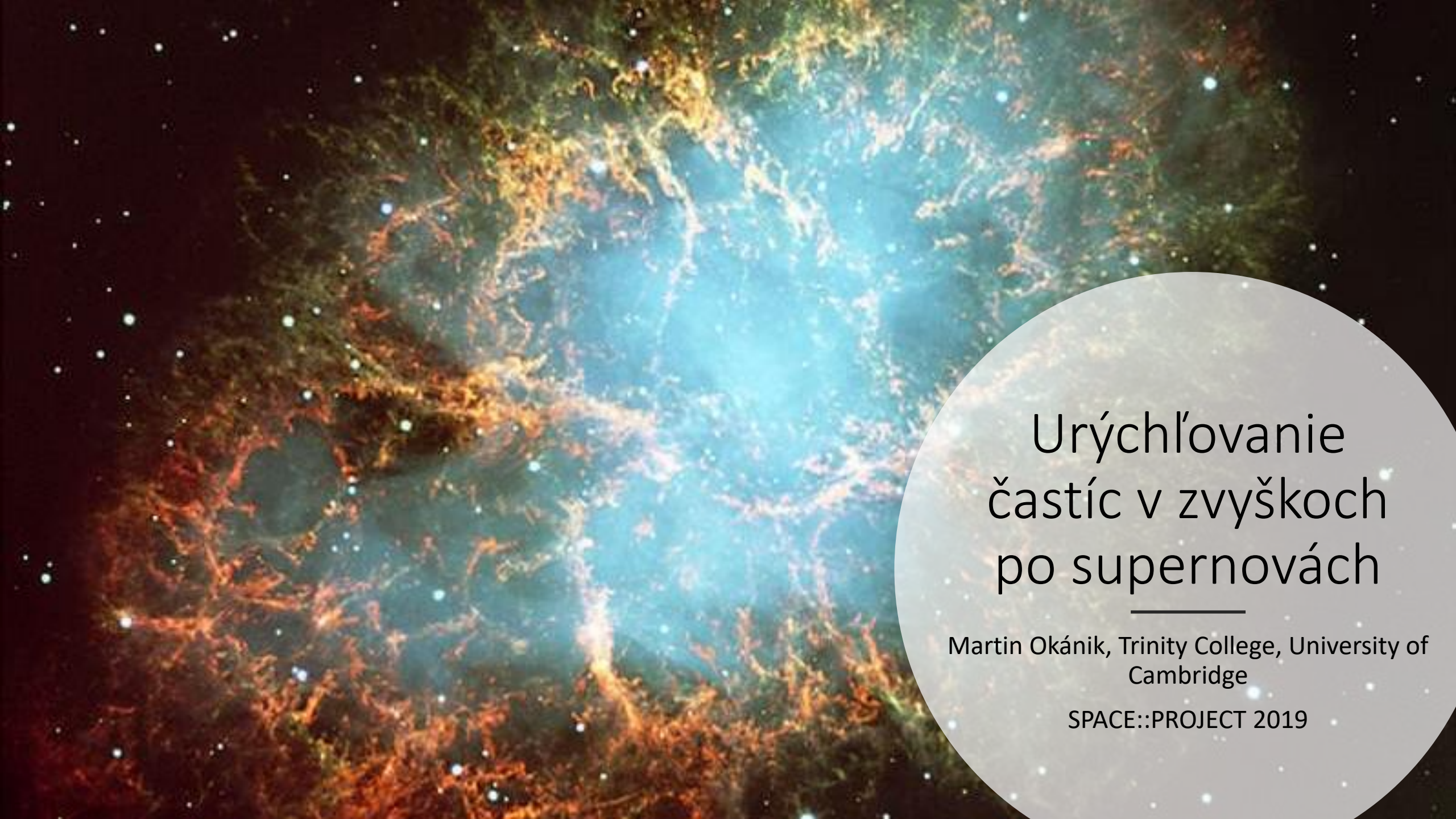
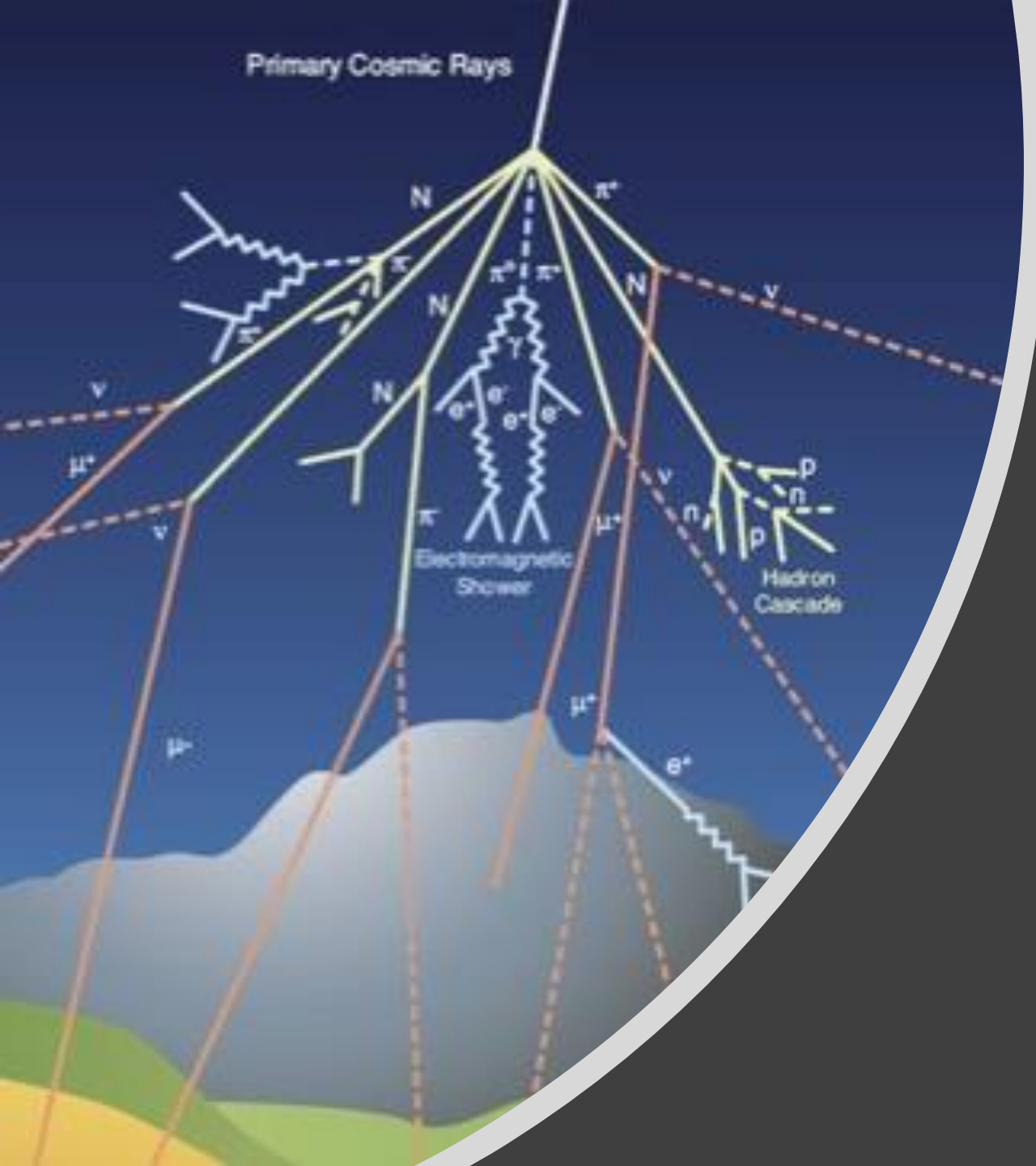




Urýchľovanie častíc v zvyškoch po supernovách

Martin Okánik, Trinity College, University of
Cambridge

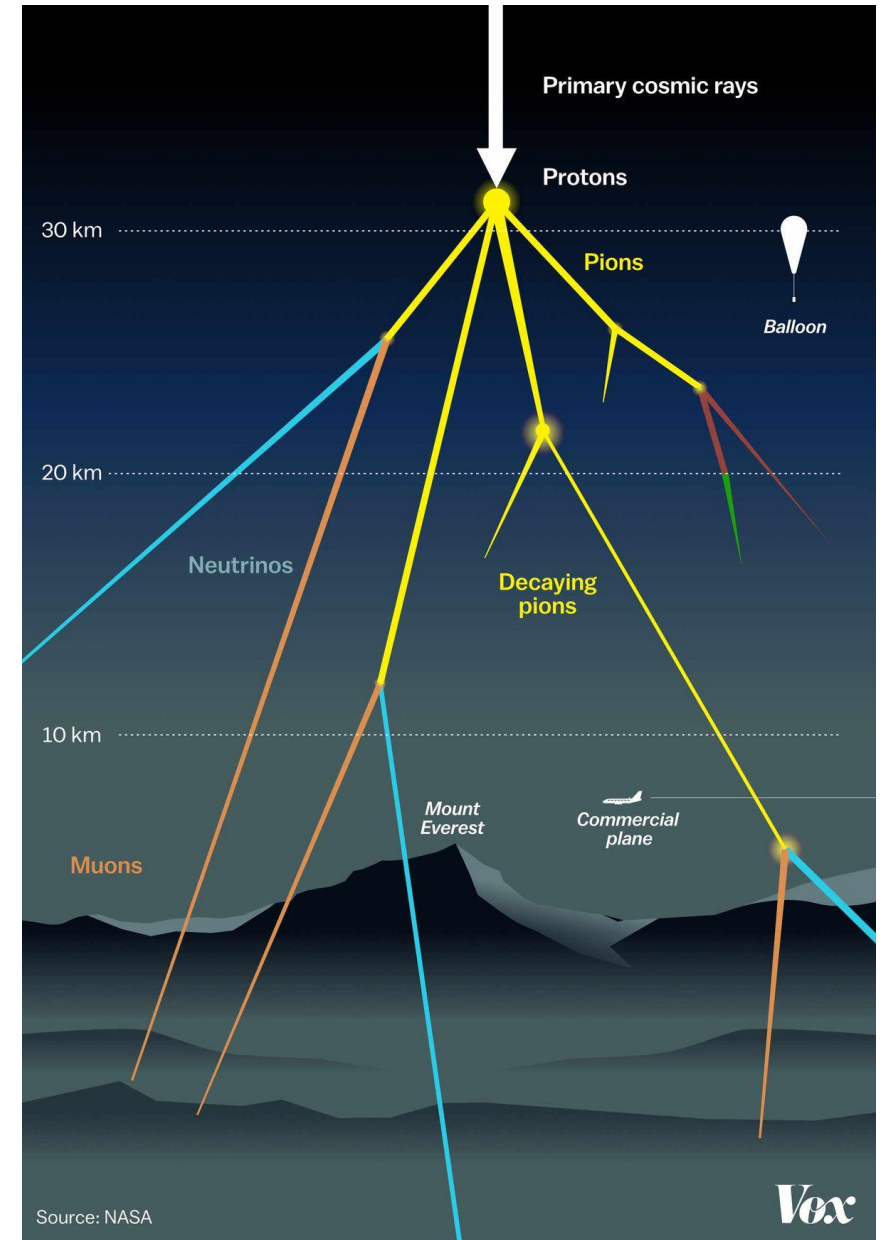
SPACE::PROJECT 2019



Časť 1: stručný úvod do témy

Čo je to kozmické žiarenie?

- Nabité častice (hlavne protóny) šíriace sa vesmírom takmer rýchlosťou svetla
- Interakcia s atmosférou (N, O): sekundárne spršky
- Radiácia stúpa s nadmorskou výškou
- Skratka: CR (cosmic rays)



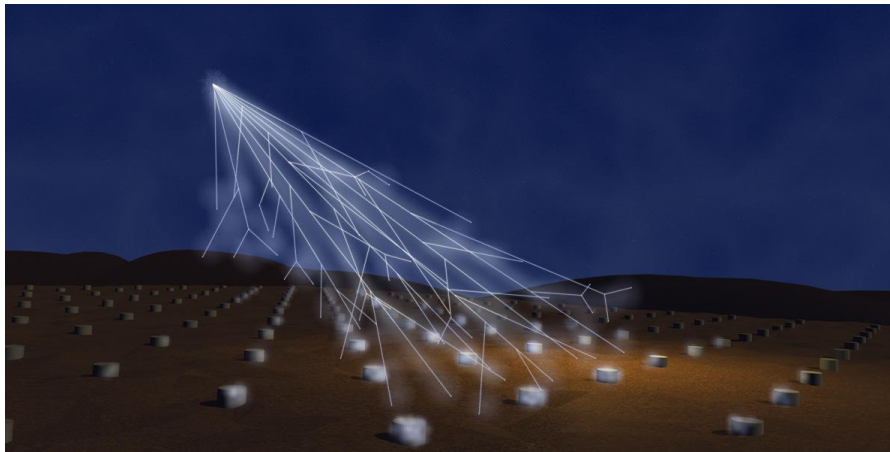
Výskum kozmického žiarenia



Hess (1912) - objav
kozmickeho pôvodu
atmosférickej radiácie



Moderný atmosférický balón



Pierre Auger Observatory

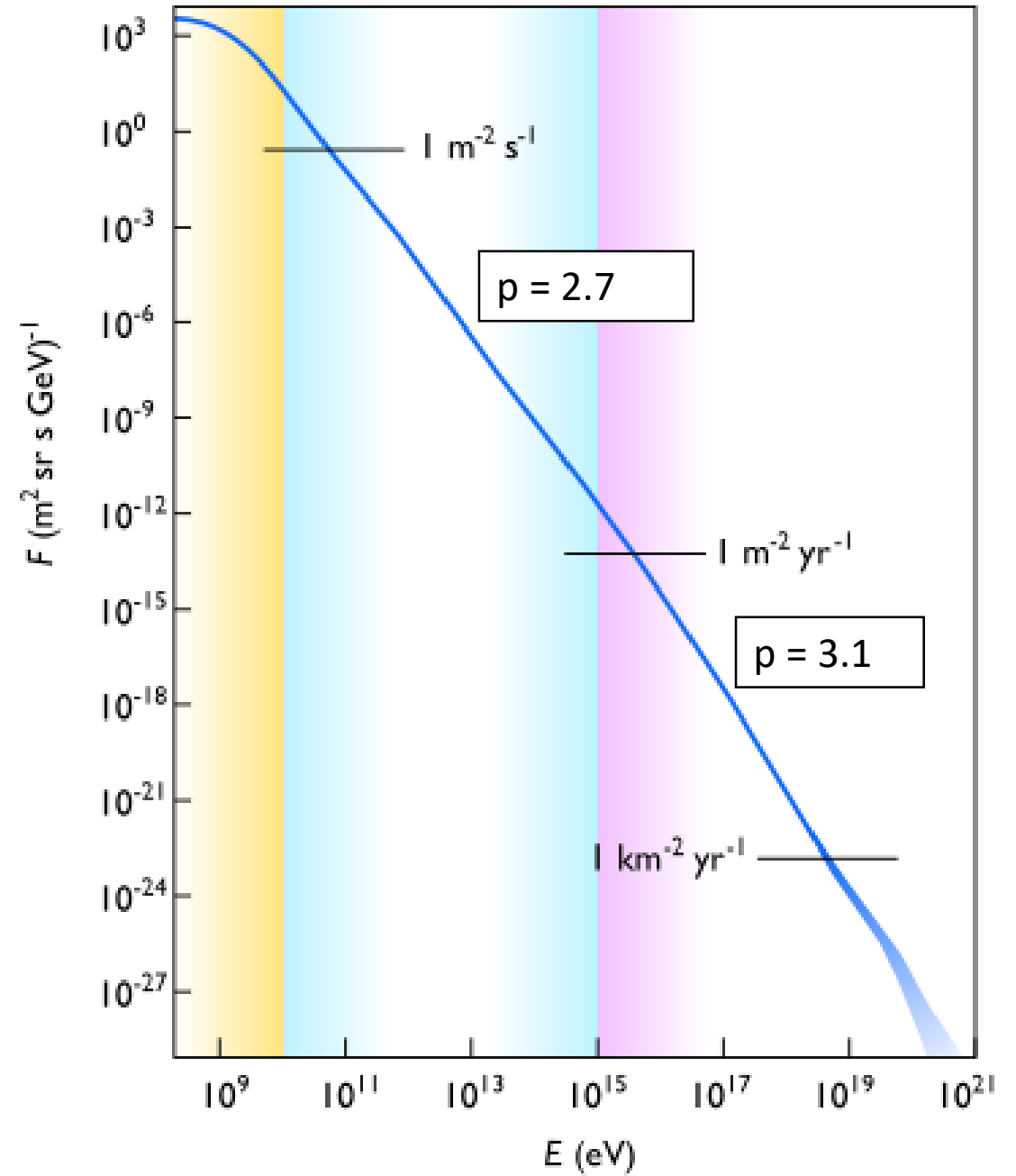
Energetické spektrum

- Mocninová závislost toku primárních částic na energii:

$$F \propto E^{-p}$$

$$\frac{d \log F}{d \log E} = -p$$

- “knee” - 10^{15} eV
- “ankle” - 10^{18} eV



Najenergetickejšie častice (UHECR)



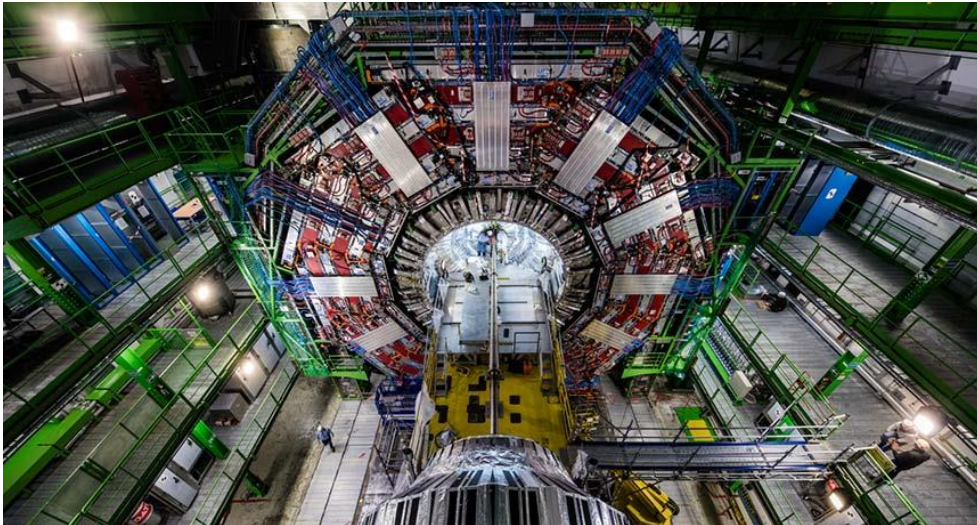
Greisen–Zatsepin–Kuzmin limit:

teoretická hranica energie, približne 5×10^{19} eV (protóny) v dôsledku interakcie s fotónmi CMB

Rekordér:

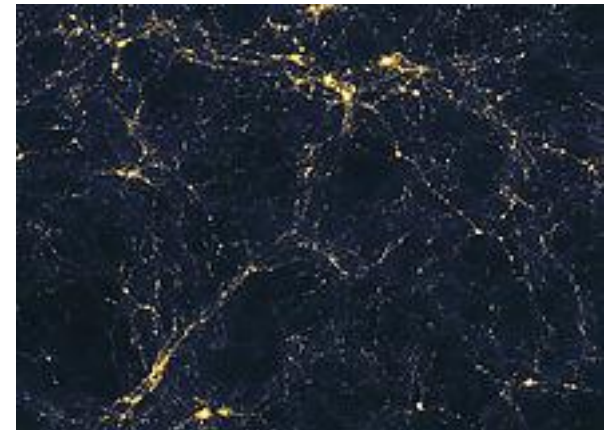
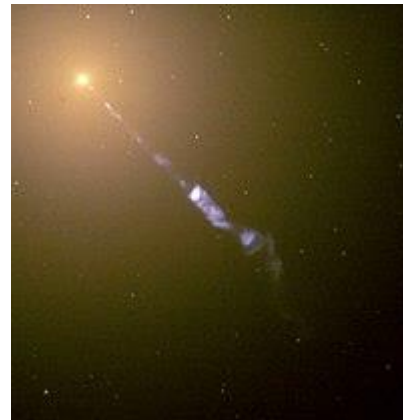
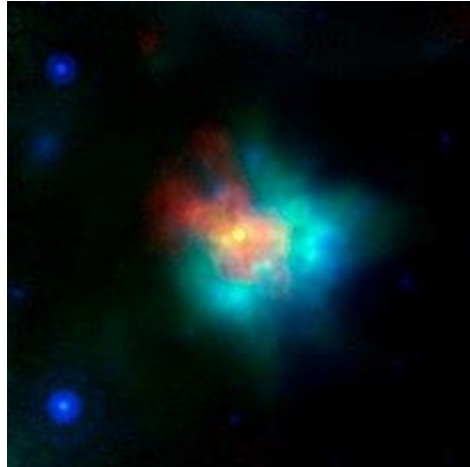
tzv. Oh-My-God častica -
 $(3.2 \pm 0.9) \times 10^{20}$ eV
(40 miliónov $\times$ limit LHC)

(CMB: kozmické mikrovlnné pozadie – vyžiarené v mladom vesmíre po tom, čo sa stal priehľadný pre svetlo, tzv. rekombinácia, vytvorenie neutrálnych atómov z chladnúcej plazmy)



Výskum vysokoenergetických častíc: odkiaľ vlastne pochádzajú?

