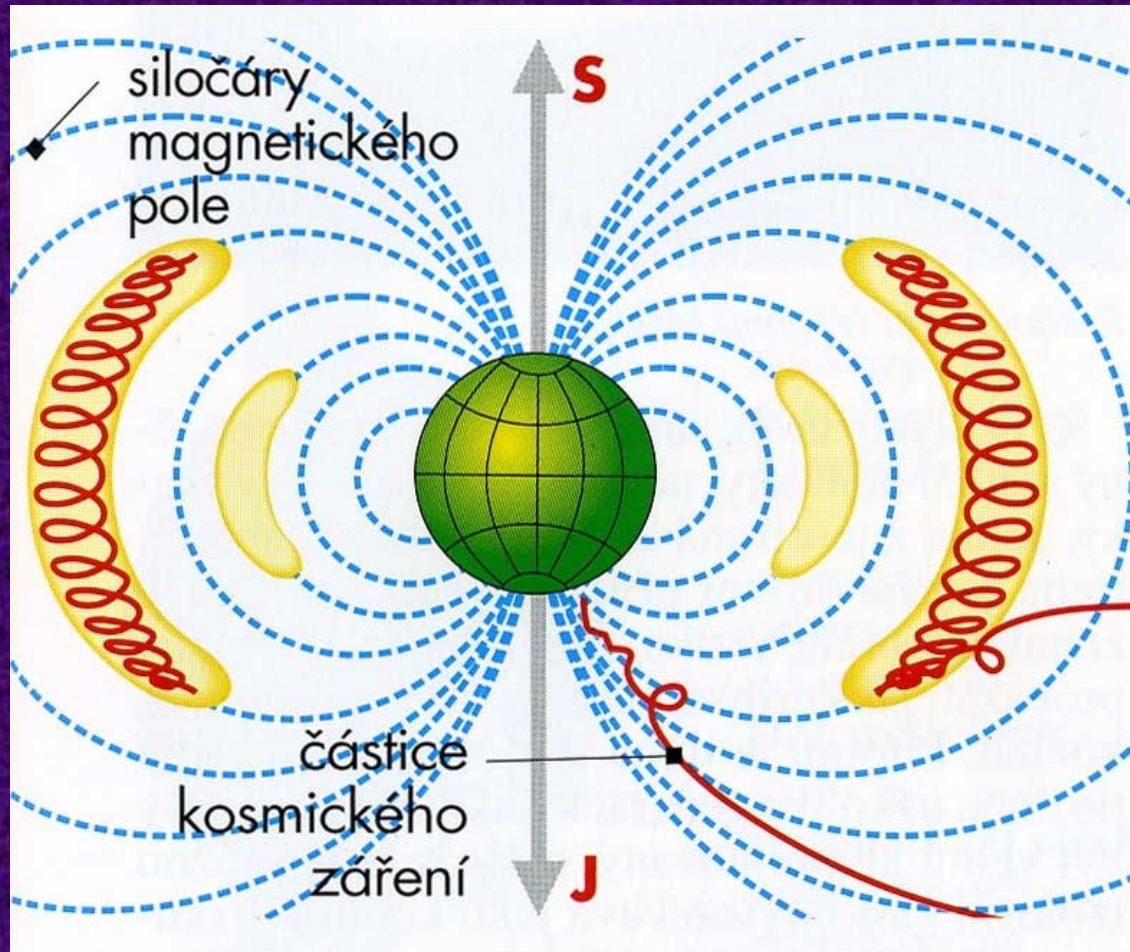


# Rekordní energie

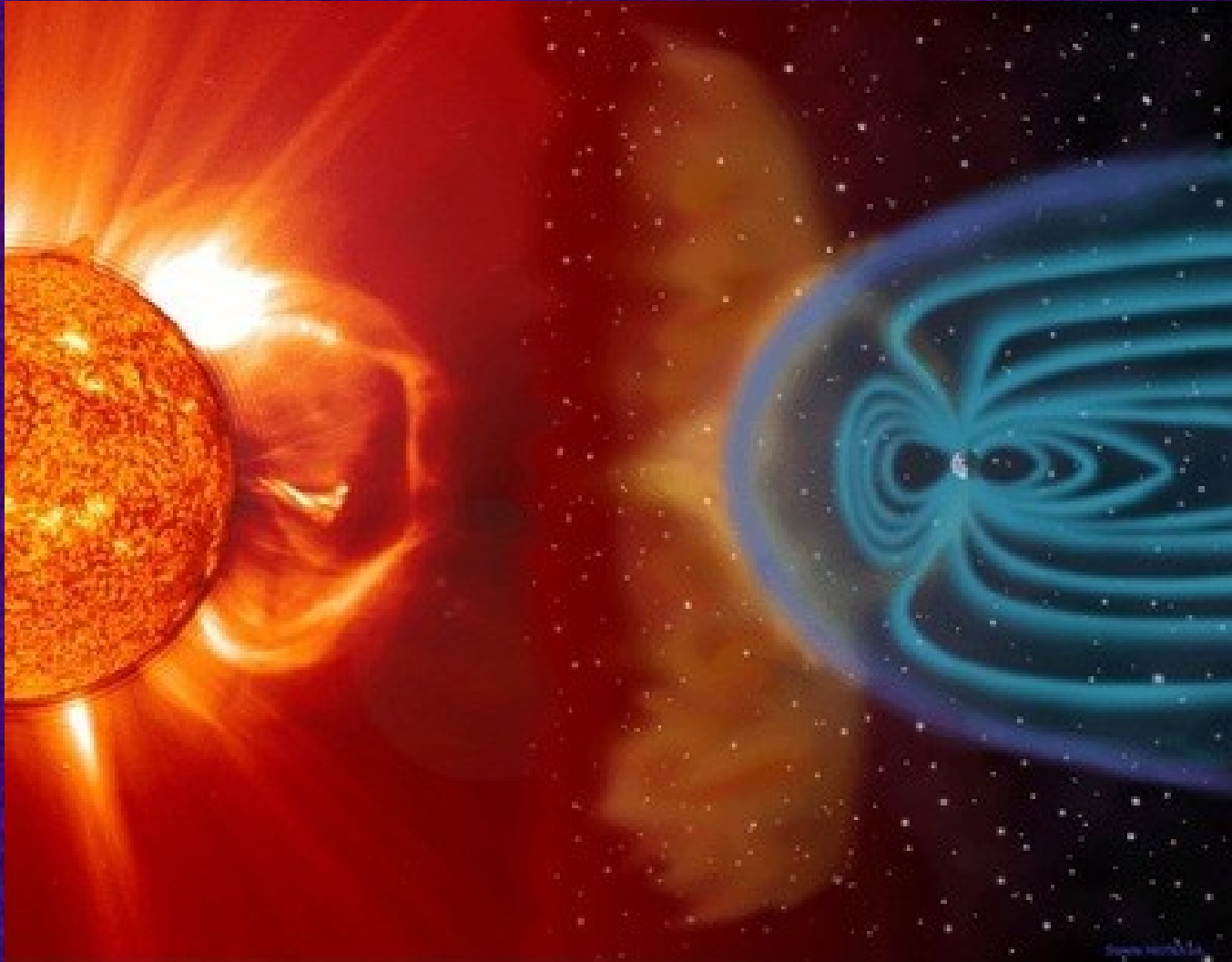
- za 40 let detekce kosmického záření  
~ 20 případů s energií  $> 10^{20}$  eV
- 1991 - detektor „Muší oko“  
v Utahu  $3,2 \times 10^{20}$  eV (50 J!)
- Pro srovnání: V CERNu se novém urychlovači LHC  
lze dosáhnout energie  $18 \times 10^{12}$  eV



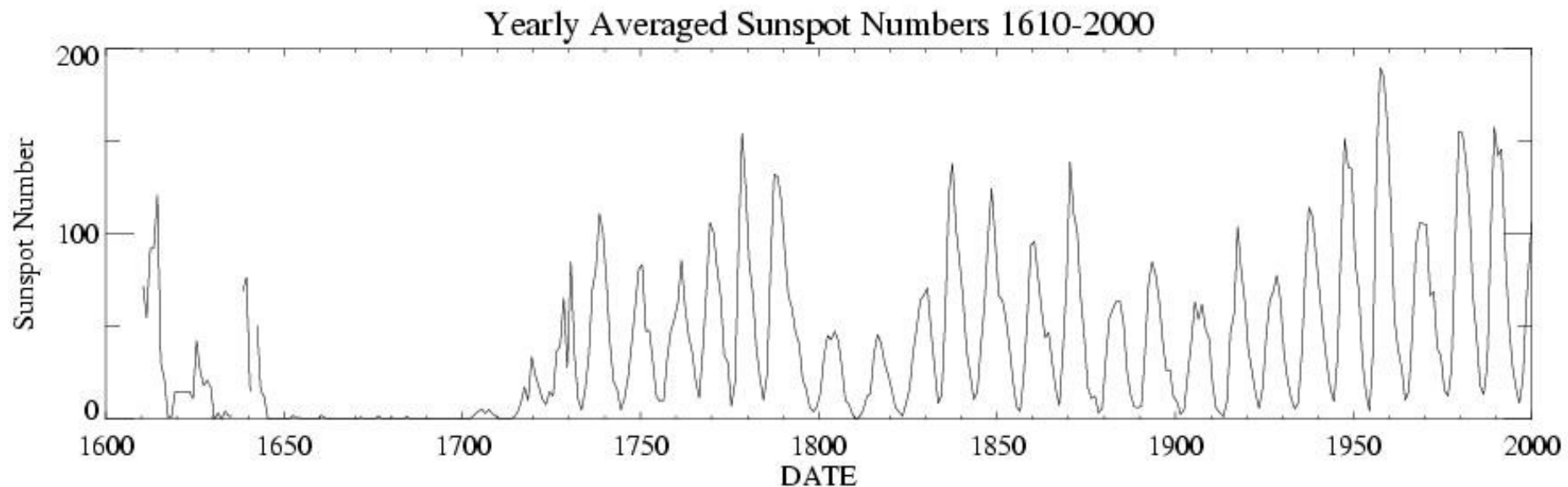
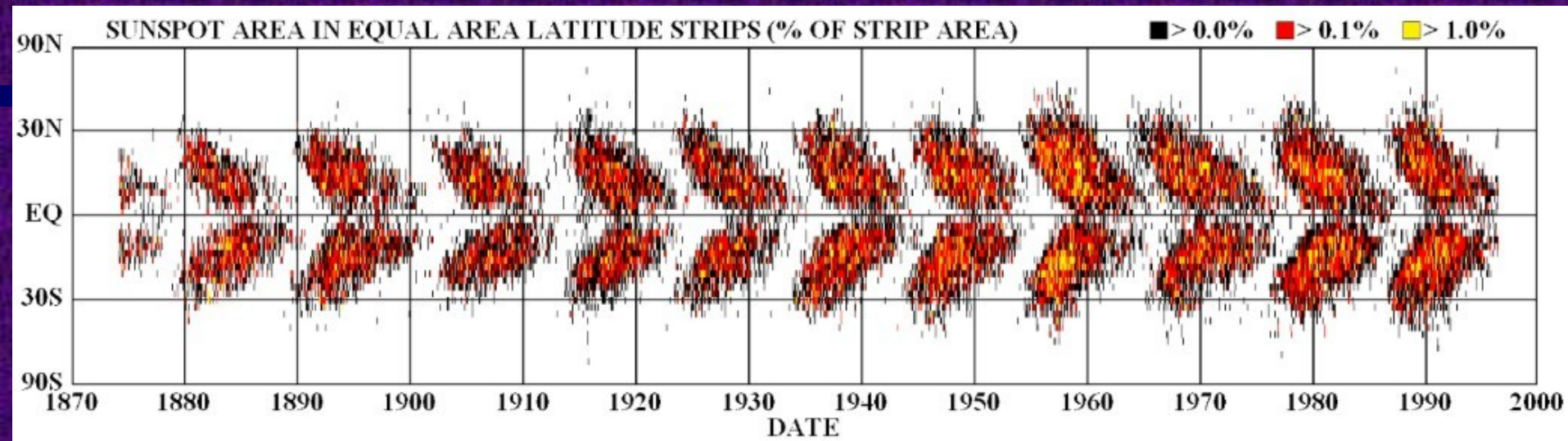
# Magnetické pole Země