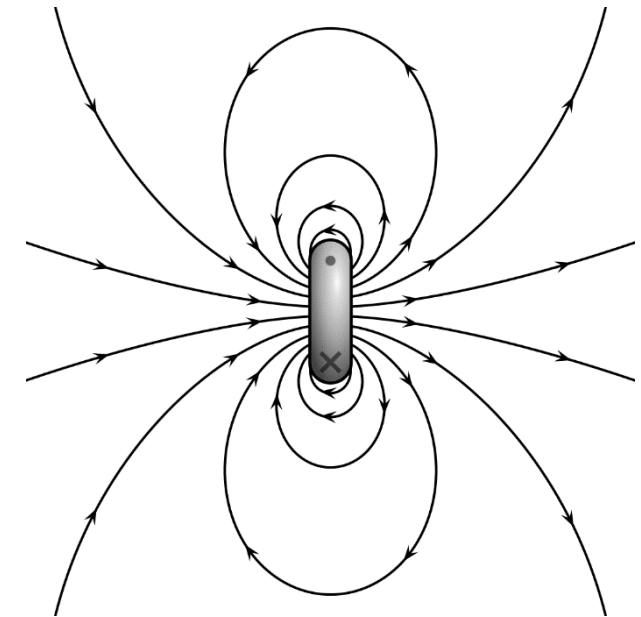
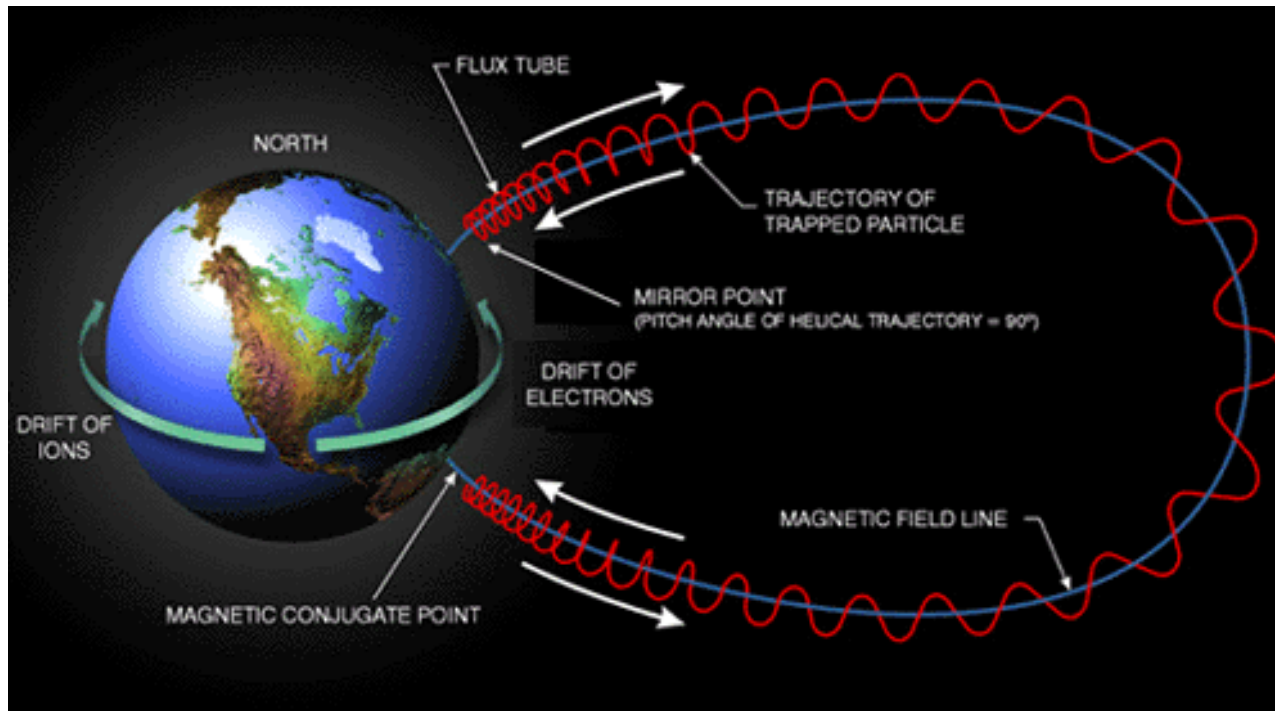
- Pierre Auger Observatory : $E > 1e18$ eV
- Viaceré mechanizmy urýchľovania v rôznych astrofyzikálnych situáciách - slnečné erupcie, zvyšky po supernovách, pulzary, AGN, medzigalaktické magnetické polia (filamenty)



Mechanizmy urýchľovania

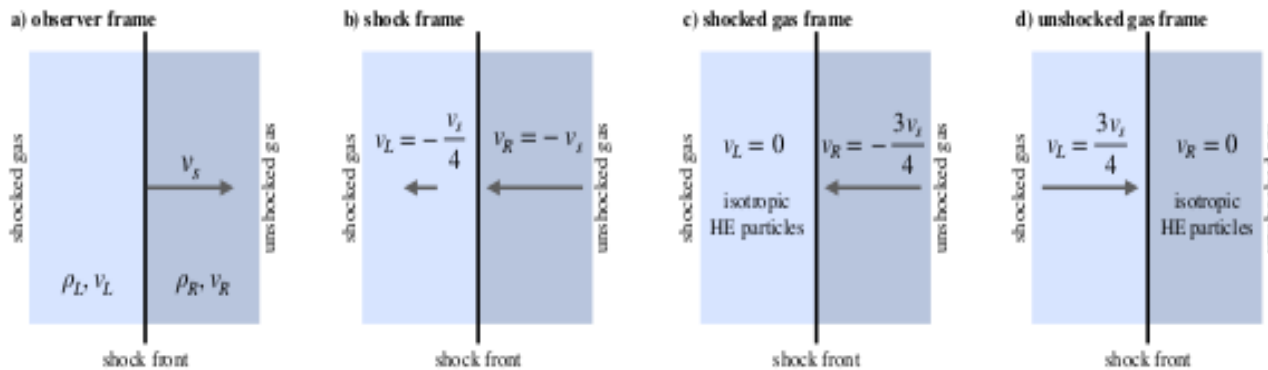
- sila na časticu v magnetickom poli
- Magnetické zrkadlenie - pôsobenie celkovej sily smerom von z oblasti so zhusťujúcimi sa siločiarami magnetického poľa B

$$\vec{F} = \underbrace{q\vec{E}}_{\text{Electric force}} + \underbrace{q\vec{v} \times \vec{B}}_{\text{Magnetic force}}$$

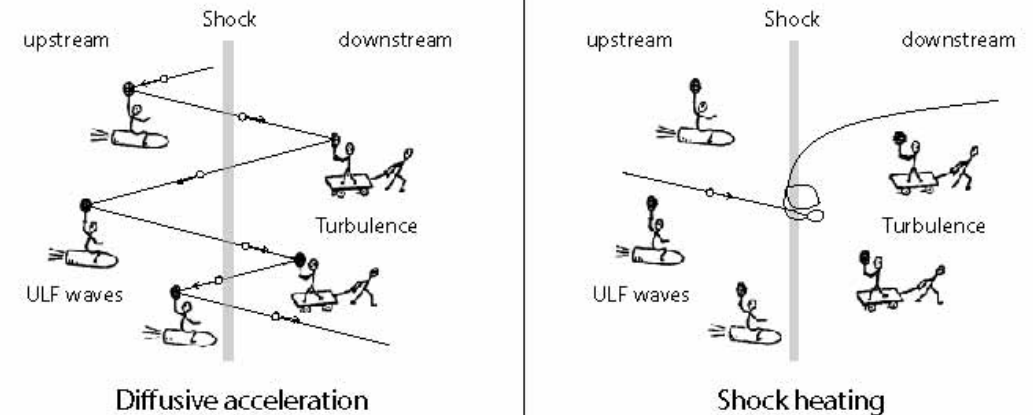


Fermiho mechanizmus

- **1.rádu** - odraz od magnetických irregularít pri prechode rázovou vlnou
- **2. rádu** - magnetické zrkadlenie na pohybujúcich sa medzihviezdnych plynových oblakoch v Galaxii



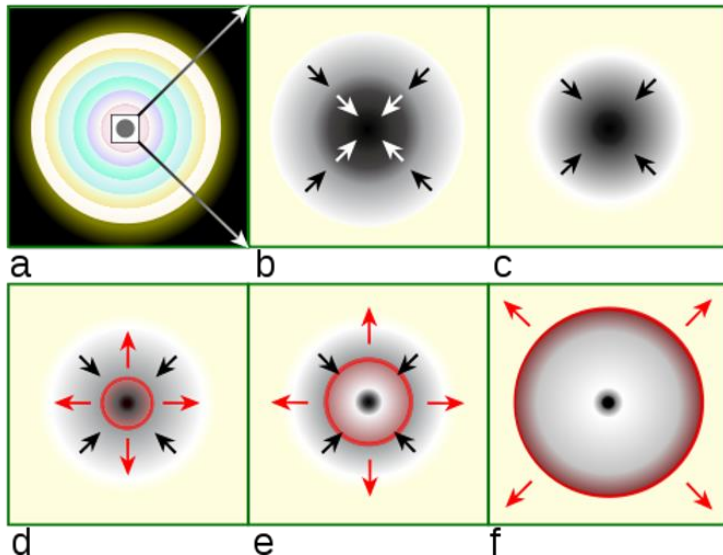
Obr.[MAUCA 2019 – Course Notes, Oliver Hahn]



Obr.[<http://inspirehep.net/record/789082/plots> skica od M.Scholer (Hosino 2001)]

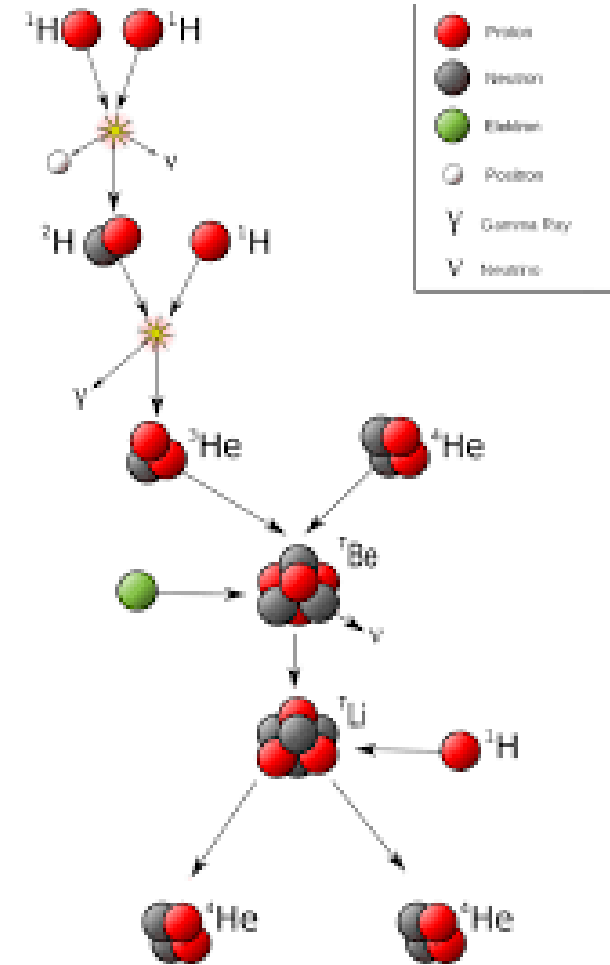
Čo je to supernova?

- Stabilná hviezda: mechanická rovnováha udržiavaná tepelnou energiou jadrovej fúzie H – He
- Spaľovanie čoraz ťažších prvkov až po železo (Fe)
- Supernova (typ II): konečné štádium života hviezdy s hmotnosťou viac ako 8 Slnk, náhly kolaps po vyčerpaní paliva s vyžiarením enormného množstva energie (rádovo 10^{44} J)



...uvoľnená energia spôsobí
majestátne vyvrhnutie
vonkajších vrstiev hviezdy
do priestoru...

Fázy počiatkovej explózie



Protón-protónový (p-p)
cyklus premeny H na He

Časť 2: Môj SPACE::PROJECT

...trochu detailnejší pohľad



 **SPACE::LAB**

Plán projektu

- Prehľad literatúry – astrofyzikálny kontext, možné vyústenia projektu
- Štúdium a simulácia zvyšku po supernove (SNR, z angl. supernova remnant) bez vplyvu urýchľovania CR
- Simulácia urýchľovania na 1D rázovej vlne: získať funkčný prototyp
- Simulácia urýchľovania v 2D na SNR riešení
- Použité prostriedky: články, notebook, výpočtový cluster SAV, programovací jazyk Python (+Matplotlib, NumPy)

Numerická simulácia expanzie supernovy

- 1. fáza: voľná fáza bez výrazného zbrzdzenia
- $u \approx \sqrt{2E/(M_0 + m)}$, rázová vlna sa šíri a nabaľuje hmotu (m)
- $u \gg c$ (c je rýchlosť zvuku v prostredí)
- trvanie asi 100 rokov
- Koniec: $m \approx M_0$

Sedov-Taylor phase

- 2. fáza: nezanedbateľná hmotnosť , väčšina hmoty v tenkej expandujúcej vrstve, horúce a riedke vnútro (väčšina energie)
- Adiabatické rozpínanie (zachovanie energie)
- „bezzrážkový“ (collisionless) system
- 5-20 % energie ide do CR (zanedbaný vplyv na SNR)
- Na konci: 3. fáza - chladenie vyžarovaním (t.j. už nie adiabatická)
- Riešime a simulujeme v Sedov-Taylor fáze

Hydrodynamika

- Rovnica kontinuity (zachovanie hmoty): $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0,$
- Navier-Stokesova rovnica (pohybová rovnica v mechanike kontinua):

$$\rho \frac{D\mathbf{u}}{Dt} = -\rho \nabla \Phi - \nabla p,$$

$$\frac{D}{Dt} \equiv \frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla.$$

Fyzika rázovej vlny

- Rankine-Hugoniotove rovnice dávajú do súvisu veličiny z upstreamu (pred šokom, index 1) a downstreamu (za šokom, index 2):

1) zachovanie hmoty: $\rho_1 u_1 = \rho_2 u_2$

2) zachovanie hybnosti: $\rho_1 u_1^2 + p_1 = \rho_2 u_2^2 + p_2$

3) zachovanie energie: $\frac{1}{2} u_1^2 + E_1 + \frac{p_1}{\rho_1} = \frac{1}{2} u_2^2 + E_2 + \frac{p_2}{\rho_2}$

• 1,2,3 dajú vzťah: $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{(\gamma+1)p_2 + (\gamma-1)p_1}{(\gamma+1)p_1 + (\gamma-1)p_2}$

Jednoatómový plyn:

limit silného šoku: $p_2 \gg p_1$ takže $\frac{u_1}{u_2} = \frac{(\gamma+1)}{(\gamma-1)}$, $\gamma = \frac{5}{3} \rightarrow \frac{u_1}{u_2} = 4$

Riešenie rovníc pre Sedov-Taylor phase

$$\frac{D\rho}{Dt} + \frac{\rho}{r^2} \frac{\partial}{\partial r}(r^2 u) = 0,$$

Rovnica continuity

$$\frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial r}(p_g + p_c),$$

Pohybová rovnica

$$\frac{Dp_g}{Dt} = \frac{\gamma p_g}{\rho} \frac{D\rho}{Dt},$$

Závislosť tlaku plynu

$$\frac{Dp_c}{Dt} = \frac{\gamma_c p_c}{\rho} \frac{D\rho}{Dt},$$

Závislosť tlaku žiarenia

$$\frac{D}{Dt} \equiv \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial r}.$$

Operátor materiállovej (Lagrangeovej) derivácie

Samopodobnostné riešenie

$$\begin{aligned}
 \left[\begin{aligned}
 \rho &= \rho_0 \Omega(\eta) \\
 u &= \frac{2}{5} \frac{r}{t} U(\eta) \\
 p_g &= \rho_0 \left(\frac{2}{5} \frac{r}{t} \right)^2 P_g(\eta) \\
 p_c &= \rho_0 \left(\frac{2}{5} \frac{r}{t} \right)^2 P_c(\eta)
 \end{aligned} \right. \quad \frac{D}{Dt} = \frac{2}{5t} (U(\eta) - 1) \eta \frac{d}{d\eta} \quad \Rightarrow \quad \left[\begin{aligned}
 \frac{\Omega'}{\Omega} &= \frac{3U + \eta U'}{\eta(1 - U)} \\
 \frac{U'}{U} &= \frac{6(\gamma P_g + \gamma_c P_c) - 6(P_g + P_c)/U + \Omega(1 - U)(2U - 5)}{2\eta[\Omega(1 - U)^2 - (\gamma P_g + \gamma_c P_c)]} \\
 \frac{P'_g}{P_g} &= \gamma \frac{\Omega'}{\Omega} + \frac{(2U - 5)}{\eta(1 - U)} \\
 \frac{P'_c}{P_c} &= \gamma_c \frac{\Omega'}{\Omega} + \frac{(2U - 5)}{\eta(1 - U)}
 \end{aligned} \right. \quad (10)
 \end{aligned}$$

[Ratkiewicz et al (1994)]

Počiatkové podmienky

$$U(1) = 2/(\gamma_s + 1)$$

$$\Omega(1) = (\gamma_s + 1)/(\gamma_s - 1)$$

$$P_g(1) = 2(1 - w)/(\gamma_s + 1)$$

$$P_c(1) = 2w/(\gamma_s + 1)$$

where γ_s and w are given by,

$$\gamma_s = \frac{5 + 3w}{3(1 + w)}, \quad w = P_c/(P_c + P_g).$$

[Ratkiewicz et al (1994)]

Magnetické pole supernovy

[Ratkiewicz et al (1994)]

$$B_r = B_0 b_r(\eta) \cos \theta, B_\theta = B_0 b_\theta(\eta) \sin \theta,$$

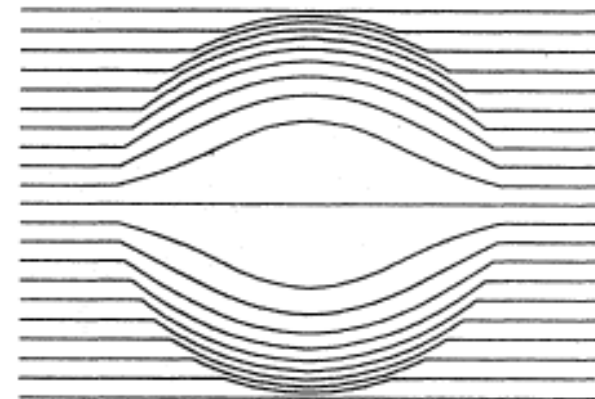
- magnetické pole unášané spolu s plazmou

$$\frac{D(\mathbf{B}/\rho)}{Dt} = \frac{\mathbf{B}}{\rho} \cdot \nabla \mathbf{u}.$$

- Tangenciálna zložka: $\frac{D}{Dt}(B_\theta / \rho r) = 0.$ $\longrightarrow$ $\frac{b'_\theta}{b_\theta} = \frac{(2U + \eta U')}{\eta(1 - U)}.$

- Div B = 0: $b_r = -(1 - U)b_\theta.$

- Okrajové podmienky: $b_r(1) = -1,$
 $b_\theta(1) = (\gamma_s + 1)/(\gamma_s - 1)$



[Ratkiewicz et al (1994)]

Implementácia kódu na supernovu

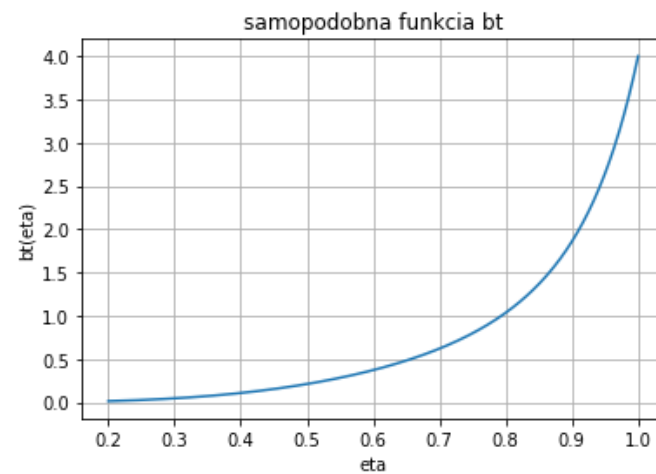
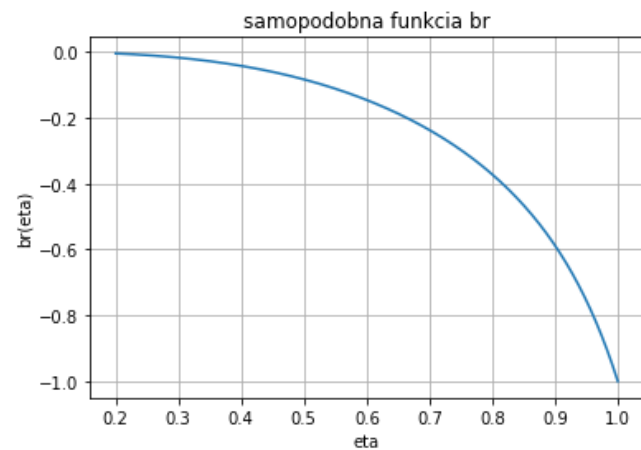
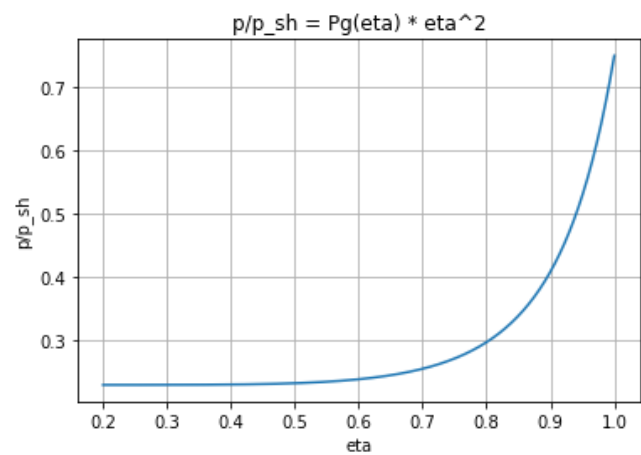
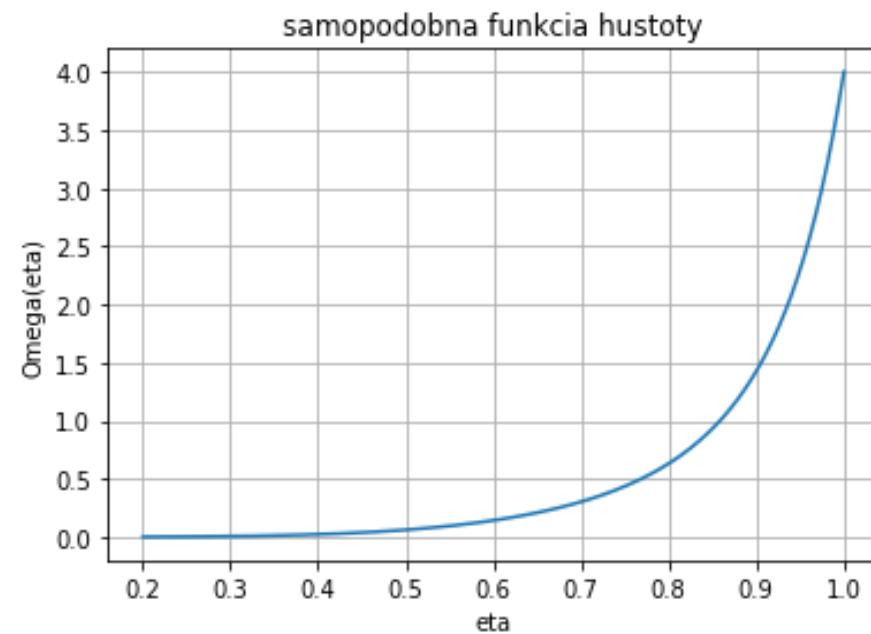
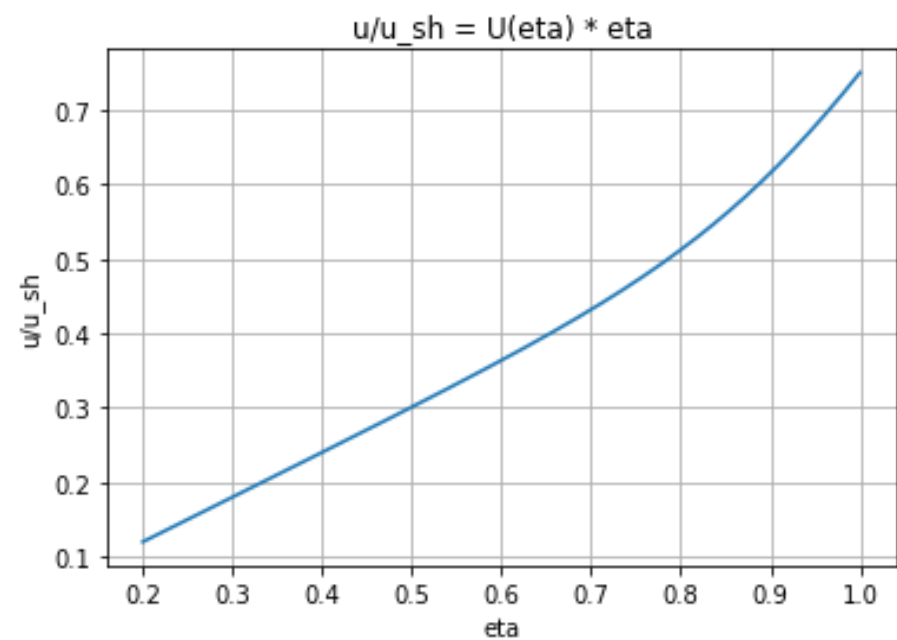
- Riešenie systému diferenciálnych rovníc z minulých slideov
- Jednoduchý Eulerov algoritmus