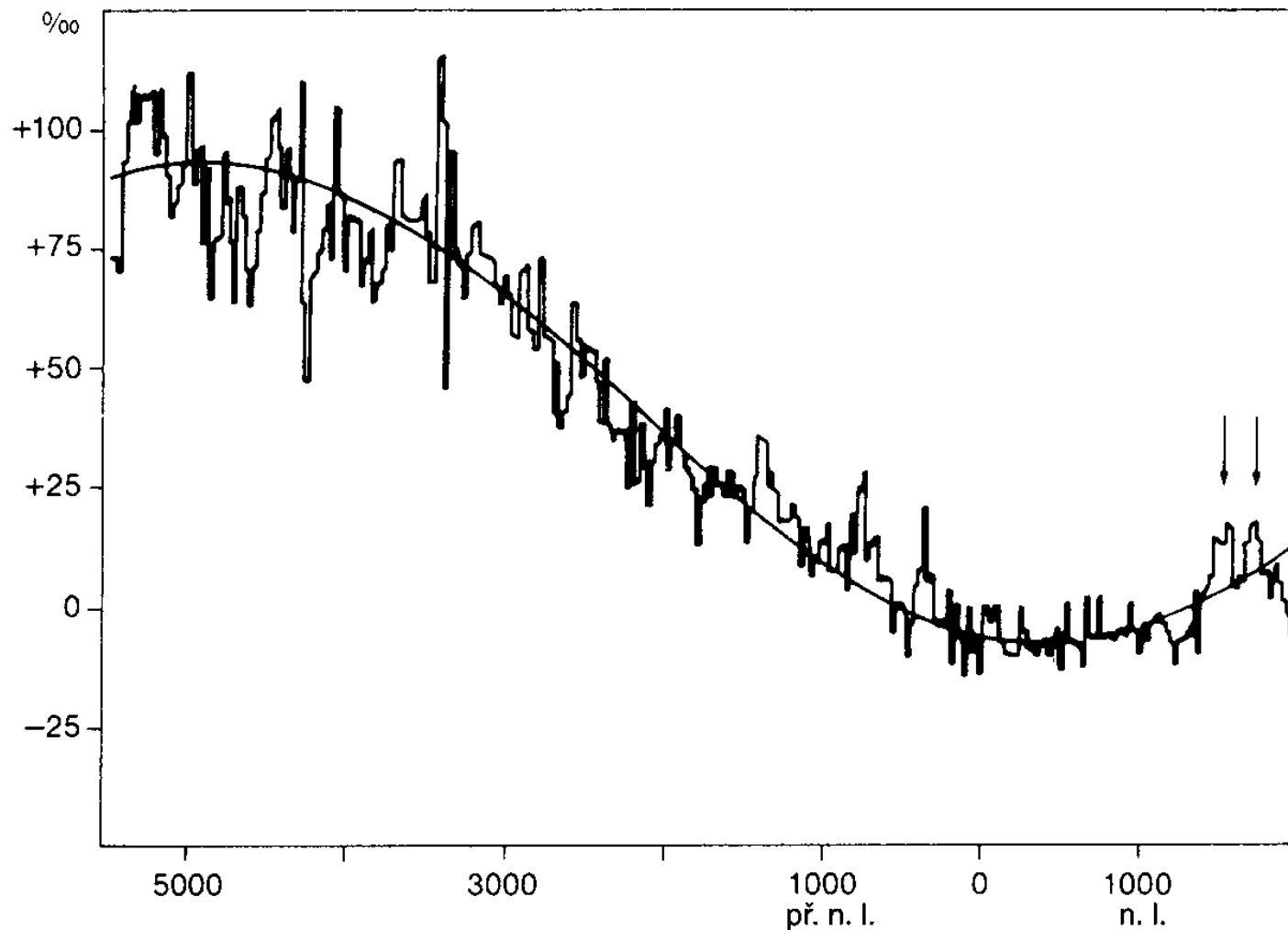
# Magnetické pole Slunce



# Sluneční skvrny



# Rekonstrukce sluneční aktivity radiouhlíkovou metodou datování

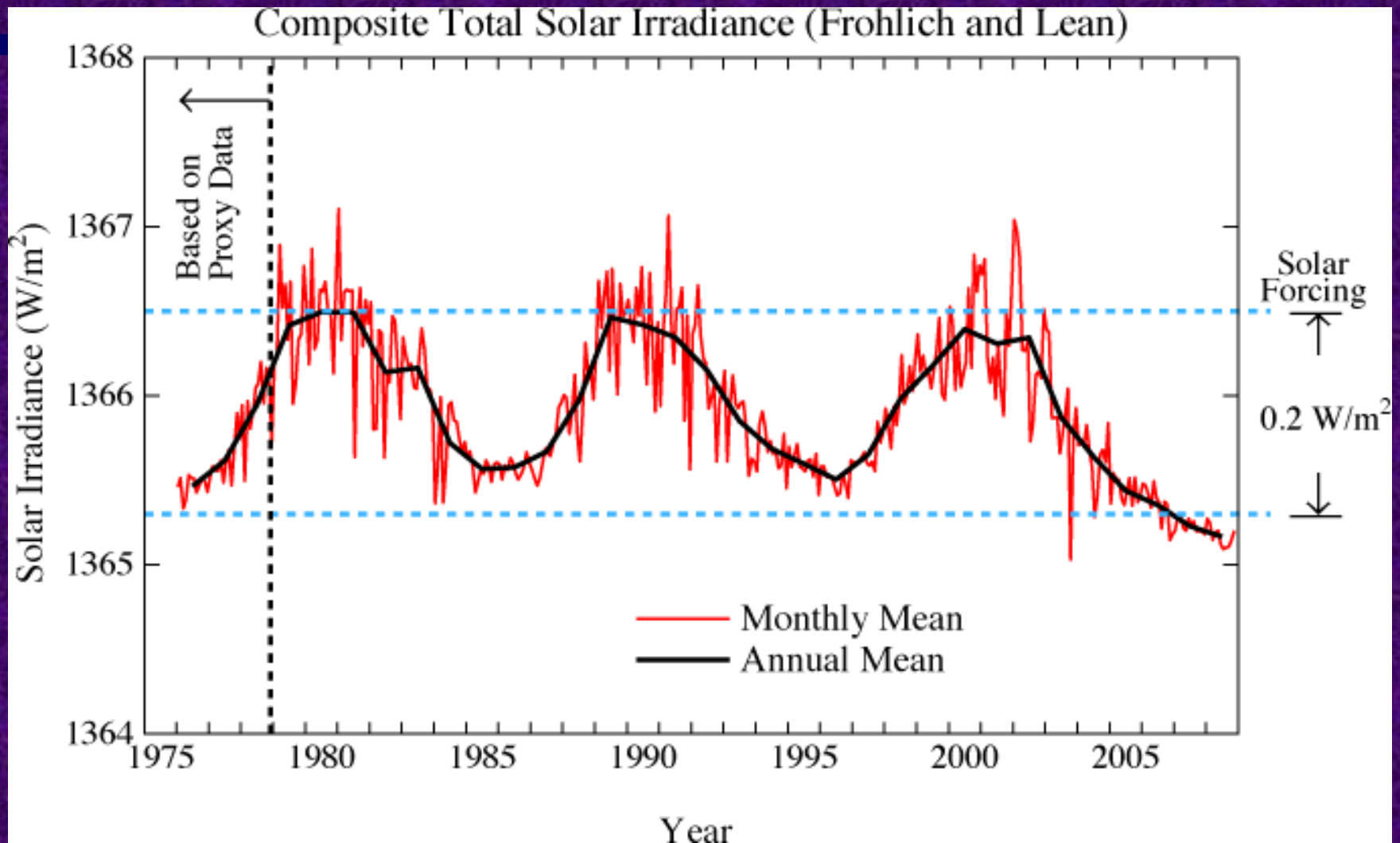


# Kosmické záření a klima Země

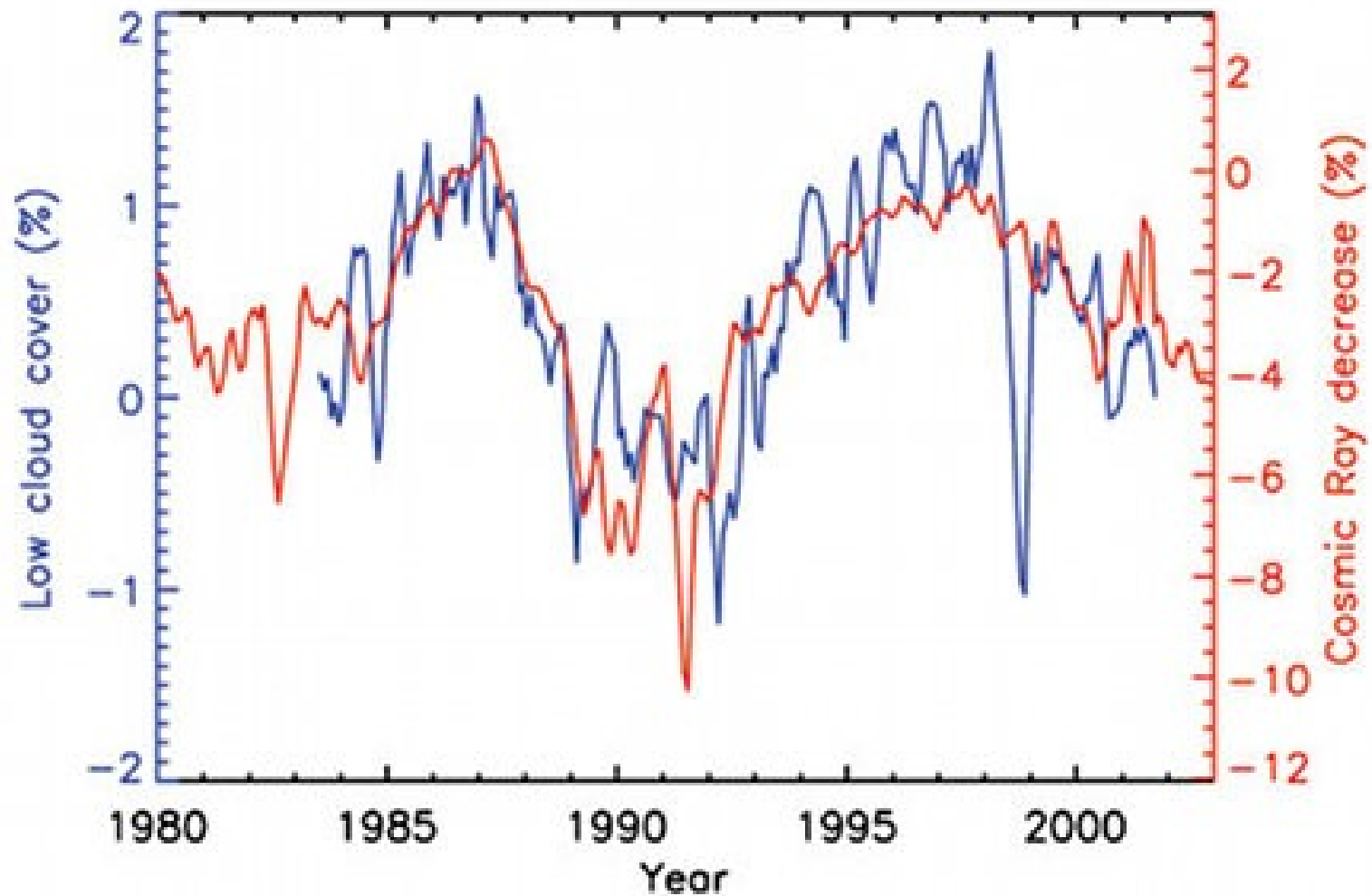


- K.z. může přispívat ke vzniku mraků  