$$y[i+1] = y[i] + y'(x[i]) * dx$$

- Numericky nestabilný blízko stredu supernovy

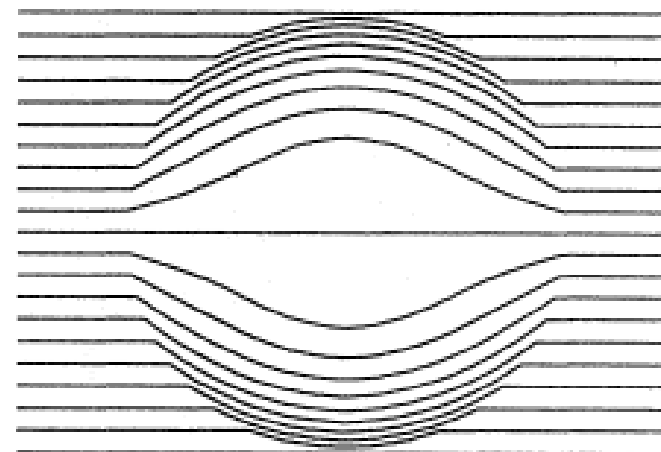
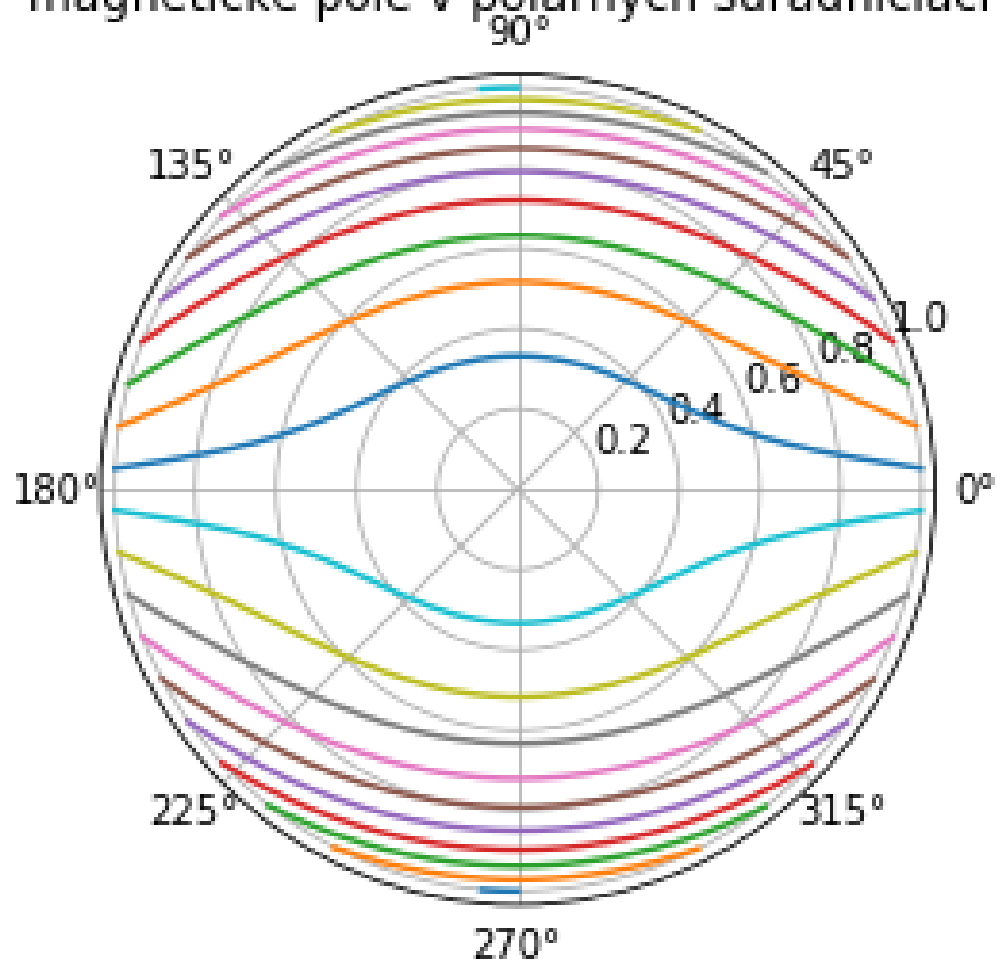


Výsledky



Magnetické pole

magneticke pole v polarnych suradniciach



[Ratkiewicz et al (1994)]

Urýchľovanie na 1D šoku

- Fokker-Planckova rovnica popisuje konvektívno-difúzny pohyb častíc

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \nabla \cdot (K \nabla f) - \nabla \cdot (u f) + (\nabla \cdot u) \frac{1}{3p^2} \frac{\partial}{\partial p} f p^3$$

- Rýchlosť plynu u a difúzny koeficient K sa v blízkosti rázovej vlny (šoku) rýchlo a nespojite menia z hodnoty v upstreame do hodnoty v downstreame

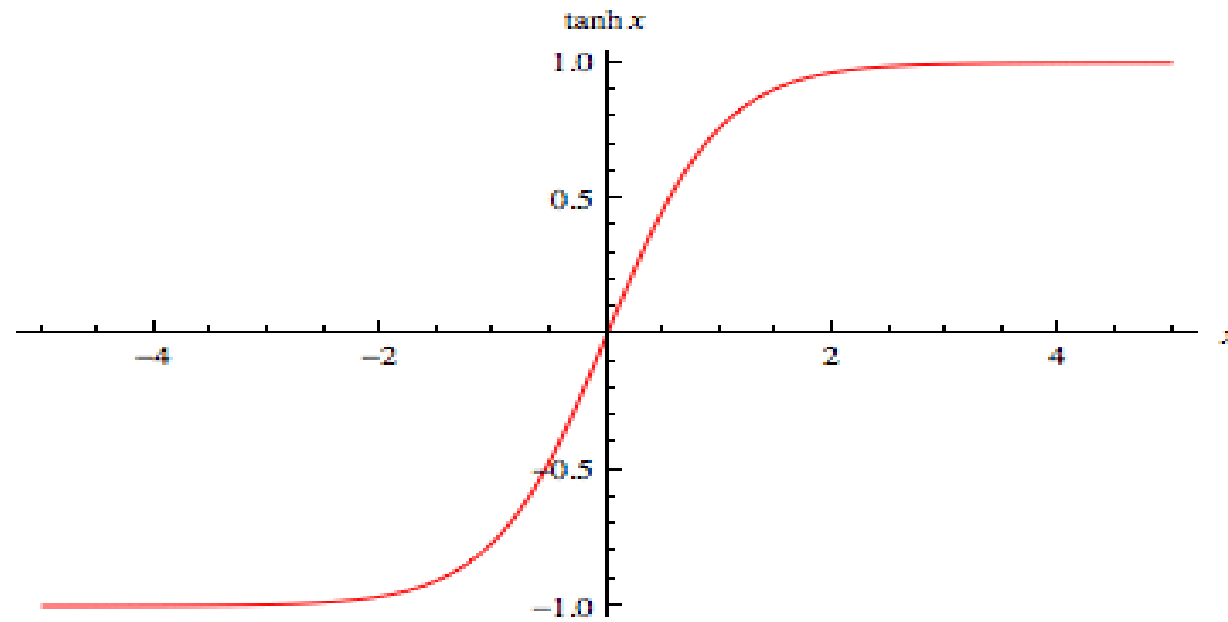
Implementácia 1D urýchľovania

- Fokker-Planckova rovnica: v 1D ($\nabla \rightarrow \frac{\partial}{\partial x}$)

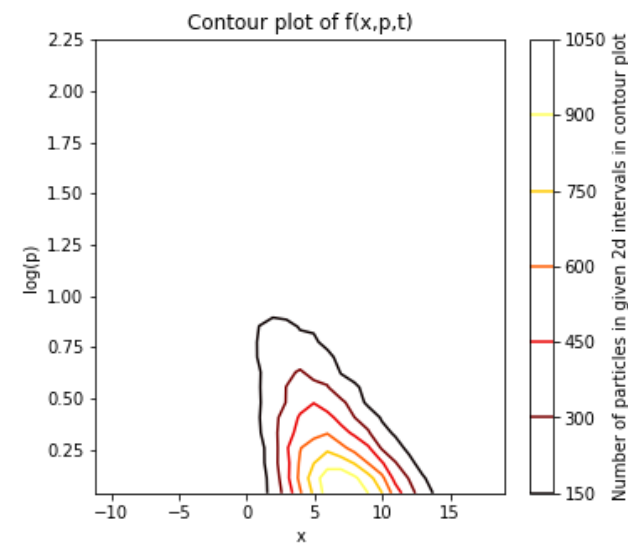
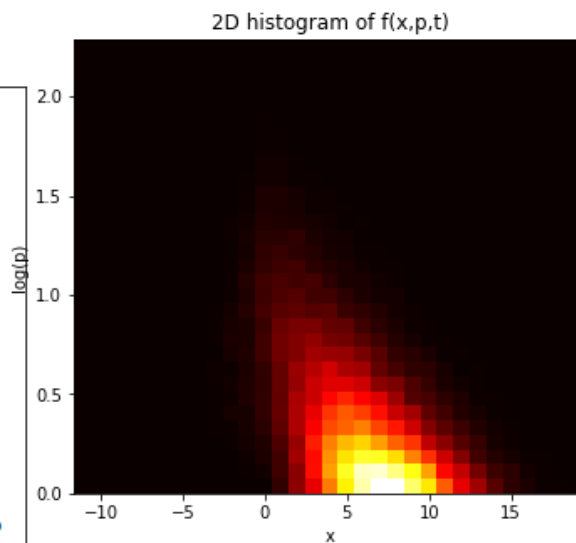
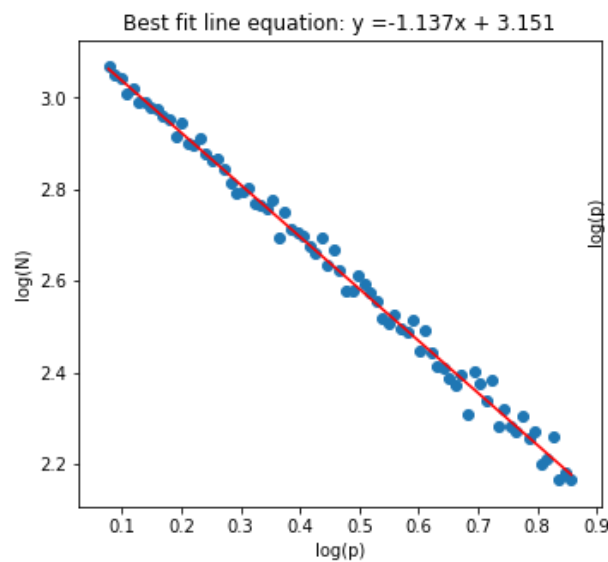
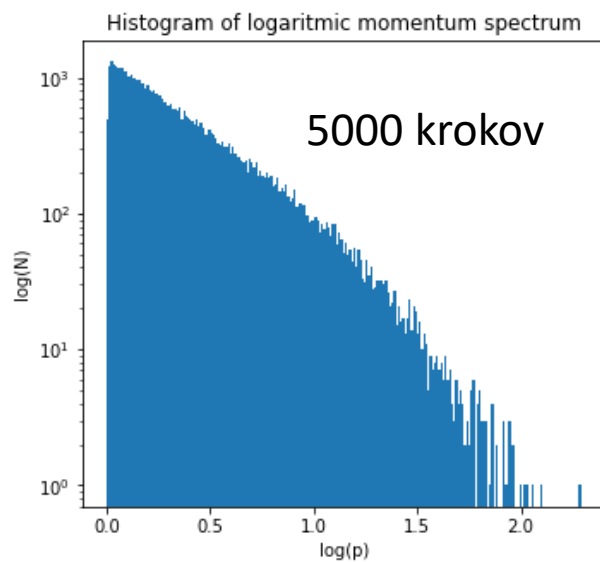
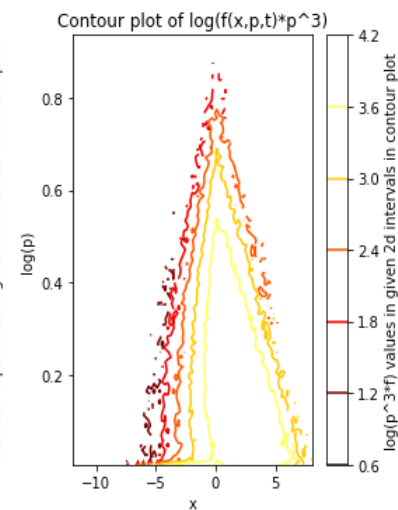
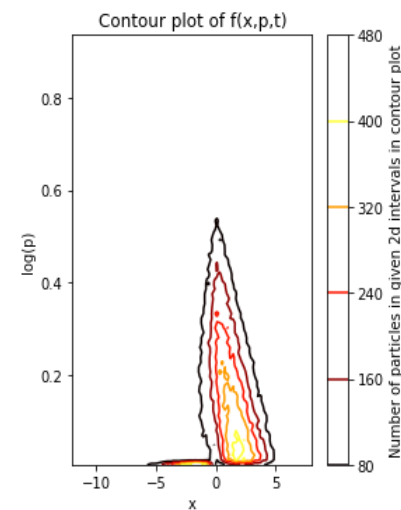
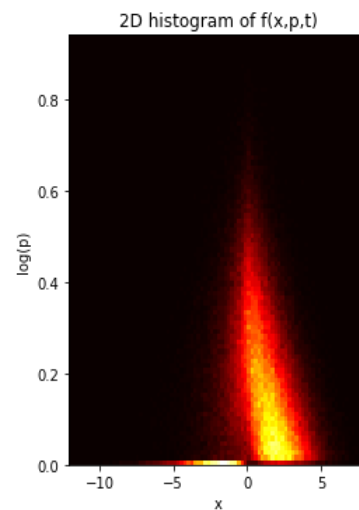
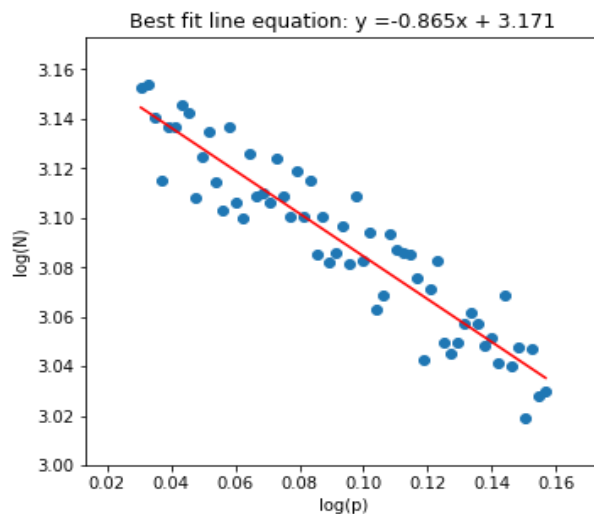
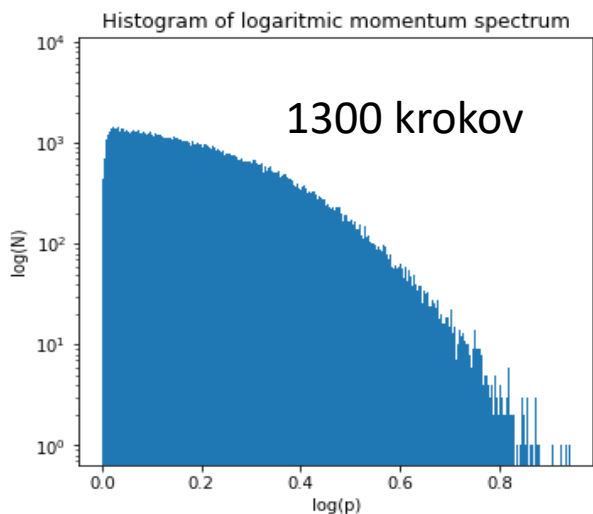
- Tanh šok (vs Heavyside)

$$\frac{U(x)}{u_1} = \frac{r+1}{2r} - \frac{r-1}{2r} \tanh\left(\frac{x}{L}\right), \quad r = 4$$

- Podobný vzťah pre difúzny koeficient $K(x)$



Výsledky: urýchľovanie na 1D šoku



Urýchľovanie na 2D šoku

- Zložitejšia geometria, prevod FK rovnice do polárnych súradníc
- K: difúzny tenzor (predtým skalár)
- Po dlhých úpravách:

$$D_{11} = \frac{\left(K_{rr} - \frac{K_{\theta\theta}}{r^2}\right)^2 + \frac{K_{r\theta}^2}{r^2}}{\sqrt{\left(K_{rr} - \frac{K_{\theta\theta}}{r^2}\right)^2 + \frac{K_{r\theta}^2}{r^2}}} + K_{rr} + \frac{K_{\theta\theta}}{r^2}$$

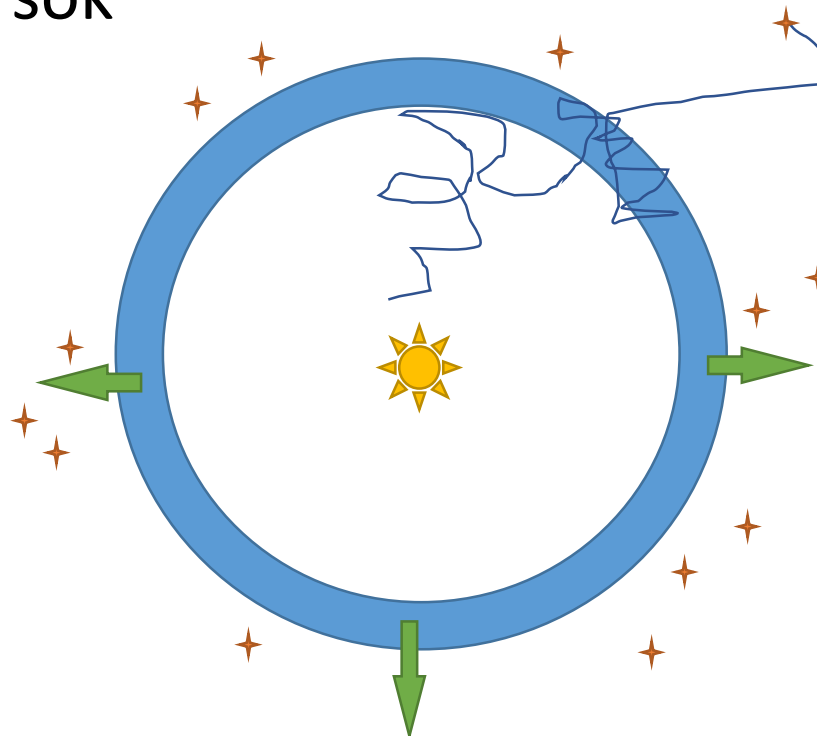
$$D_{22} = -\frac{\left(K_{rr} - \frac{K_{\theta\theta}}{r^2}\right)^2 + \frac{K_{r\theta}^2}{r^2}}{\sqrt{\left(K_{rr} - \frac{K_{\theta\theta}}{r^2}\right)^2 + \frac{K_{r\theta}^2}{r^2}}} + K_{rr} + \frac{K_{\theta\theta}}{r^2}$$

$$\langle \Delta r \rangle = R_1 \sqrt{D_{11}} \Delta t + \frac{2K_{rr}}{r} \Delta t + \frac{K_{r\theta} \cotg \theta}{r} \Delta t + \frac{\partial K_{rr}}{\partial r} \Delta t + \frac{1}{r} \frac{\partial K_{r\theta}}{\partial \theta} \Delta t + U_r \Delta t$$

$$\langle \Delta \theta \rangle = R_1 \sqrt{D_{22}} \Delta t + \frac{K_{\theta r}}{r^2} \Delta t + \frac{K_{\theta\theta} \cotg \theta}{r^2} \Delta t + \frac{1}{r^2} \frac{\partial K_{\theta\theta}}{\partial \theta} \Delta t + \frac{1}{r} \frac{\partial K_{\theta r}}{\partial r} \Delta t + \frac{U_\theta}{r} \Delta t$$

Implementácia kódu pre 2D urýchľovanie

- Použitie riešenia pre supernovu: kvôli rýchlosti výpočtu fitovanie funkcie $P(\eta)$, $\rho(\eta)$, $U(\eta)$ polynómom a jeho dosadenie do simulácie
- Injekcia častíc: náhodné vloženie častice s konštantnou počiatočnou hybnosťou pred šok