=> zvýšení albeda  
=> ochlazení Země

# Sluneční záření

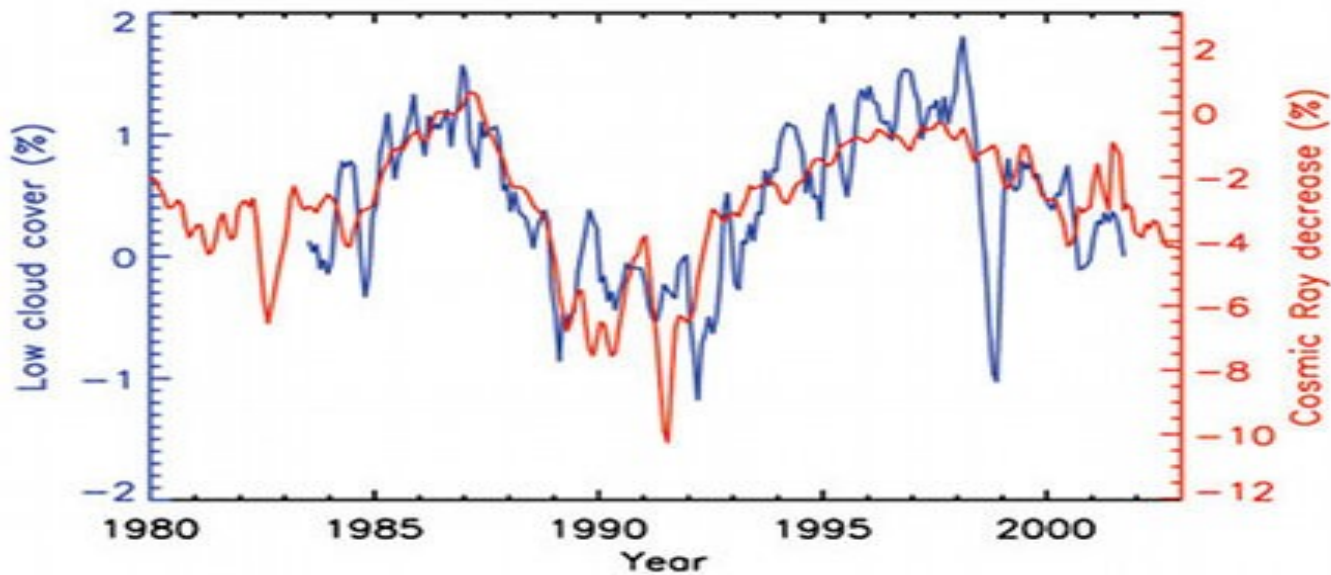
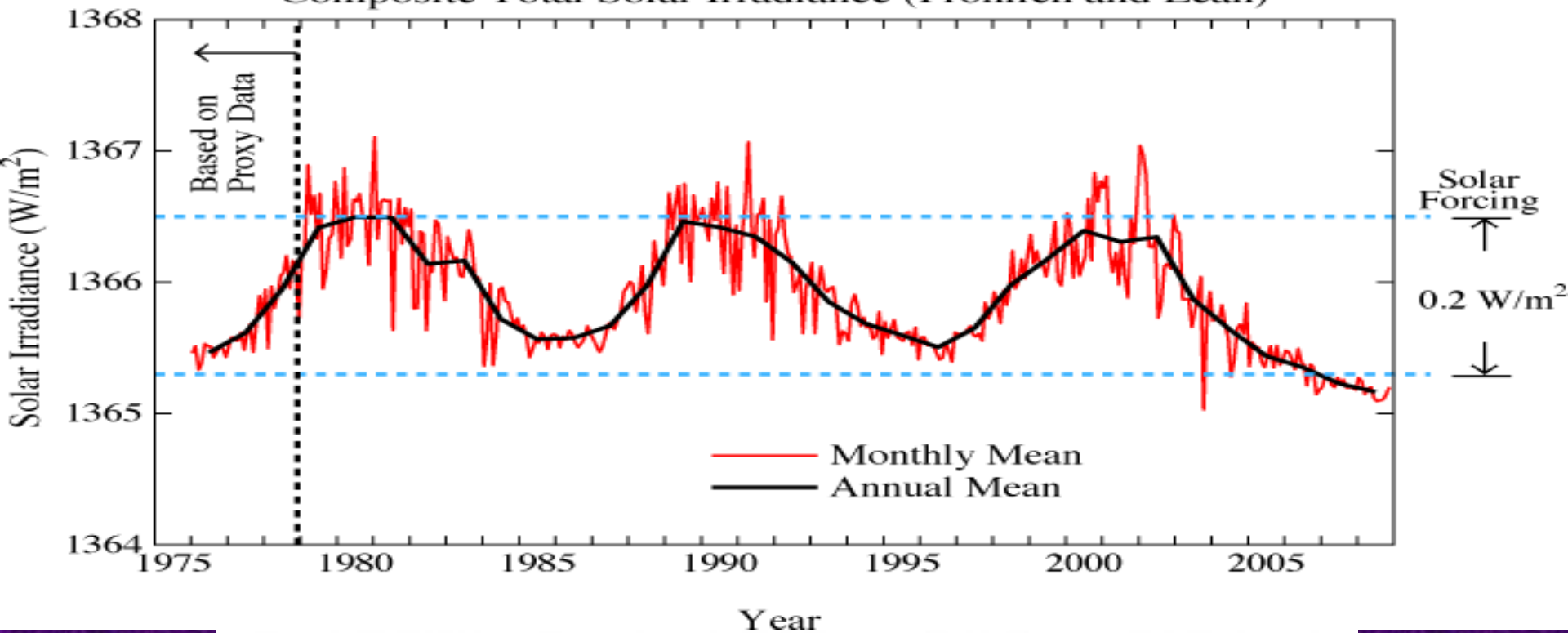


# Kosmické záření a klima Země

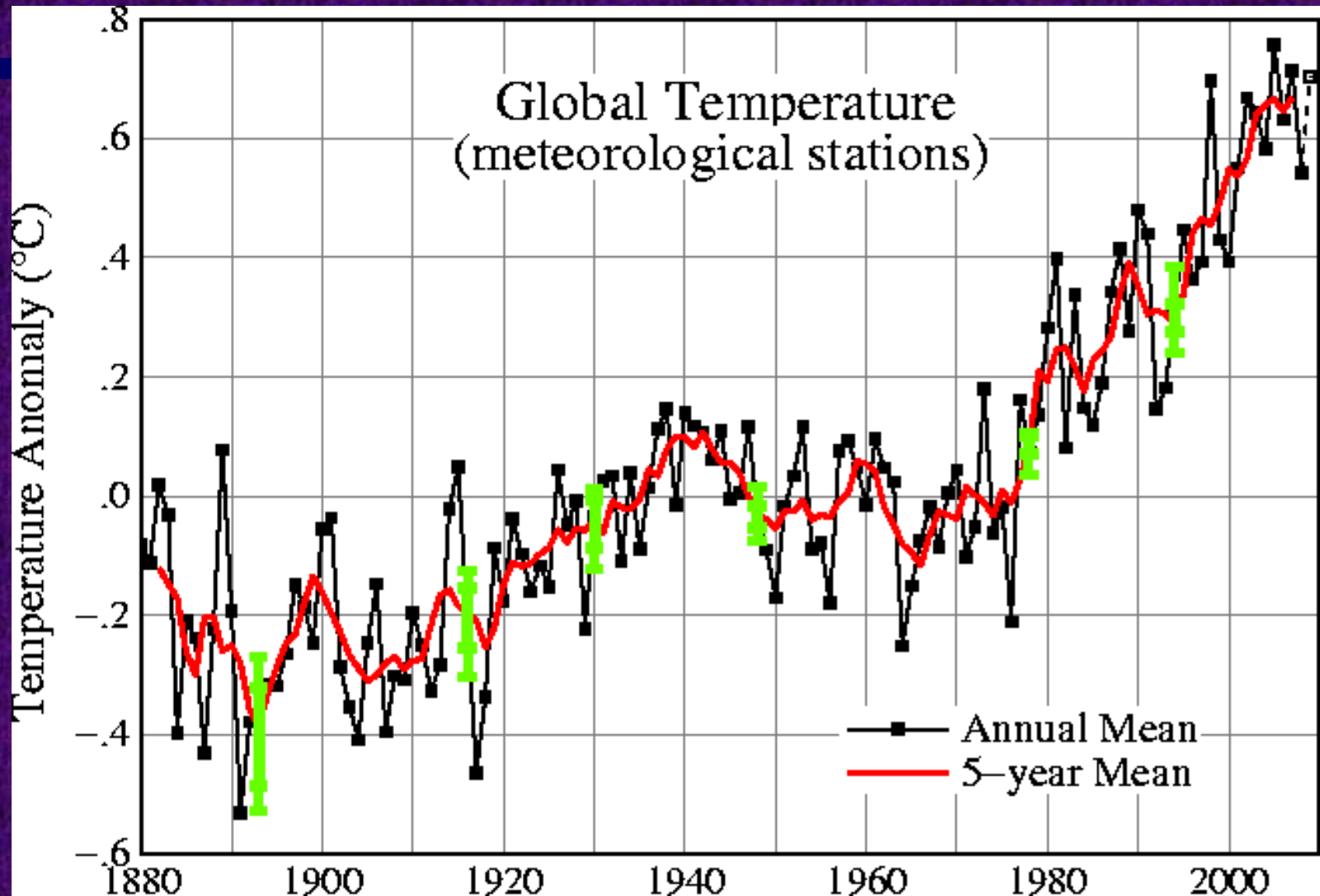




Composite Total Solar Irradiance (Frohlich and Lean)



# Globální teplota



# Roční dávkový ekvivalent z kosmického záření



- 0,25 mSv průměrně na obyvatele planety
- 9 mSv obdrží lidé žijící v Himalájích (nad 6000 m.n.m)

# Kosmické záření a létání



- 0,005 mSv/hod - 10 km, komerční lety
- 0,010 mSv/hod - 15 km, nadzvuková letadla
- 17 mSv/rok - zatím největší d.e. naměřený u jednoho pilota Concordu
- U pilotů komerčních letů hrozí až třikrát větší riziko, že se u nich v budoucnosti rozvine některý z typů očního zákalu.

# Ohrožení astronautů zářením

Na čem závisí?

- na druhu mise  
(orbitální stanice, mimozemský prostor)
- na době trvání mise (dny, týdny, měsíce, roky)
- na fázi jedenáctiletého Slunečního cyklu

# Mise Apollo 1-17 (1967 - 1972)



Kdy byli astronauti exponováni?

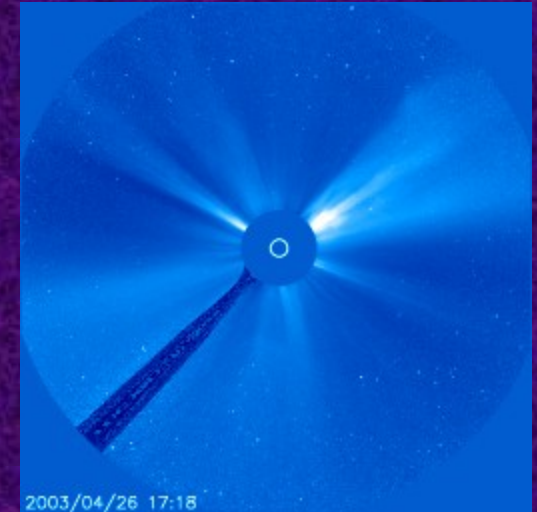
- Průlet Van Allenovými pásy
- Primární kosmické záření (na pozadí)
- Nenastala žádná sluneční erupce v průběhu mise!