Výsledky

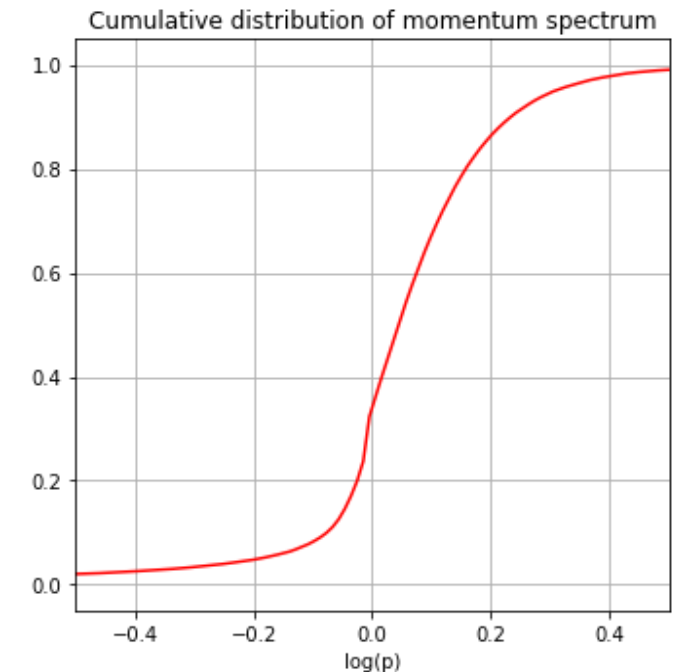
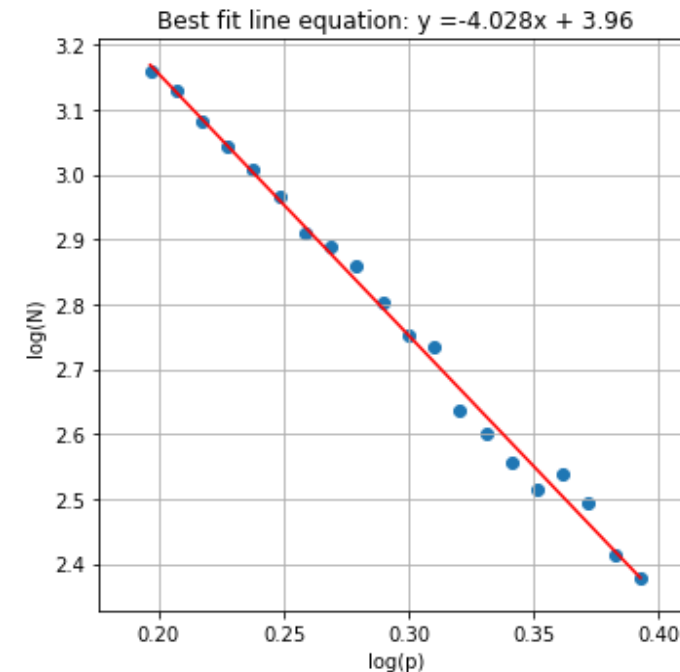
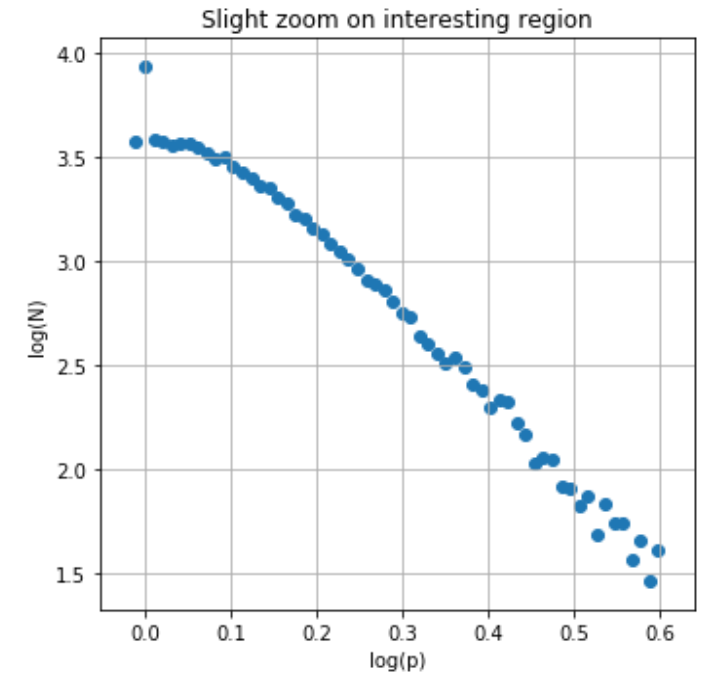
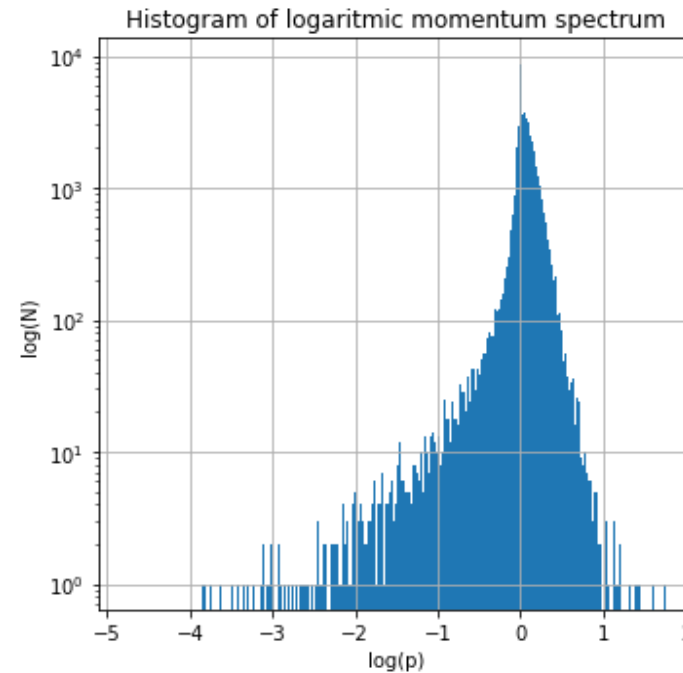
- (jedna z mnohých) simulácia pre 100,000 častíc
- Rôzne sklony v spektre

p data from
sim3/240_p_fin_N100000_steps3000_dt0.03
total physical time in simulation $t = \text{steps} * dt = 90.0$

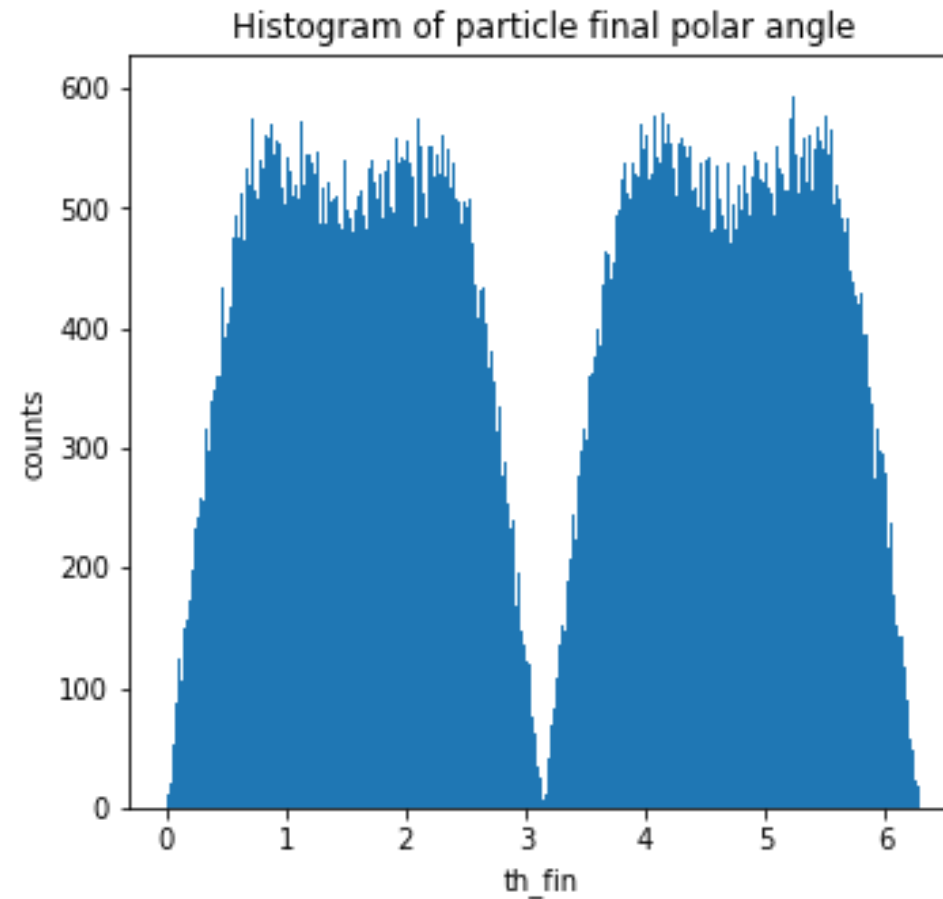
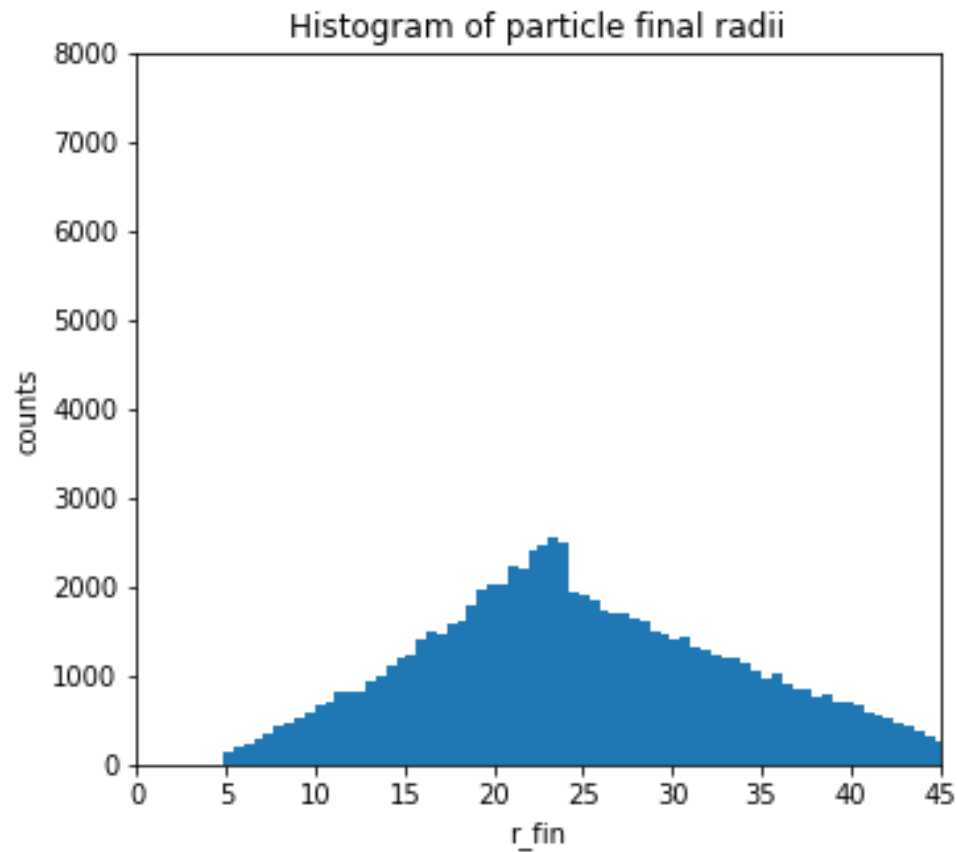
Number of particles $N = 100000$

num_bins = 632

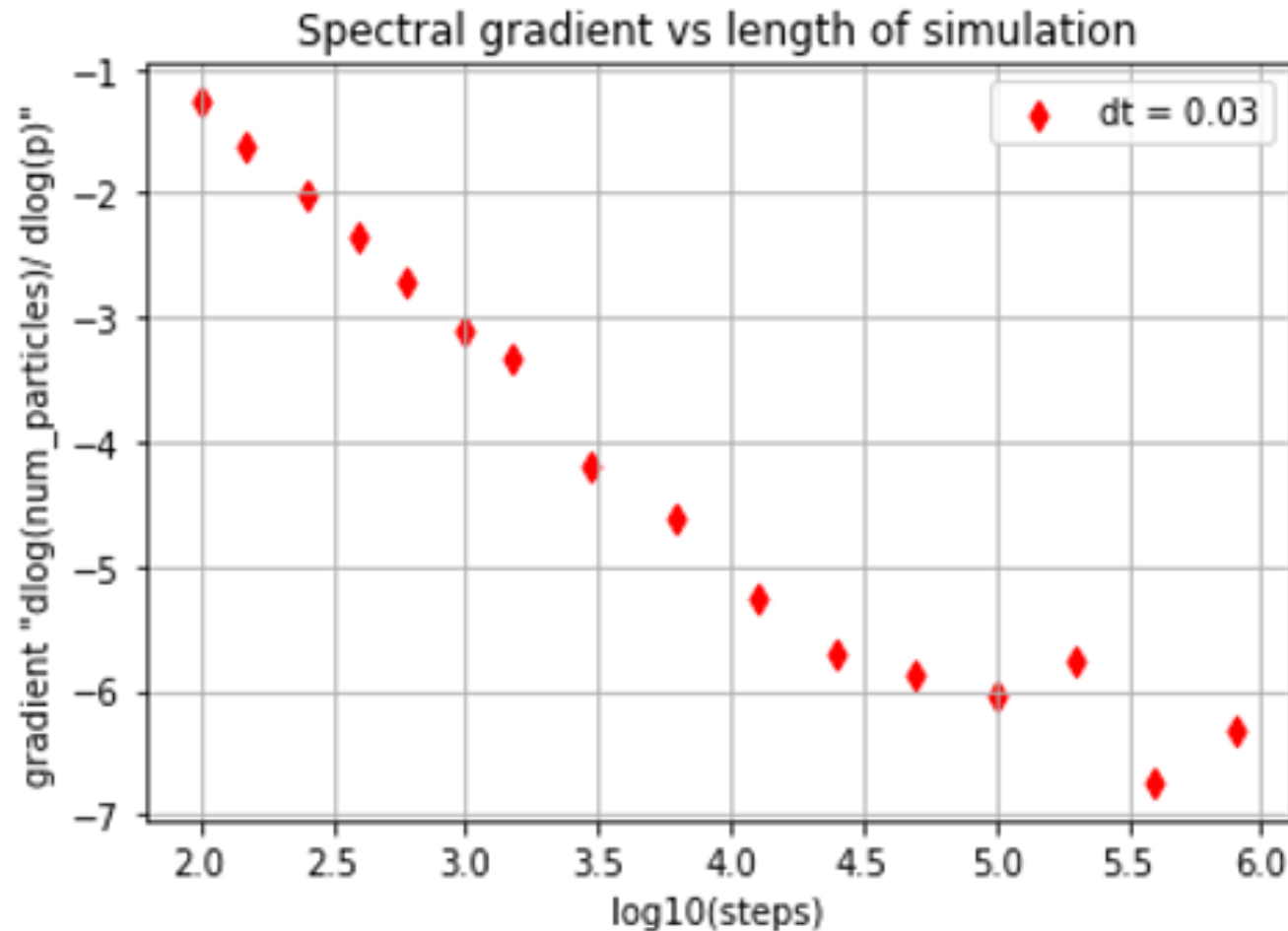
% of particles used in linear fit: 13.771 %



Konečné pozície častíc

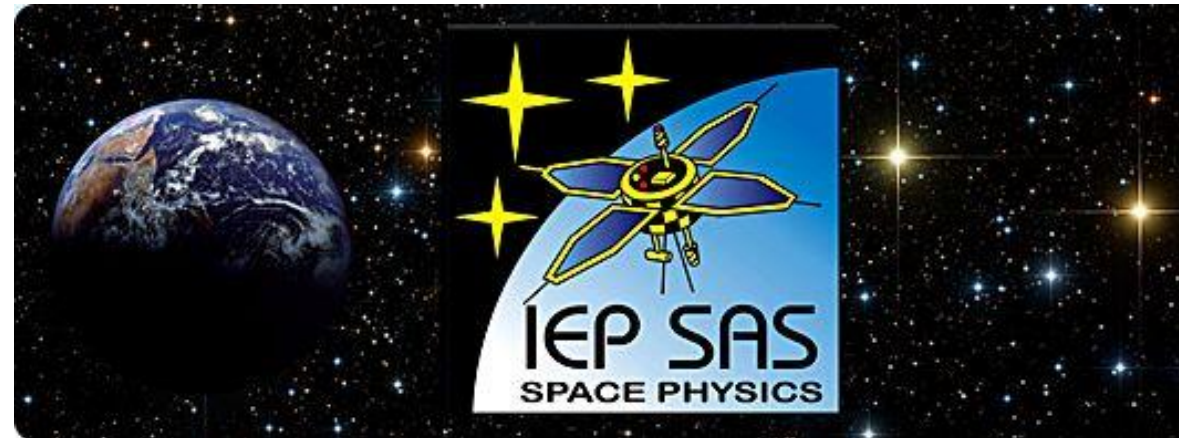


Porovnanie efektivity urýchľovania s dĺžkou simulácie (počet rovnako dlhých krokov)



Čo som sa naučil a v čom bol pre mňa SPACE::PROJECT prínosný

- Skvelí ľudia
- Zaujímavý výskum
- Práca a organizácia



Použitá literatúra vo výskume

- **Ratkiewicz, Axford, McKenzie (1994)**, Similarity solutions for synchrotron emission from a supernova blast wave, A&A, 291:935-942
- **Chevalier (1983)**, Blast Waves with Cosmic Ray Pressure, ApJ, 272:765-772
- **Bobik, P., et al. (2016)**, On the forward-backward-in-time approach for Monte Carlo solution of Parker's transport equation: One-dimensional case, J. Geophys. Res. Space Physics, 121, doi:10.1002/2015JA022237.
- **Pei, C., J. W. Bieber, R. A. Burger, and J. Clem (2010)**, A general time-dependent stochastic method for solving Parker's transport equation in spherical coordinates, J. Geophys. Res., 115, A12107, doi:10.1029/2010JA015721.

Obrázky v prezentácii prevzaté z:

- <https://www.universetoday.com/30959/messier-1/> titulná fotka
- <https://home.cern/science/physics/cosmic-rays-particles-outer-space> titulná k časti 1
- <https://www.independent.co.uk/topic/Aircraft>
- <https://www.vox.com/the-highlight/2019/7/16/17690740/cosmic-rays-universe-theory-science>
- <https://home.cern/news/news/physics/cosmic-rays-discovered-100-years-ago>
- <https://phys.org/news/2015-09-cosmic-stratosphere-aboard-nasa-high-altitude.html>
- http://212.71.251.65/aspera//index.php?option=com_content&task=view&id=290&Itemid=205
- https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_ray
- <https://www.rdashop.sk/produkt/vzduchovka-731-perun/>
- <https://www.sciencenews.org/article/cern-large-hadron-collider-shutting-down-2-years>
- <http://www.ep.ph.bham.ac.uk/DiscoveringParticles/detection/cosmic-rays/>
- <http://pluto.space.swri.edu/image/glossary/pitch.html>
- <http://inspirehep.net/record/789082/plots> skica od M.Scholer (Hosino 2001)
- <https://www.nationthailand.com/news/30352400>
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pp_chain_2nd.jpg
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Type II supernova](https://en.wikipedia.org/wiki/Type_II_supernova)



Intenzita kozmickeho žiarenia a jej účinky na ľudský organizmus pri ceste na Mars

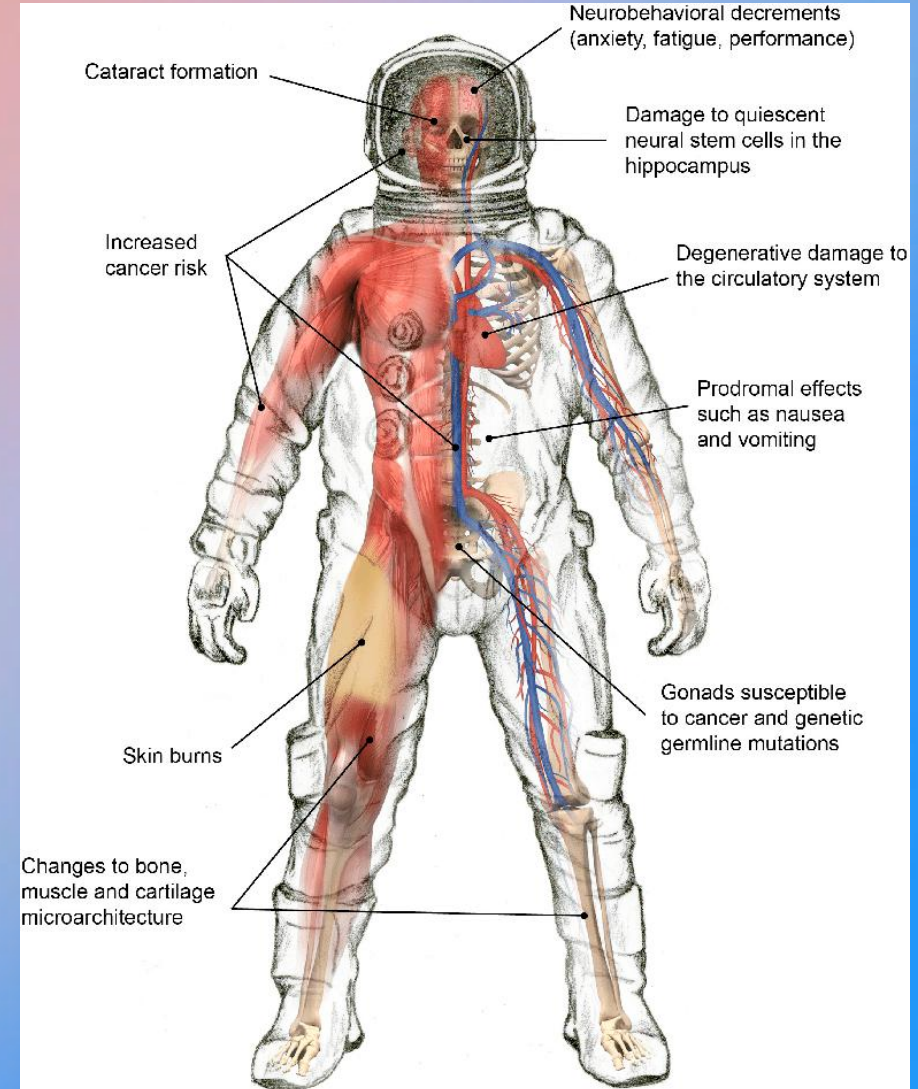
Bc. Dominika Švecová

Obsah

- Vplyv kozmického žiarenia na ľudský organizmus
- Fokker - Planckova rovnica
- Metódy výpočtu
- Spektrá KŽ
- MSL
- Postup výpočtu
- Výsledky

Vplyv KŽ na ľudský organizmus

- Šedý zákal
- Srdcovo-cievne ochorenia
- Zvýšené riziko rakoviny
- Ochorenia nervového systému
- Problémy s pamäťou



Fokker - Planckova rovnica

- r.1965- Parker

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 k_{\text{diff}} \frac{\partial}{\partial r} U) - \frac{1}{r^2} \frac{\partial r^2 V_{\text{sw}} U}{\partial r} + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial r^2 V_{\text{sw}}}{\partial r} \right) \frac{\partial}{\partial T} (\alpha_{\text{rel}} T U)$$

- kde $\alpha_{\text{rel}} = T + 2T_0/T + T_0$
- Všesmerová distribučná funkcia

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 k_{\text{diff}} \frac{\partial}{\partial r} f) - \frac{1}{r^2} \frac{\partial r^2 V_{\text{sw}} f}{\partial r} + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial r^2 V_{\text{sw}}}{\partial r} \right) \frac{1}{p^2} \frac{\partial}{\partial p} (p^3 f)$$

- Použitie substitúcie $F = r^2 U$ (podobne aj všesmerová)
- Úprava na sústavu stochastických diferenciálnych rovníc
- Použitie Itovej lémy
- Intenzitu KŽ potom vieme vypočítať nasledovne

$$J = p^2 f \qquad J = \frac{\beta c U}{4\pi}$$

Itova léma

- Ekvivalent reťazového pravidla pri derivácii zloženej funkcie
- Používa sa v stochastickom kalkule

$$dX_t = \mu_t dt + \sigma_t dB_t,$$



$$df = \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial x} (\mu_t dt + \sigma_t dB_t) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} (\mu_t^2 dt^2 + 2\mu_t \sigma_t dt dB_t + \sigma_t^2 dB_t^2) + \dots$$

Metódy výpočtu

forward metóda

- Od terminačného šoku k registračnej hranici

$$d r_{F-T} = \left(\frac{2 \kappa_{diff}}{r} + V_{SW} \right) dt + \sqrt{(2 \kappa_{diff})} dW$$

$$d r_{F-p} = \left(\frac{2 \kappa_{diff}}{r} + V_{SW} \right) dt + \sqrt{(2 \kappa_{diff})} dW$$

$$dT_{F-T} = \frac{-2 V_{SW} \alpha_{rel} T}{3r} dt$$

$$dp_{F-p} = \frac{-2 V_{SW} p}{3r} dt$$

Metódy výpočtu

backward metóda

- Od registračnej hranice po terminačnú rázovú vlnu

$$dr_{B-T} = \left(\frac{2\kappa_{diff}}{r} + V_{SW} \right) ds + \sqrt{(2\kappa_{diff})} dW$$

$$dr_{B-p} = \left(\frac{2\kappa_{diff}}{r} - V_{SW} \right) ds + \sqrt{(2\kappa_{diff})} dW$$

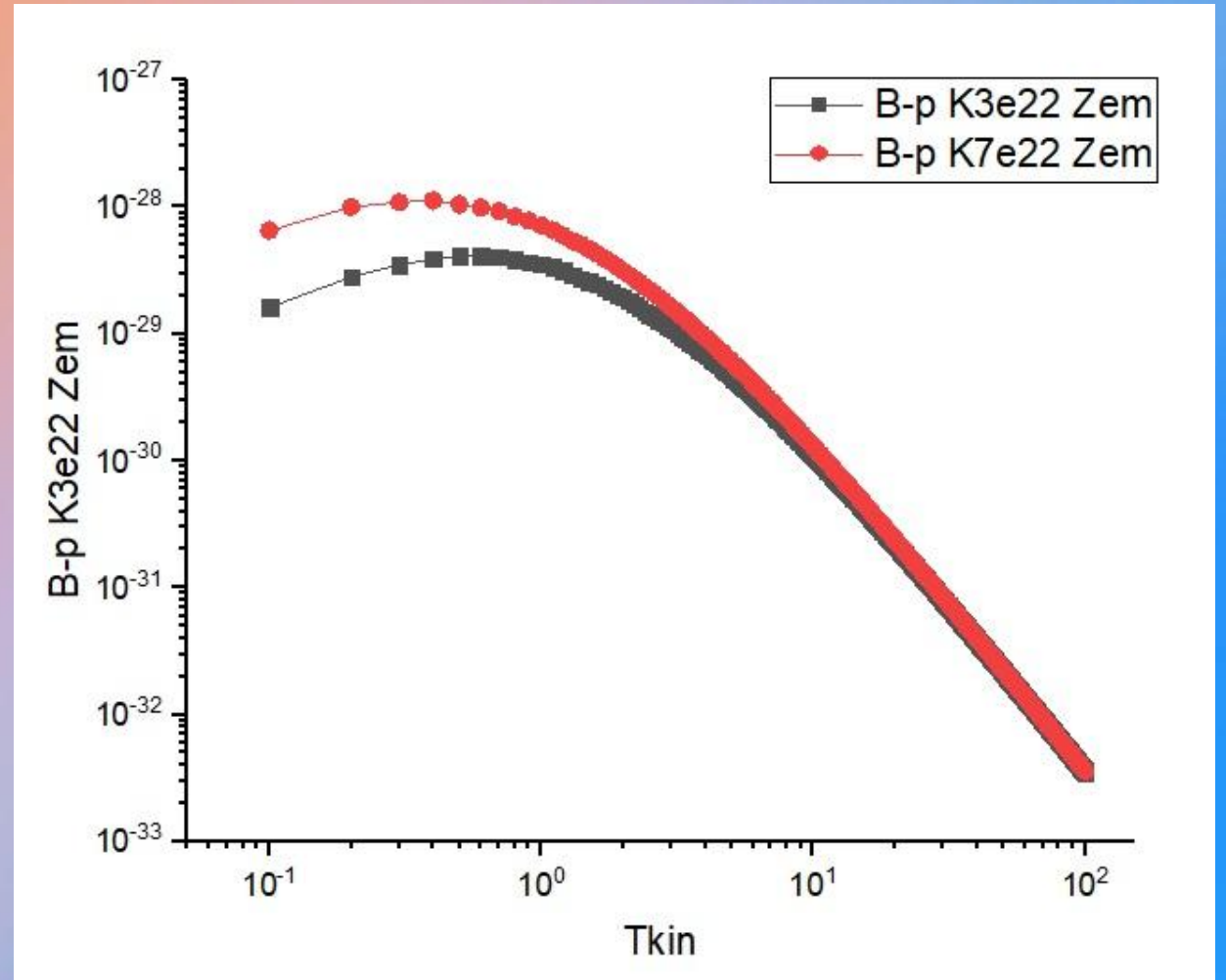
$$dT_{B-T} = \frac{2V_{SW}\alpha T}{3r} ds$$

$$dp_{B-p} = \frac{2V_{SW}p}{3r} ds$$

Spektrum KŽ

Zem

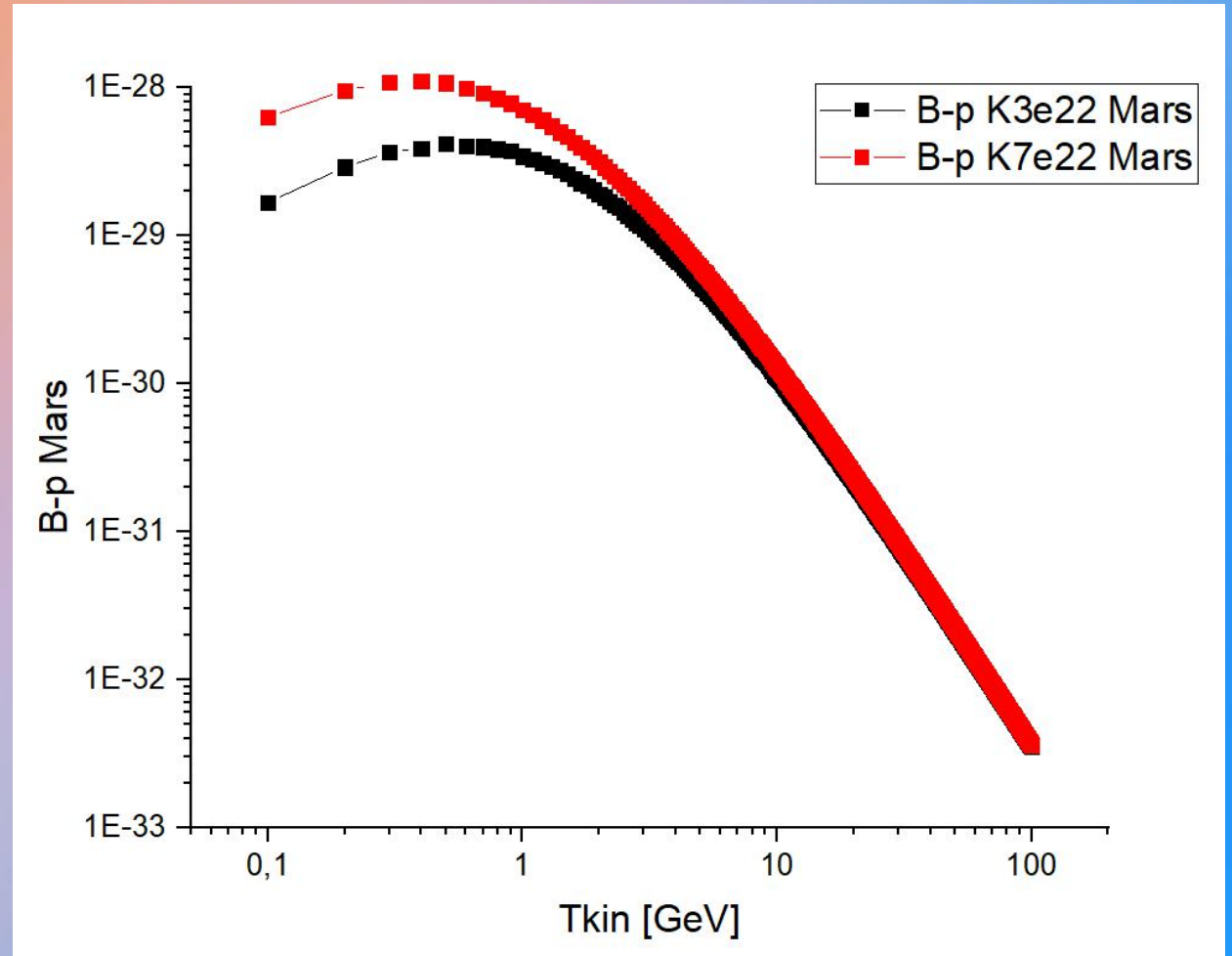
- Spektrum pre maximum a minimum slnečného cyklu pre vzdialenosť od Slnka 1 AU



Spektrum KŽ

Mars

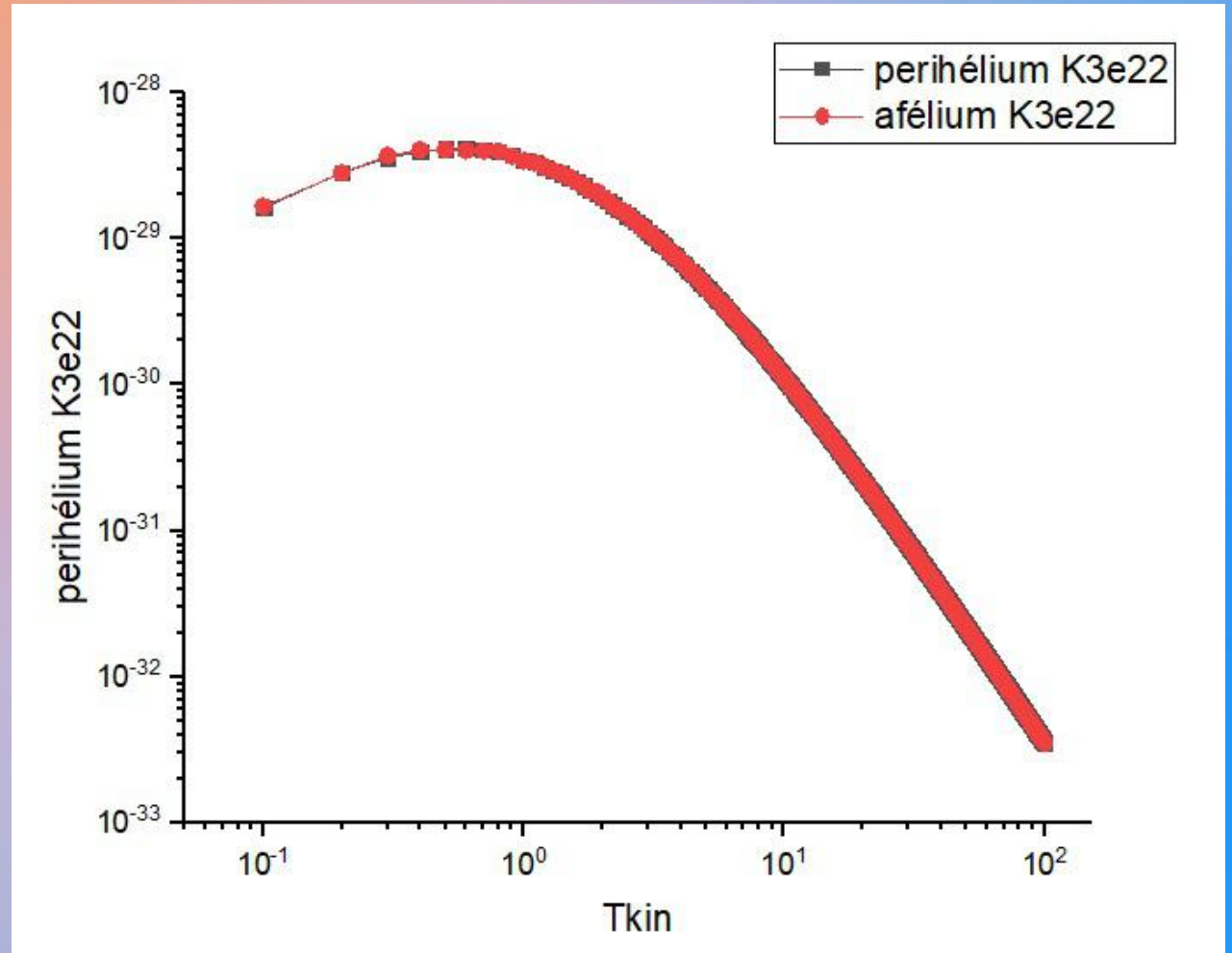
- Spektrum pre maximum a minimum slnečného cyklu pre vzdialenosť od Slnka 1,38 (1,66) AU



Spektrum KŽ

Mars

- Spektrum pre maximum a minimum slnečného cyklu pre vzdialenosť od Slnka 1,38 (1,66) AU



Mars Science Laboratory

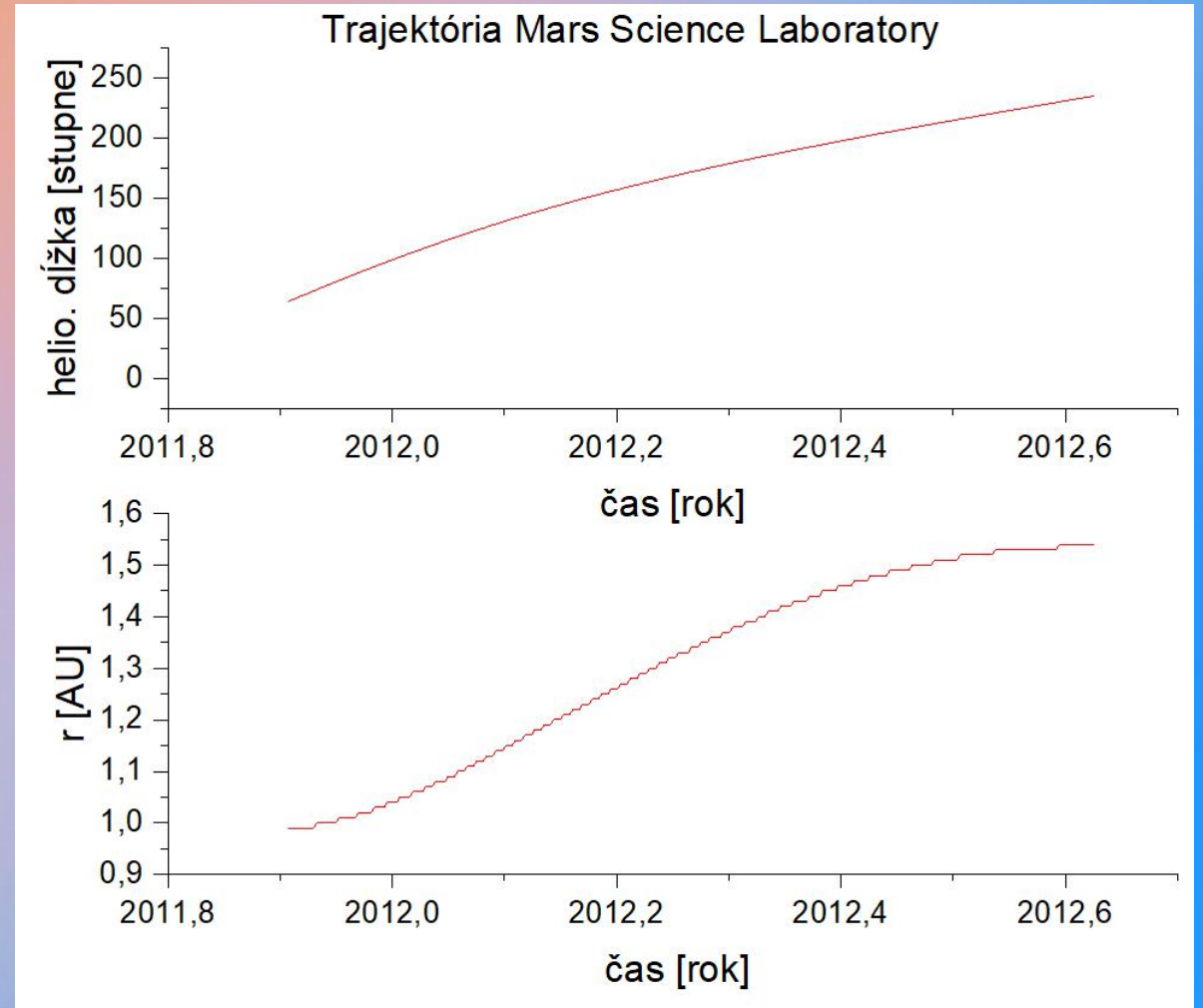
- Misia na Mars, ktorá viezla sondu Curiosity
- Začiatok: 26. 11.2011
- dĺžka letu: 253 dní
- Radiation Assessment Detector meral po celú dobu letu
- Dávkový ekvivalent pre ľudský organizmus je $0,66 \pm 0,12$ sievert



Postup výpočtu

trajektória

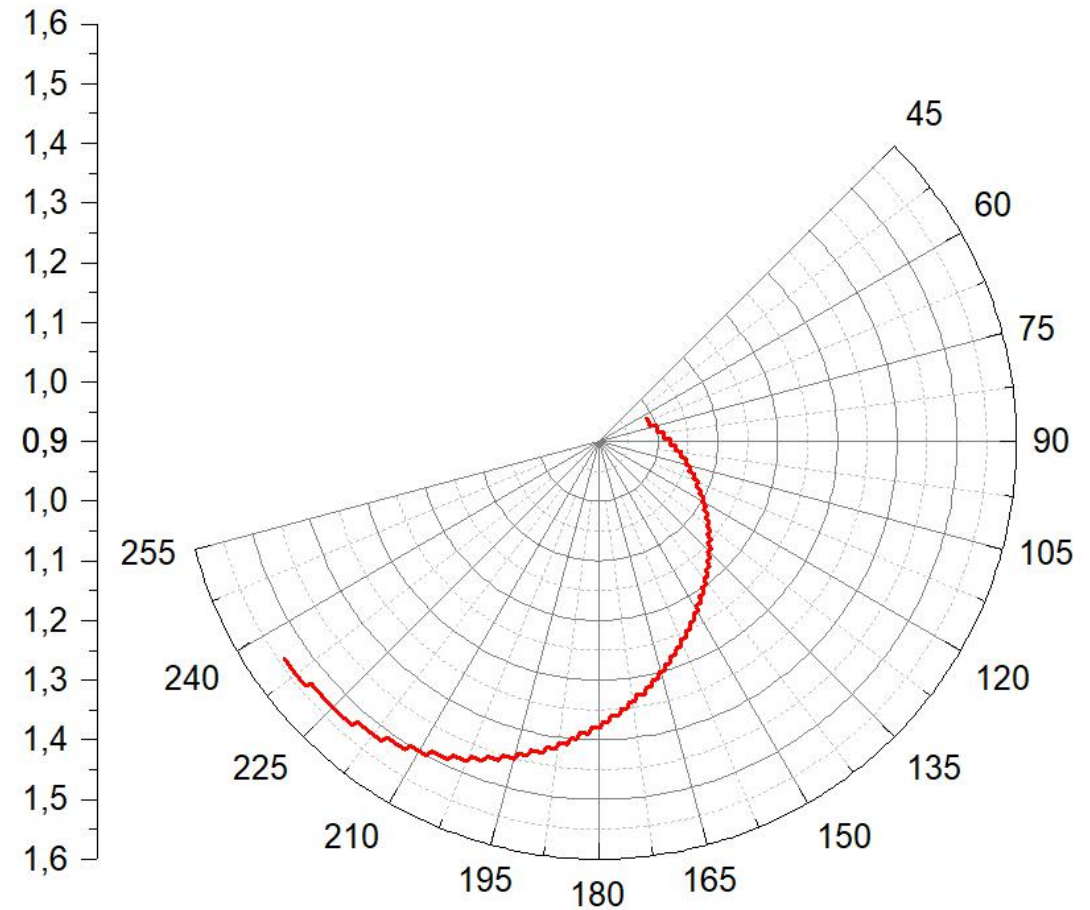
- 1D model pre backward metódu
- Vzdialenosť registračnej hranice sa mení spolu s trajektoriou



Postup výpočtu

trajektória

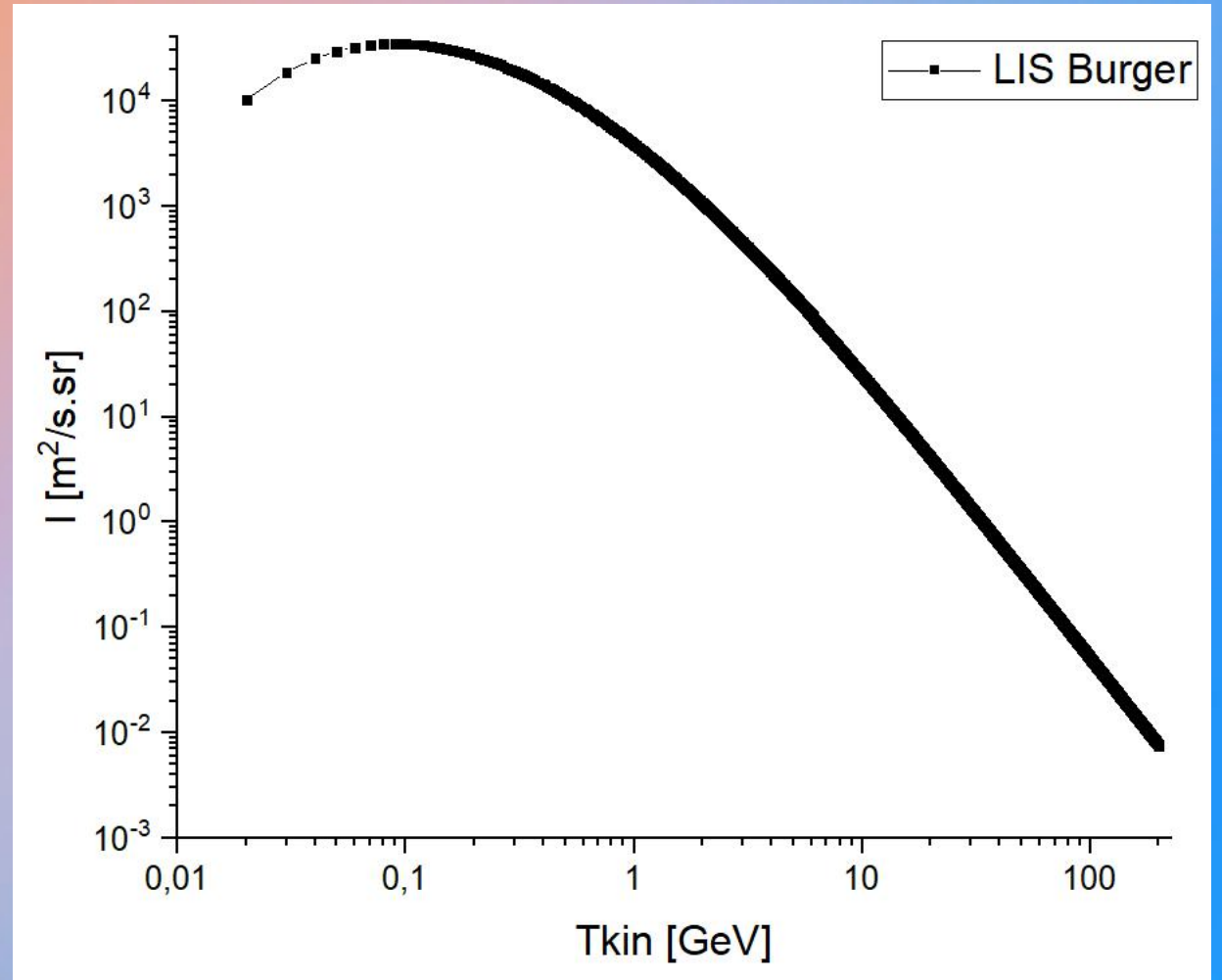
- 1D model pre backward metódu
- Vzdialenosť registračnej hranice sa mení spolu s trajektóriou
- Uhol θ (heliošírka) sa takmer vôbec nemení a letí sa v ekliptike



Postup výpočtu

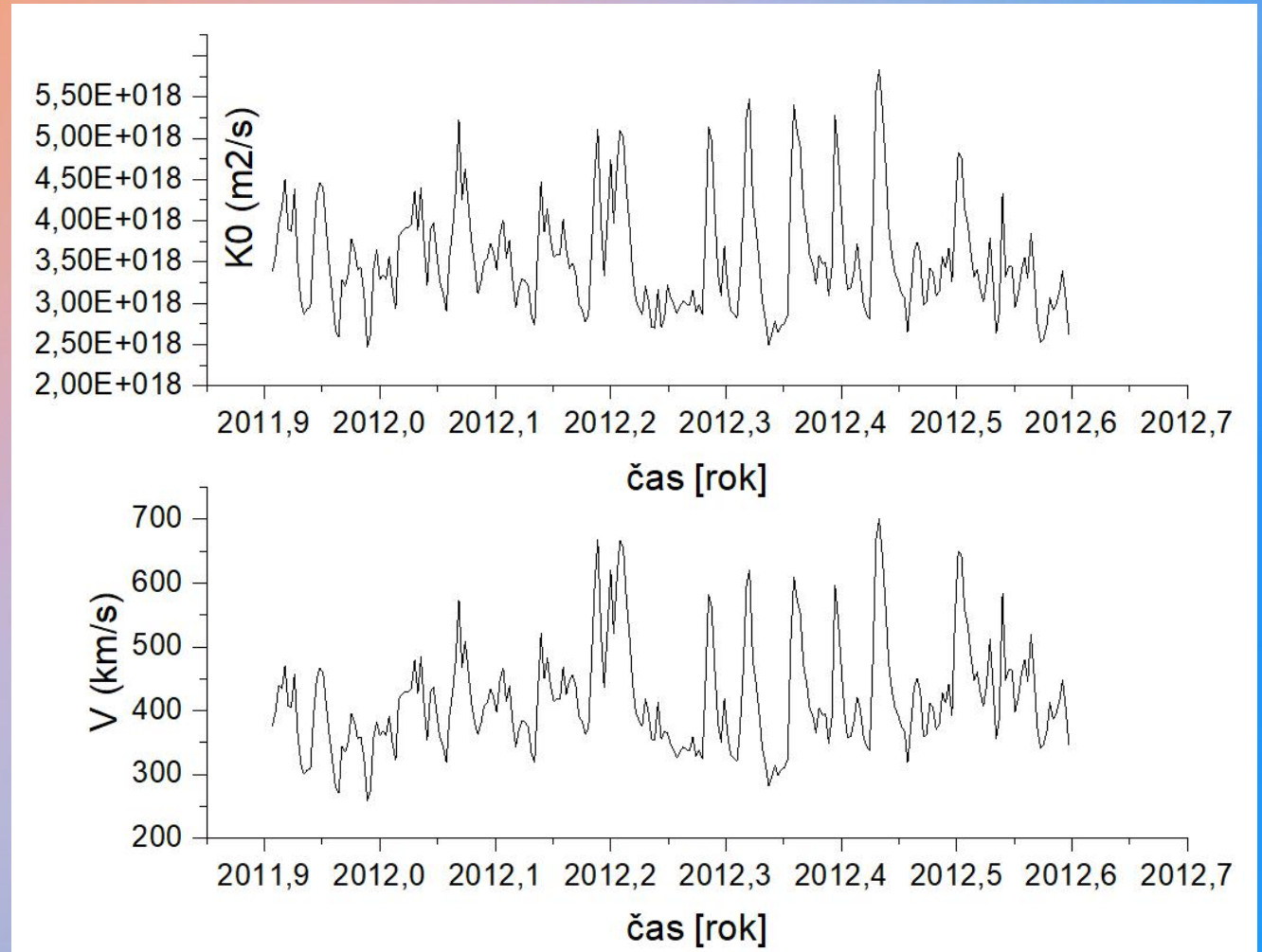
Burgerovo LIS

- 1D model pre backward metódu
- Vzdialenosť registračnej hranice sa mení spolu s trajektóriou
- Použité Burgerovo LIS



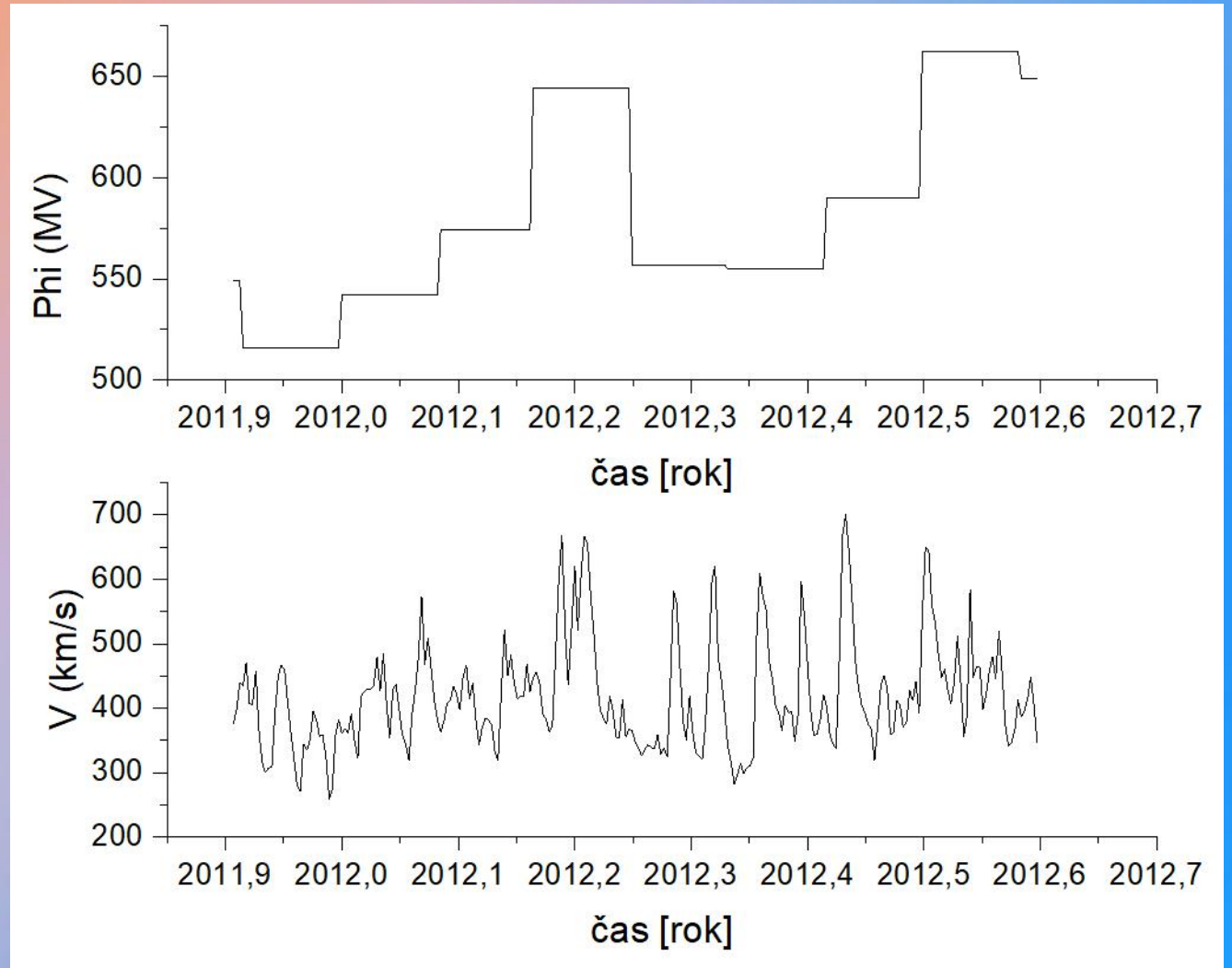
Postup výpočtu

- 1D model pre backward metódu
- Vzdialenosť registračnej hranice sa mení spolu s trajektóriou
- Použité Burgerovo LIS
- Niektoré parametre sa menia s časom



Postup výpočtu

- 1D model pre backward metódu
- Vzdialenosť registračnej hranice sa mení spolu s trajektóriou
- Použité Burgerovo LIS
- Niektoré parametre sa menia s časom



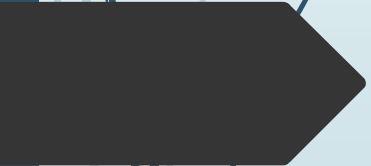
Výsledky

- Po získaní spektra, potom vypočítame absorbovanú dávku žiarenia
- Následne sa vypočíta dávkový ekvivalent v Sievertoch
- Simulácie nám aktuálne bežia, preto nemáme konkrétne výsledky
- Naše výsledky porovnáme s výsledkom v článku o MSL



Ďakujem za pozornosť!

Vplyv kozmického počasia na zdravie ľudí a dopravnú nehodovosť



SPACE::PROJECT

Autor: Eduard Boldižár

Ciele práce

1. Vyhodnotiť mieru korelácie medzi kozmickým počasím a hospitalizáciami v Slovenskej republike v období 2007 až 2014
2. Vyhodnotiť mieru korelácie medzi kozmickým počasím a dopravnou nehodovosťou v Slovenskej republike v období 2010 až 2018

Zdravie ľudí – prehľad

Vyhodnotíme mieru korelácie medzi:

- 17 parametrami kozmického počasia
- 100 rôznymi diagnózami (+1 celková hospitalizácia v SR)
- 4 a 8 ročné časové obdobia

Počet záznamov celkovej hospitalizácie v SR v rokoch 2007 až 2014 je 9090804.

Nenašli sme žiadnu podobnú štúdiu, ktorá by pracovala s takýmto množstvom dát ako je to prezentované v tejto práci.

Dopravná nehodovosť – prehľad

Vyhodnotíme mieru korelácie medzi:

- 17 parametrami kozmického počasia
- 3, 6, 7 a 9 ročné časové obdobia
- 2010-2018 (bez AE, AU a AL indexu), 2010-2016 (s AE, AU a AL indexom)

Tri kategórie: celková dopravná nehodovosť, zranení a usmrtení.

Dáta hospitalizácii

Dáta hospitalizácii máme k dispozícii od NCZI

- tabuľky vo formáte ACCDB prevedieme do CSV formátu
- vyfiltrovanie záznamov podľa dátumu a typu diagnóz
- denné hodnoty

Dáta parametrov kozmického počasia a hospitalizácii spojíme do jednej tabuľky vo formáte CSV.

Dáta dopravnej nehodovostí

Dáta dopravnej nehodovostí stiahneme zo stránky Ministerstva vnútra SR.

- vyfiltrovanie záznamov podľa dátumu a typu diagnóz
- týždenné hodnoty

Dáta parametrov kozmického počasia a dopravnej nehodovostí spojíme do jednej tabuľky vo formáte CSV.

Parametre kozmického počasia

Denné (týždenné) hodnoty parametrov kozmického počasia stiahneme zo stránky OMNIWeb spravovanej NASA.

Získané parametre kozmického počasia môžeme rozdeliť na:

- solárne parametre kozmického počasia – Lyman alpha solar index, R sunspot number, Solar index F10.7, Proton flux >10, 30, 60 MeV, Solar wind speed, temperature and density
- geomagnetické parametre kozmického počasia – AE index, AL index, Ap index, AU index, Dst index, Kp index a Polar cap index from Thule and Vostok

Výpočet korelácie a vizualizácia dát

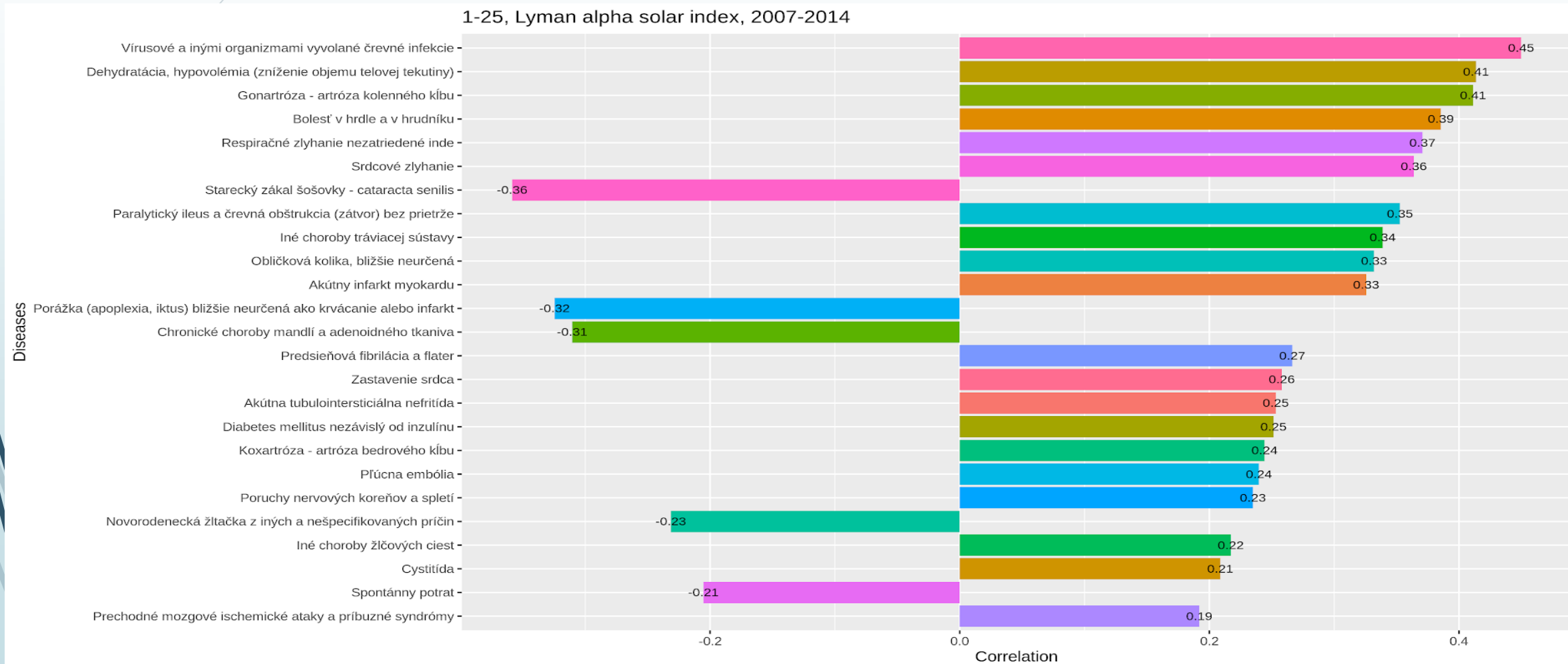
Každá kombinácia diagnózy (typu dopravnej nehodovosti) a parametra KP má:

- vyhodnotenú mieru korelácie
- čiarový graf sledujúci priebeh hodnôt
- bodový graf s regresnou priamkou
- bodový graf s korelačnými intervalmi

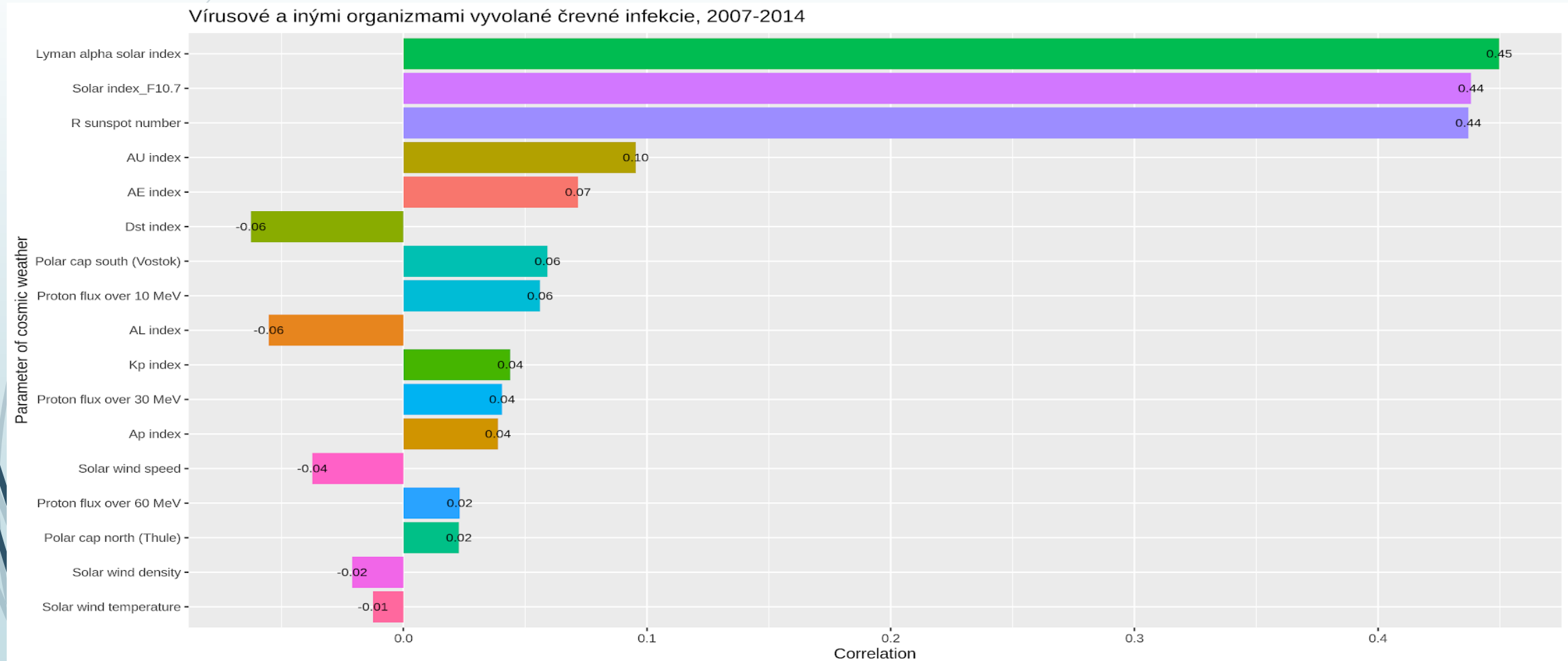
Vyhodnotenie miery korelácie

- žiadna alebo nízka miera korelácia – od 0.0 do 0.29
- stredná miera korelácie – od 0.3 do 0.49
- vysoká miera korelácie – 0.5 do 1

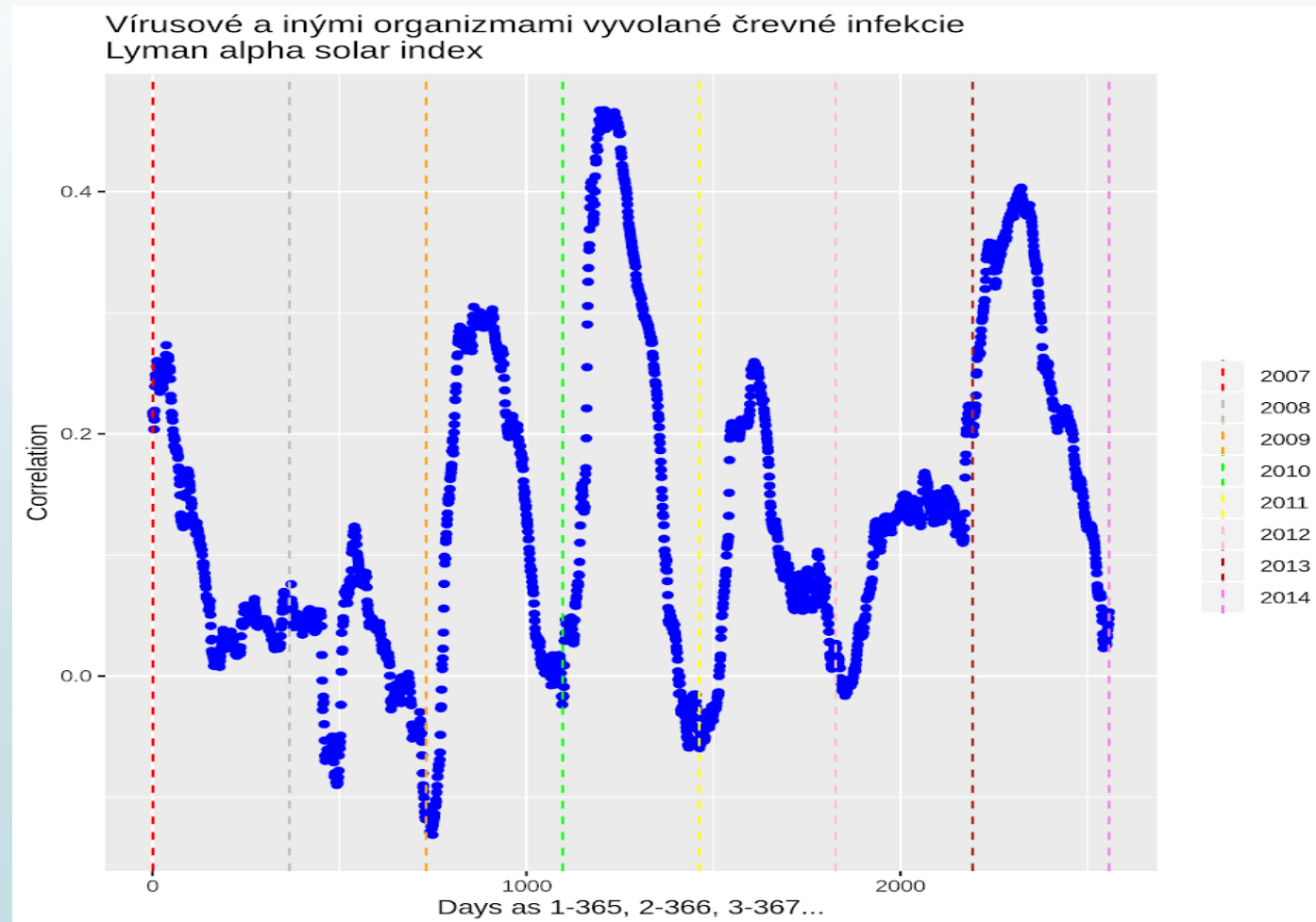
Najsignifikantnejšie korelácie – hospitalizácie (1)



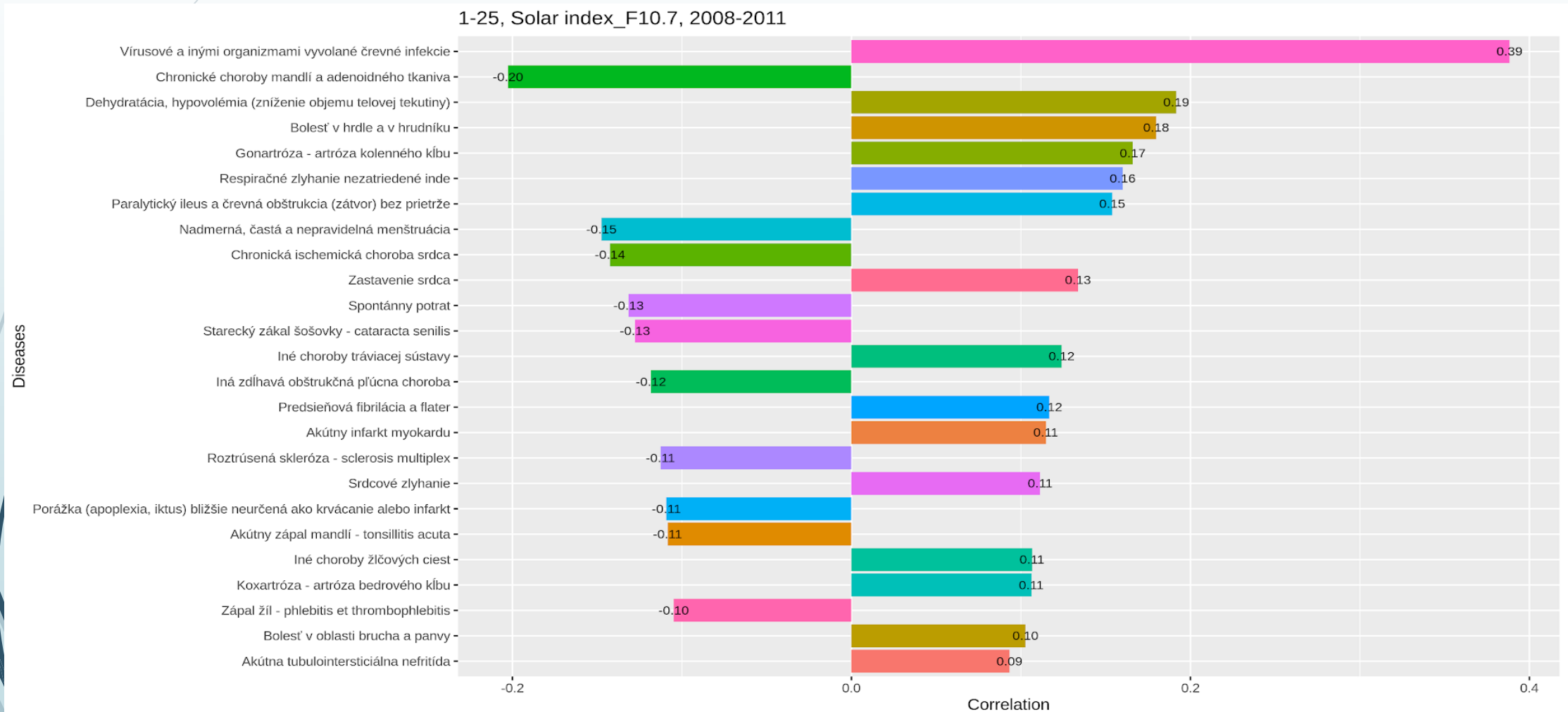
Najsignifikantnejšie korelácie – diagnózy(2)



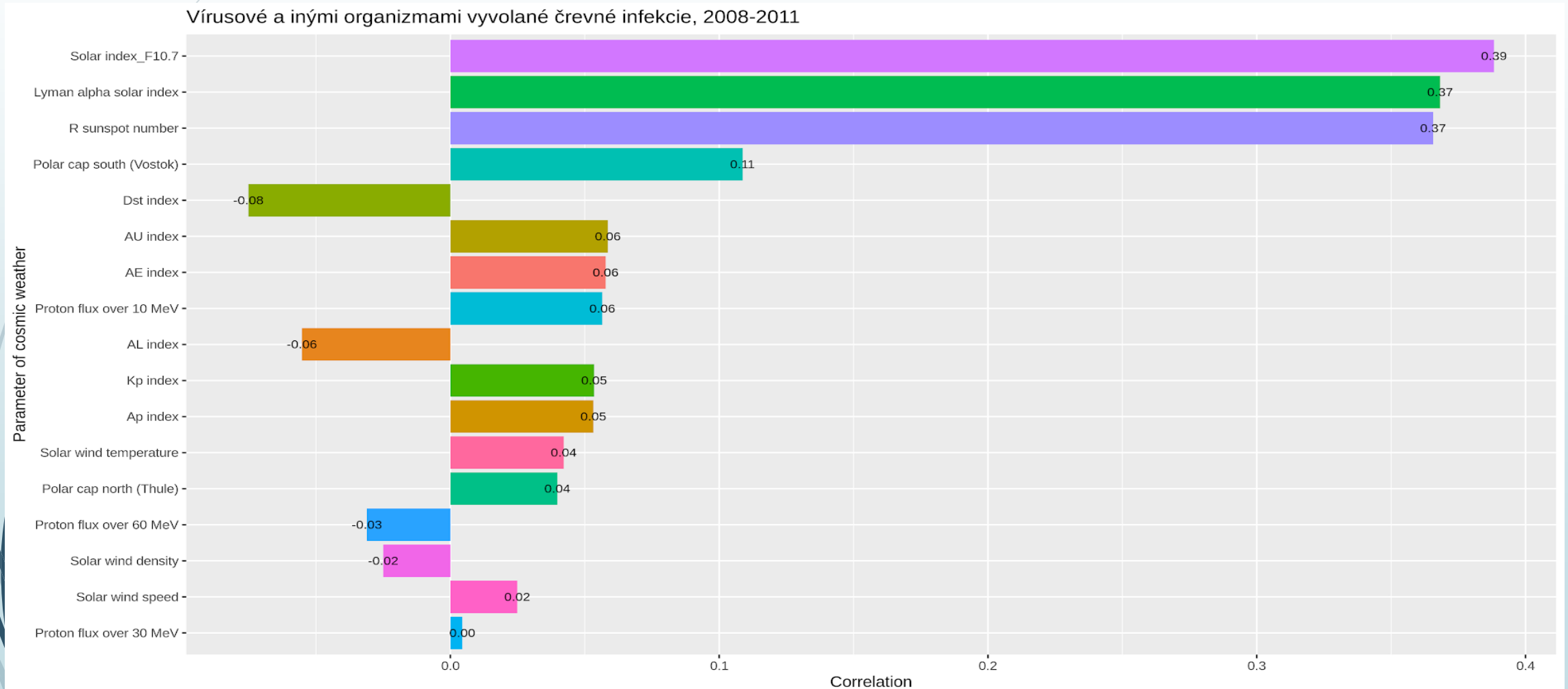
Najsignifikantnejšie korelácie – diagnózy (3)



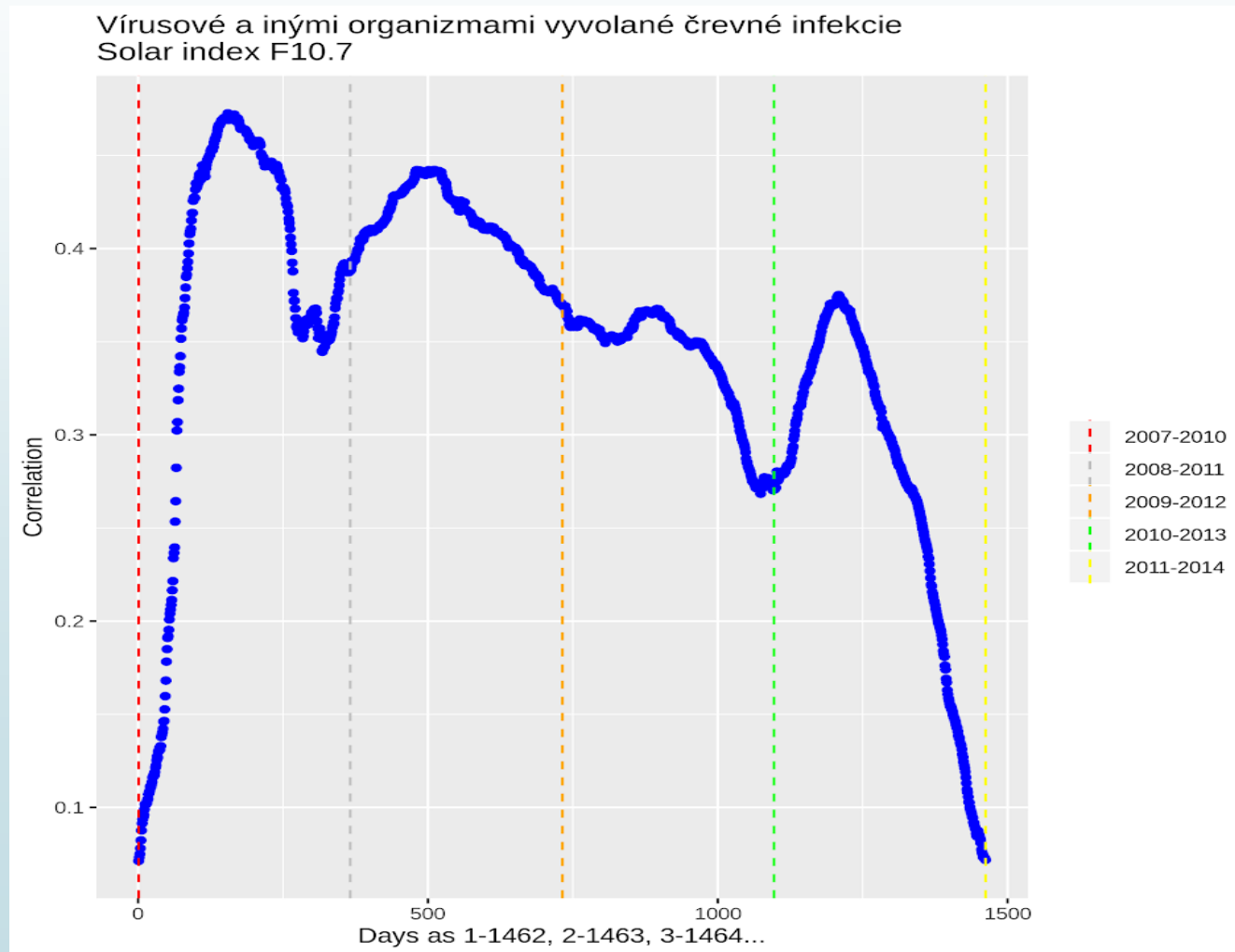
Najsignifikantnejšie korelácie – diagnózy (4)



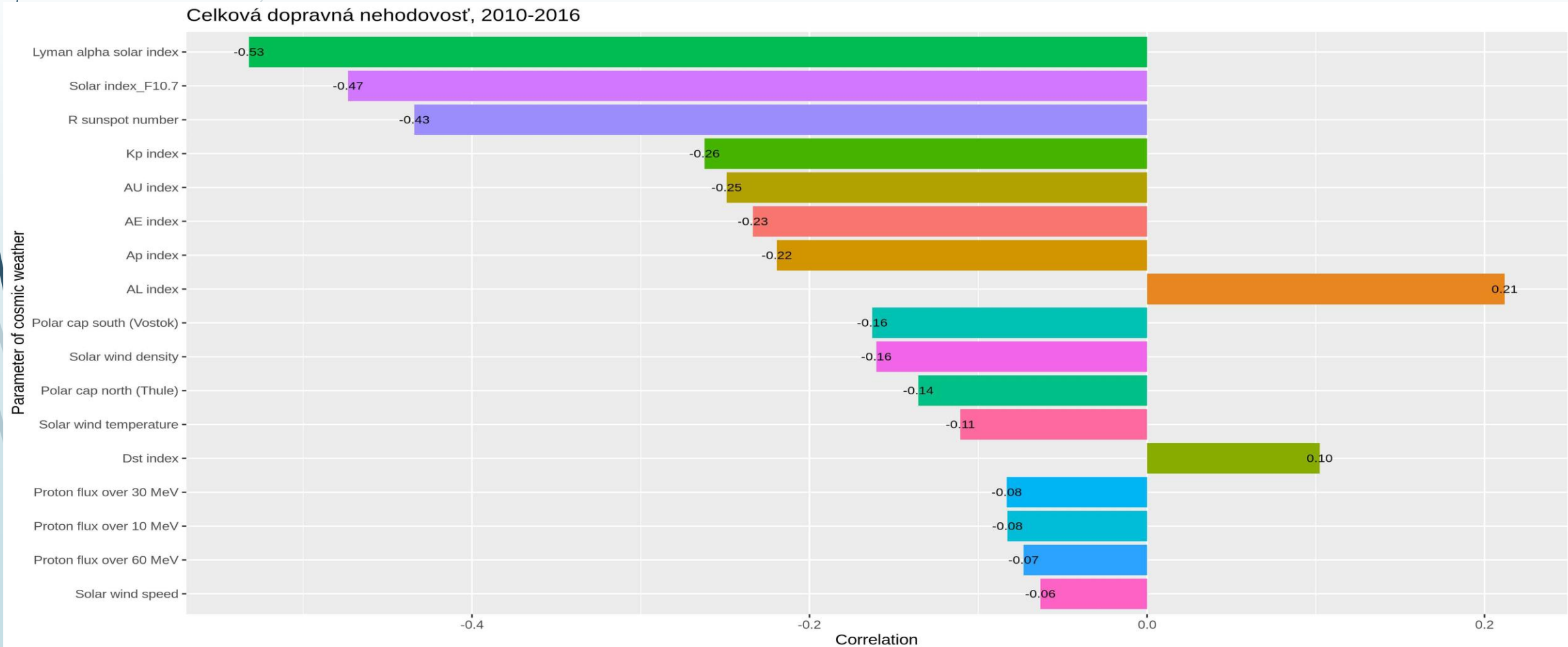
Najsignifikantnejšie korelácie – diagnózy (5)



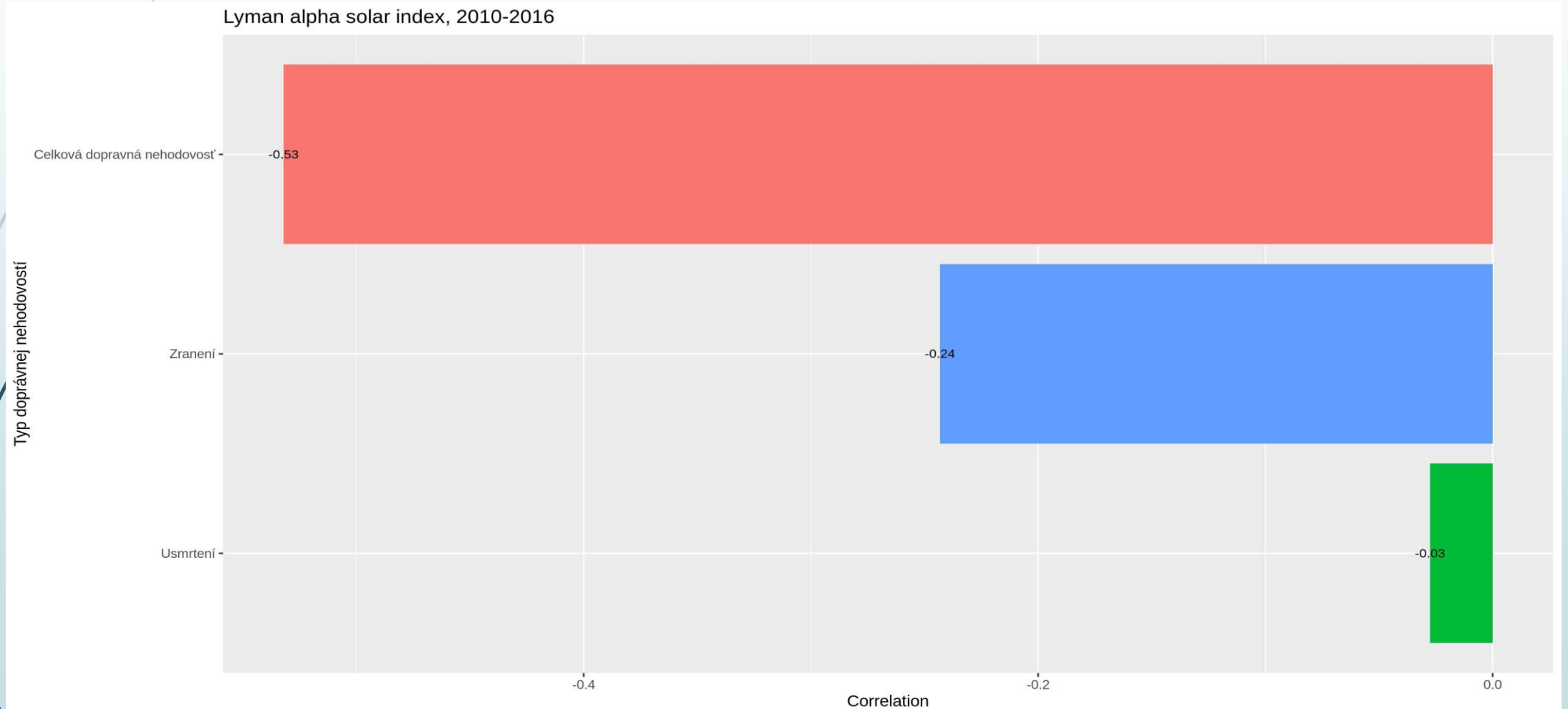
Najsignifikantnejšie korelácie – diagnózy (6)



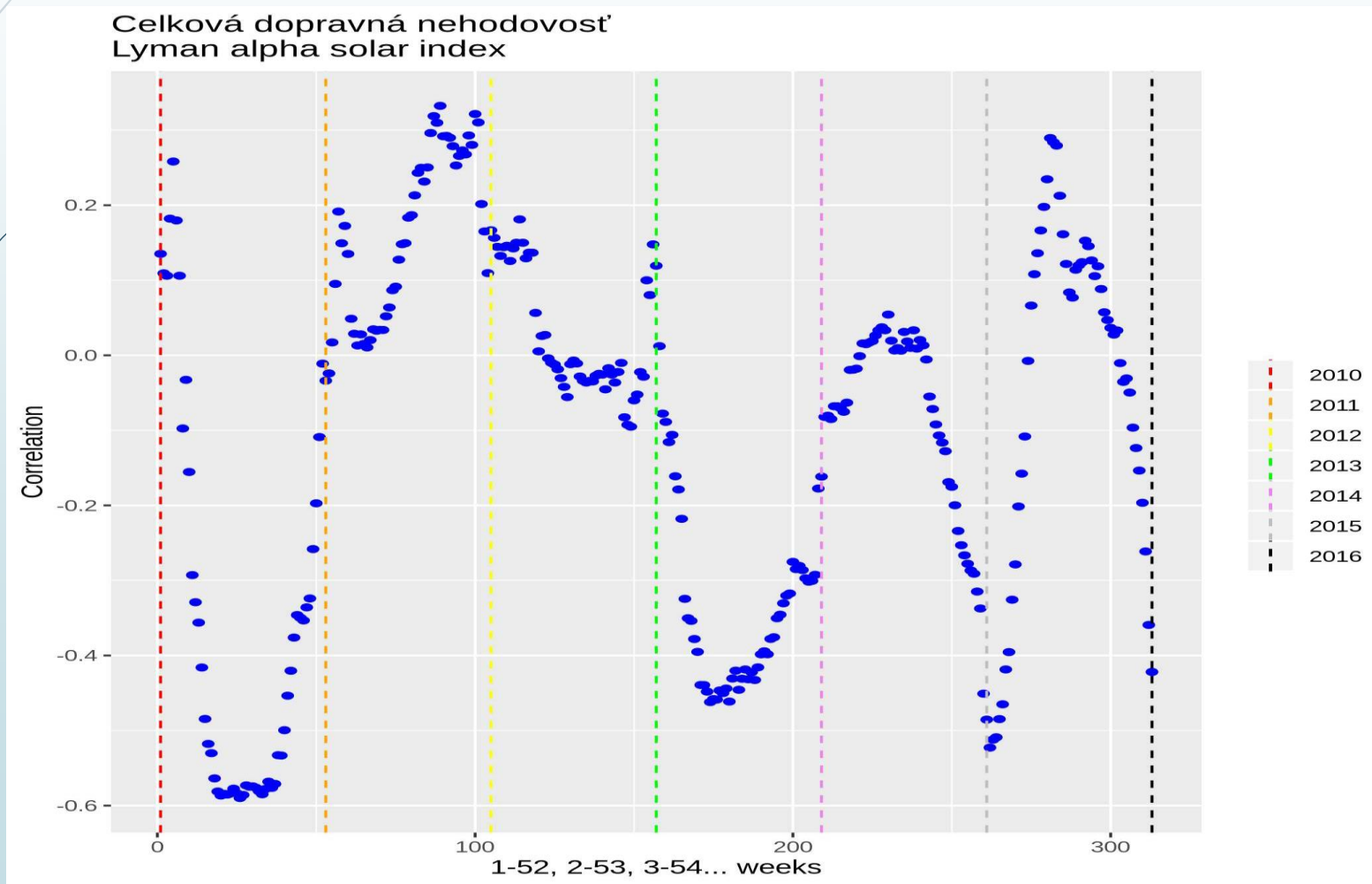
Najsignifikantnejšie korelácie – dopravná nehodovosť (1)



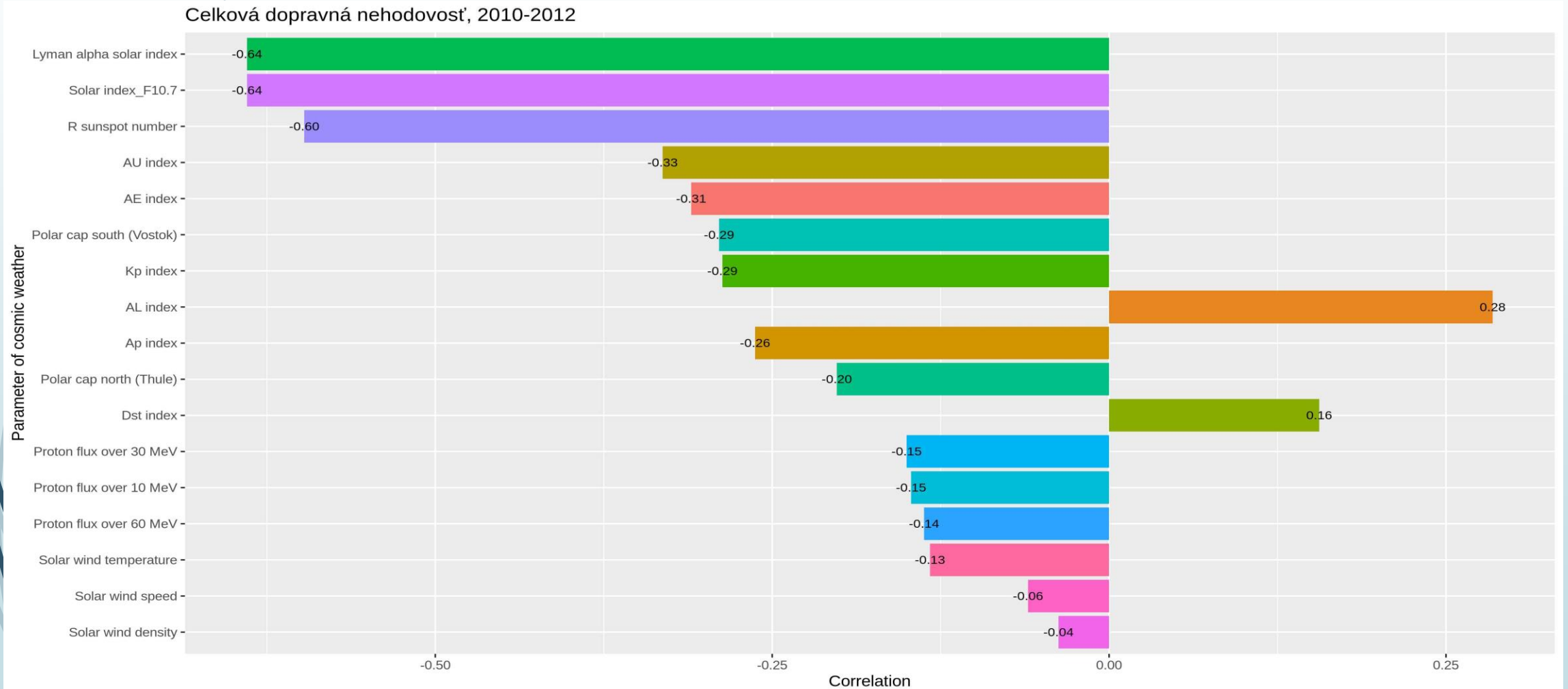
Najsignifikantnejšie korelácie – dopravná nehodovosť (2)



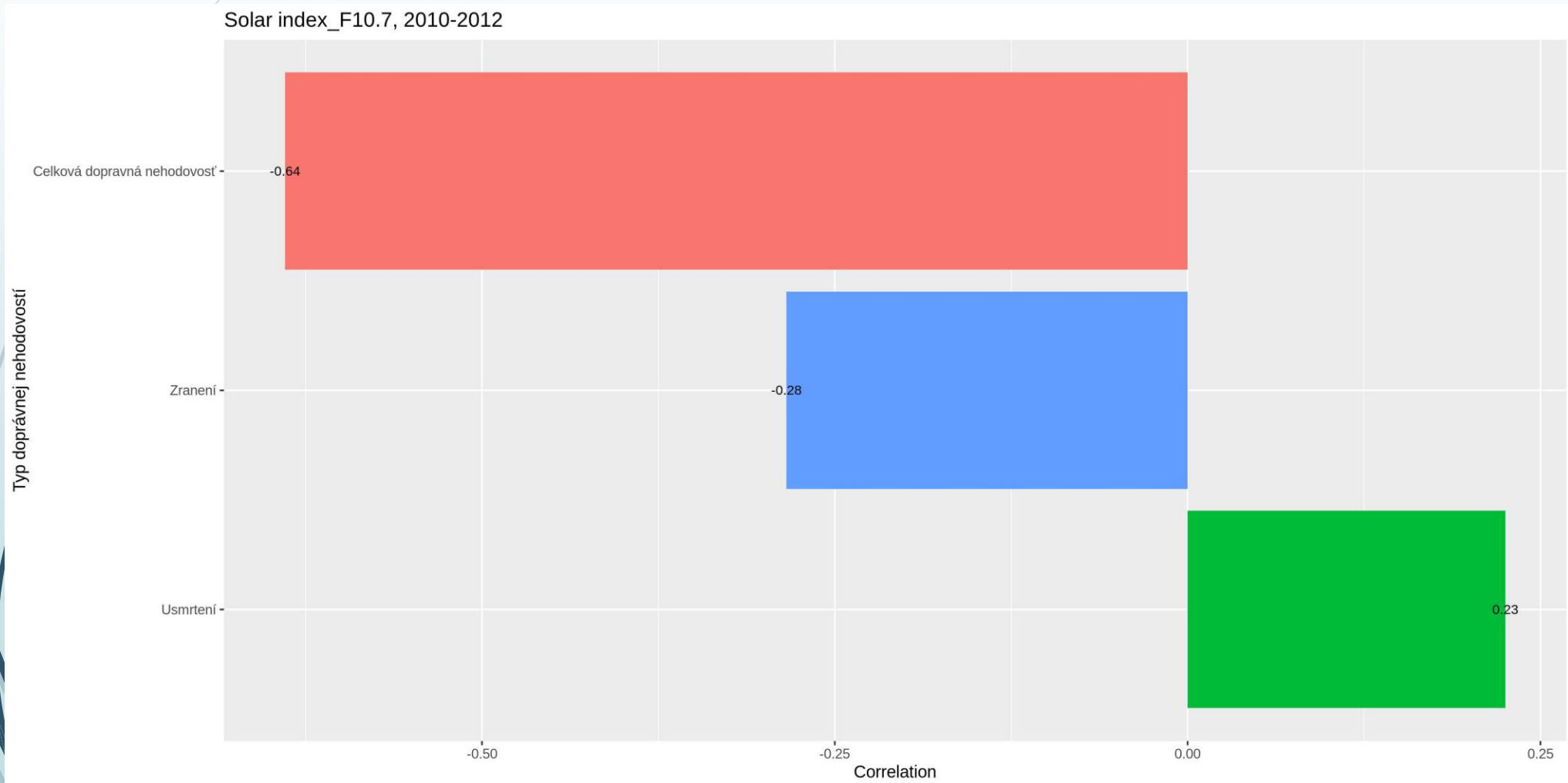
Najsignifikantnejšie korelácie – dopravná nehodovosť (3)



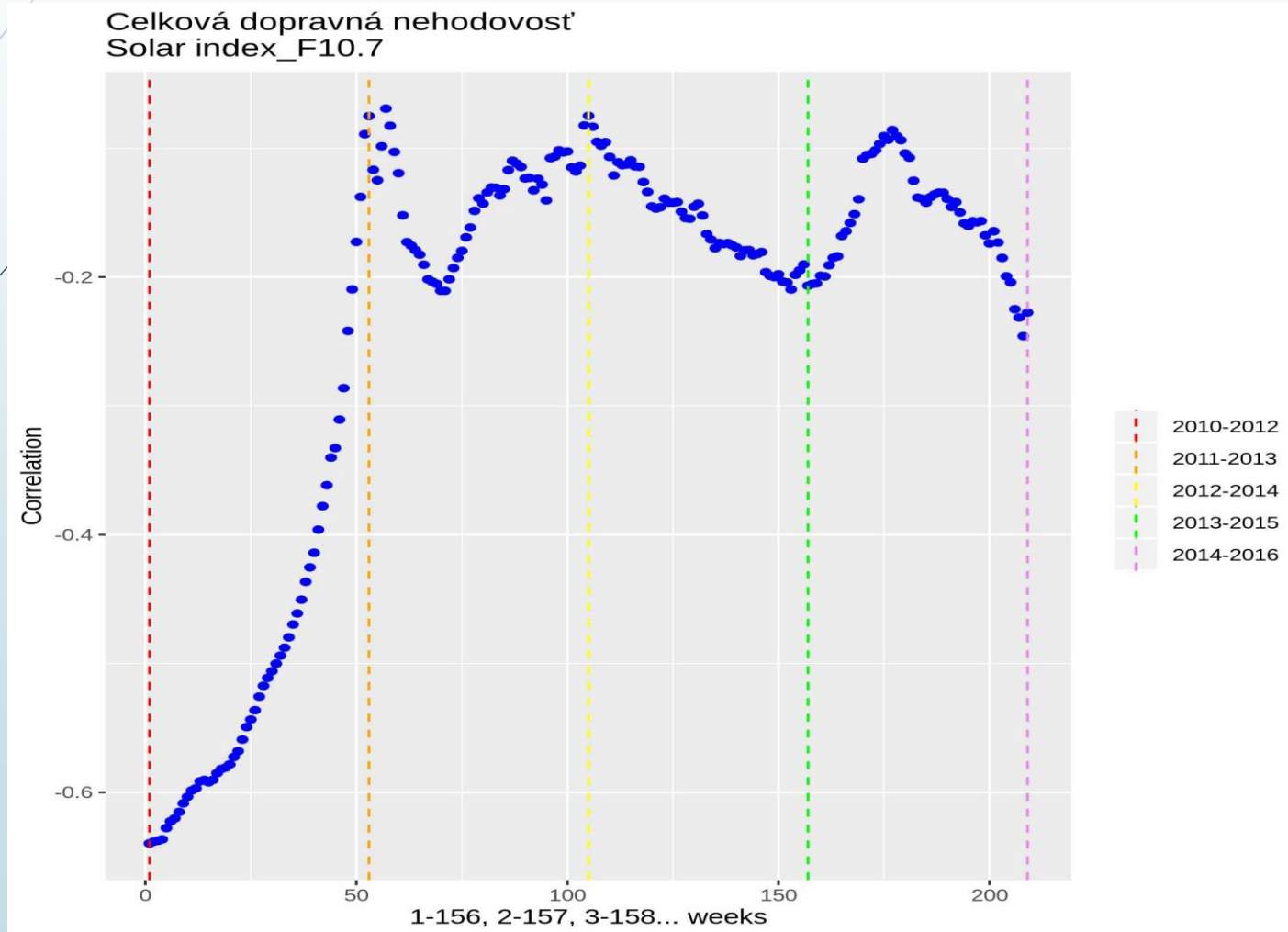
Najsignifikantnejšie korelácie – dopravná nehodovosť (4)



Najsignifikantnejšie korelácie – dopravná nehodovosť (5)



Najsignifikantnejšie korelácie – dopravná nehodovosť (6)



Zhrnutie

Parametre kozmického počasia Lyman alpha solar index, R sunspot number a Solar index F10.7 významne korelujú s niektorými typmi diagnóz. Tiež všetky tri spomenuté parametre kozmického počasia významne korelujú s celkovou dopravnou nehodovosťou.

Najvýznamnejšie intervalové korelácie sa vo vyššej miere nachádzajú v rokoch 2010, 2011 a 2012 u oboch skúmaných dát (hospitalizácie a dopravná nehodovosť).

ELVES

„I was originally supposed to become an [Electrical] engineer but the thought of having to expend my creative energy on things that make practical everyday life even more refined, with a loathsome capital gain as the goal, was unbearable to me.“

[Albert Einstein to Heinrich Zangger, ca. August 1918]

 **SPACE::LAB**



Samuel Amrich



matfyz

Čo sú „Elfovia“ ?

ELVES

Emission of Light and Very Low Frequency perturbations due to Electromagnetic Pulse Sources



13/2019

ELVES

Teória okolo ELVES

Spôsob pozorovania



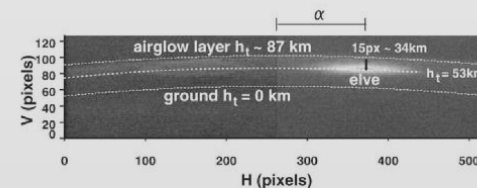
Doba trvania $\approx 100\mu s$

Exp. doba $\approx 125\mu s$

Nemožnosť zachytiť postup vlny



Fotografie zachytávajú integrál celého event-u



R. A. Marshall (2012) An improved model of the lightning electromagnetic field interaction with the D-region ionosphere

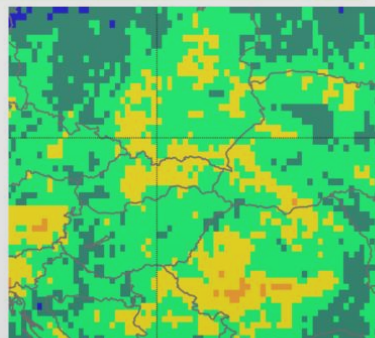
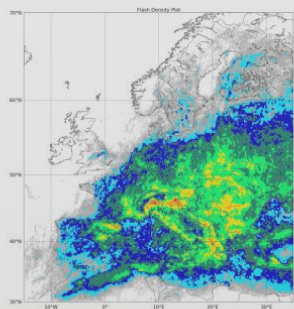
13/2019

ELVES

Spôsoby pozorovania

Výskyt búrok

G. Anderson and D. Klugmann: European lightning density using ATDnet data

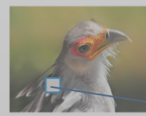


17/2019

ELVES

Návrh pozorovacieho st. v Kolonici

Analýza dát pomocou ML



convolution + nonlinearity

max pooling

convolution + pooling layers

fully connected layers

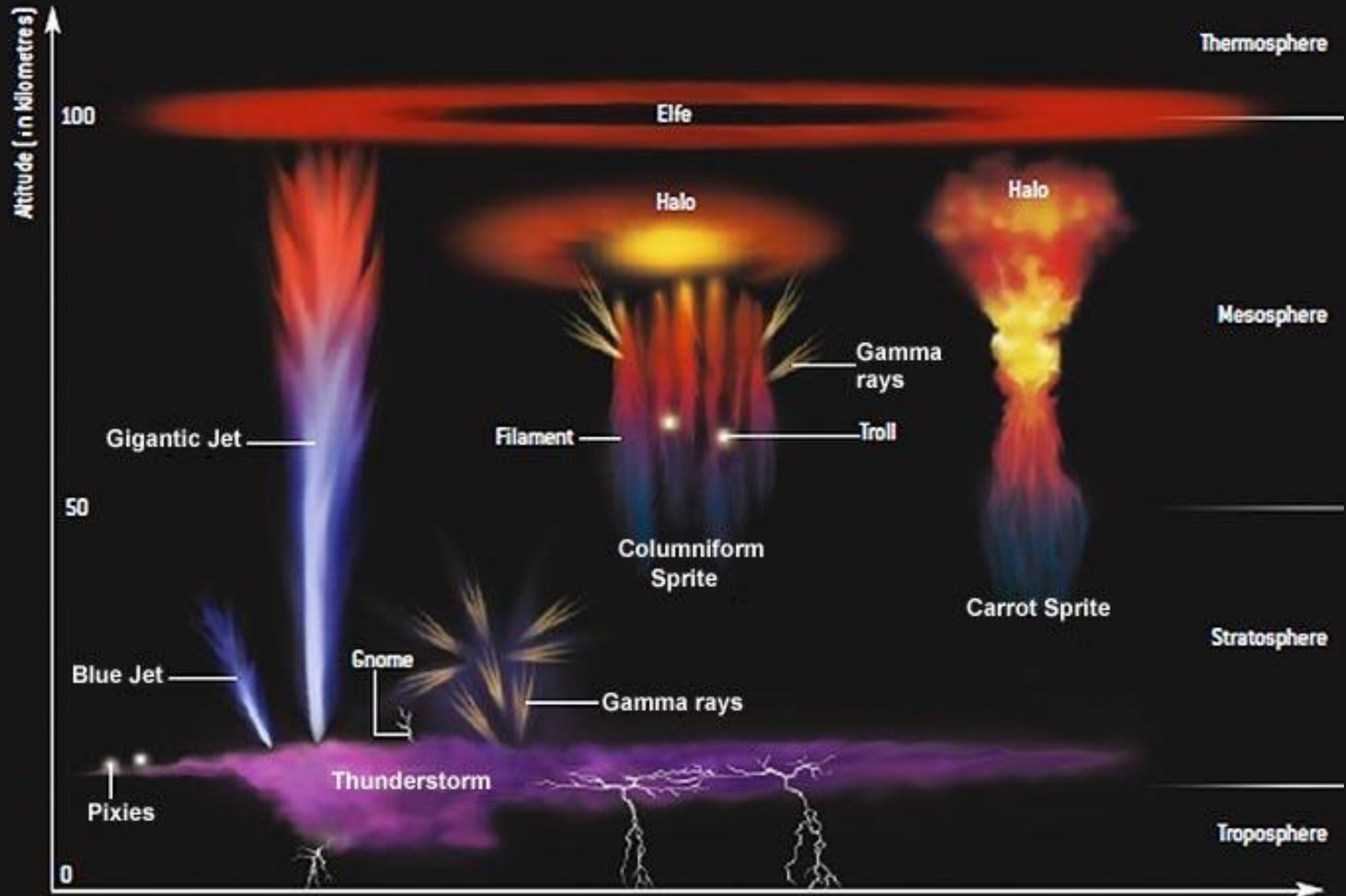
Nx binary classification



17/2019

ELVES

Vlastné pozorovanie/dátová analýza



Čo sú „Elfovia“ ?

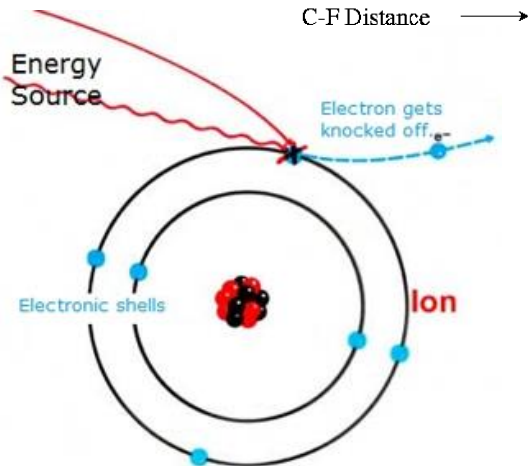
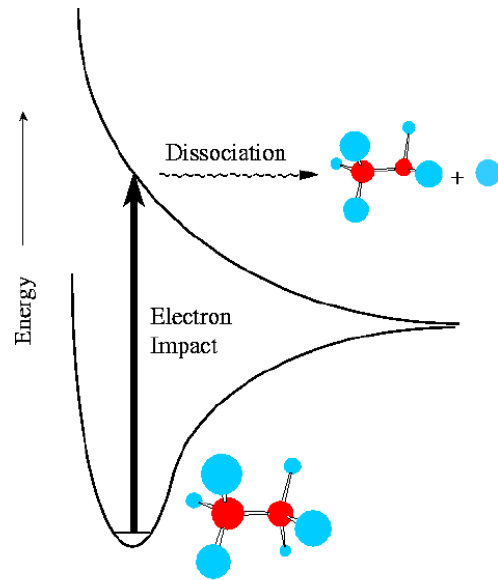
ELVES



Emission of **L**ight and **V**ery Low Frequency perturbations due to **E**lectromagnetic Pulse **S**ources



Princíp žiarenia



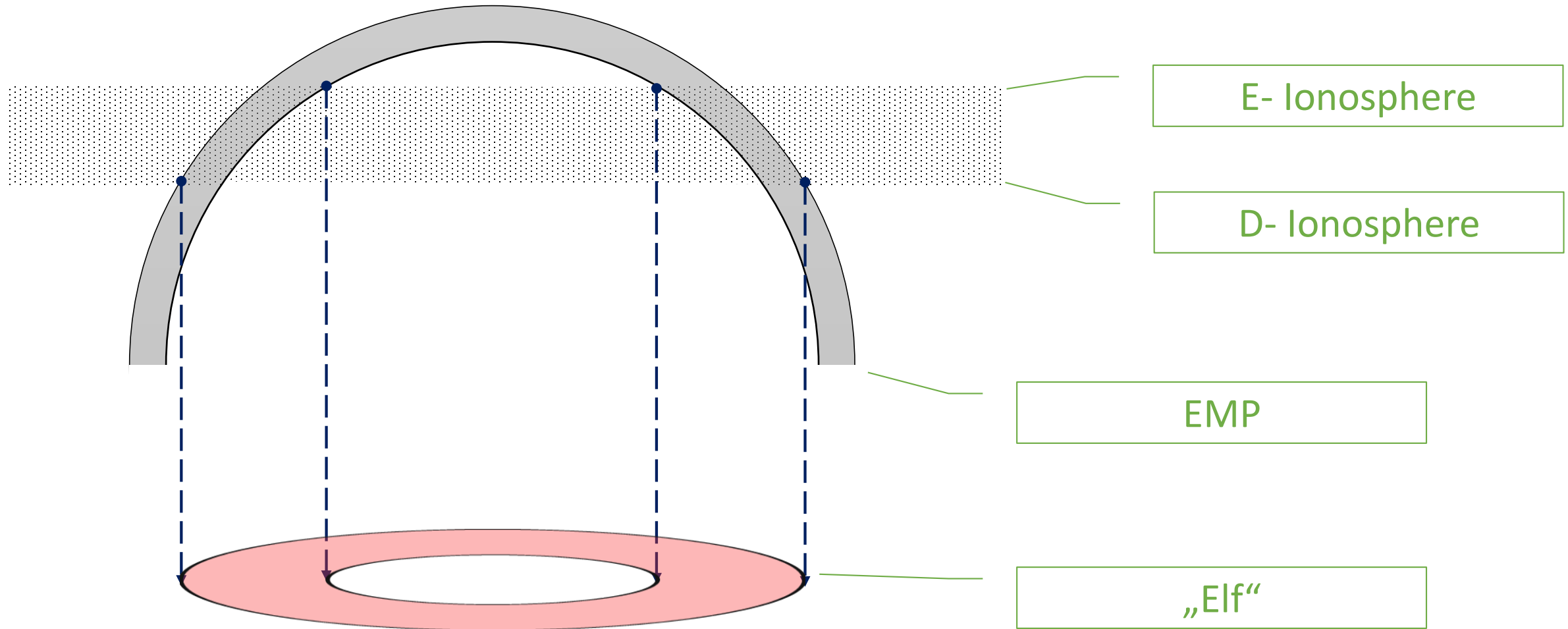
the N_2 states that emit optically.

Name	Upper State	Lower State	Lifetime	Quench Altitude	Quench Particle	Threshold Energy
$N_2(1PG)$	$N_2(B^3\Pi_g)$	$N_2(A^3\Sigma_u^+)$	$6 \mu s$	53 km	N_2	7.50 eV
$N_2(2PG)$	$N_2(C^3\Pi_u)$	$N_2(B^3\Pi_g)$	50 ns	30 km	O_2	11.18 eV
$N_2^+(1NG)$	$N_2^+(B^2\Sigma_u^+)$	$N_2^+(X^2\Sigma_g^+)$	70 ns	48 km	N_2, O_2	18.56 eV
$N_2^+(M)$	$N_2^+(A^2\Pi_u)$	$N_2^+(X^2\Sigma_g^+)$	$14 \mu s$	85-90 km	N_2	16.54 eV
$N_2(VK)$	$N_2(A^3\Sigma_u^+)$	$N_2(X^1\Sigma_g^+)$	2 s	145 km	O	6.31 eV
$O_2^+(1NG)$	$O_2^+b^4\Sigma$	$O_2^+X^2\Pi_g$	$1.2 \mu s$	60 km	N_2	18.2 eV

Table 1. ISUAL imager filters. Note that the band limits are for paraxial rays only. The filter curves shift towards the blue for any object lying off axis. OI is atomic oxygen.

Imager Filters			
Channel number	Nominal filter	Lower limit 10% (nm)	Upper limit 10% (nm)
1	N_2 1PG	622.8	754
2	760 nm O_2 atmospheric band (airglow, aurora)	757.8	768.8
3	630 nm OI (aurora, airglow)	626.3	636.4
4	557.7 nm OI (aurora, airglow)	