Průměrná expozice posádek:

- absorbovaná dávka: 4,1 mGy
- d.e.: 12 mSv / dobu trvání mise (2-3 týdny)

# Sluneční vítr

- složení: p, He, e, ...
- rychlost:  $\sim 400 \text{ km/s}$
- hustota ve vzdálenosti 1AU:  $\sim 10 \text{ částic/cm}^3$
- pohybová energie částic dopadajících na magnetické siločáry Země  $\sim 10 \text{ TJ}$
- vně kosmické lodi  
=> nebezpečí náhlého ozáření převyšující bezpečnou dávku
- sluneční erupce => Země zasažena za 2-3 dny
- nebezpečné jsou jen erupce na západní straně Slunce



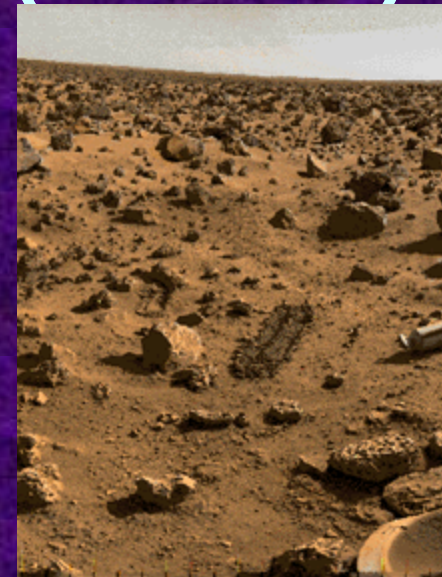
Vedlejší nebezpečí:

- magnetické bouře
- rozepnutí termosféry

# Pilotovaný let na Mars (2019?)

Největší překážka:  
dlouhodobé vystavení radiaci

- cesta tam .... 6 měsíců
- pobyt ..... 30 dnů nebo 1 rok
- cesta zpět .... 9 měsíců
  
- celkem ~ 2,5 roku

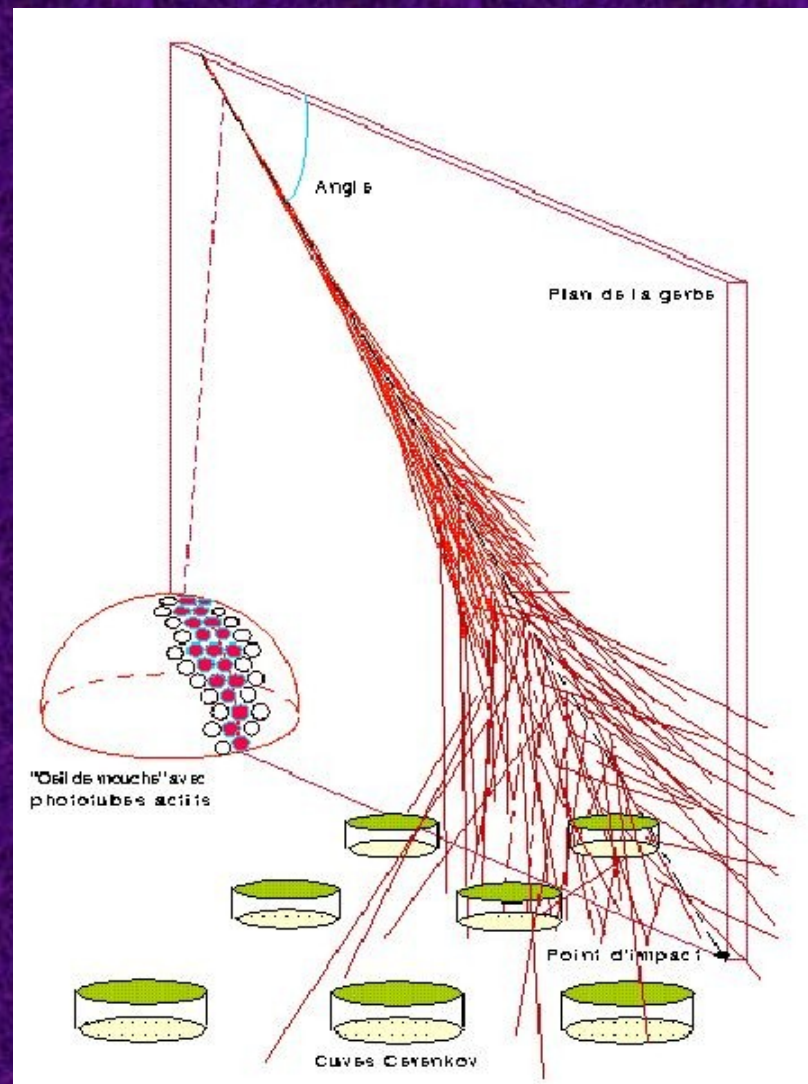




# Observatoř Pierra Augera

Povrchové  
a fluorescenční  
detektory

- 2 nezávislá měření -  
vzájemná kalibrace
- přesnější měření  
energií a úhlů
- určení typu primární  
částice



# Jižní část observatoře - Argentina -

- Výstavba  
2000 až 2005
- 1600 detektorů
- 3000 km<sup>2</sup>



# Použité zdroje

## Literatura

- Rudolf Kippenhann, *Odhalená tajemství Slunce*, Mladá fronta, Praha 1999
- ČEZ, *Jaderná energie*, Atypo, Praha 2004
- Josip Kleczek, *Energie*, Albatros, Praha 2002

## Internet

- Jan Řídký, Fyzikální ústav AV ČR,  
*Kosmické záření a astročásticová fyzika* - pdf dokument
- <http://www.theresilientearth.com/?q=content/attempt-discredit-cosmic-ray-climate-link-using-computer-model>
- <http://www.hps.org/publicinformation/ate/>
- <http://www-hep2.fzu.cz/Auger/cz/cronin.html>
- [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_16\\_ray.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_16_ray.php)
- <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm>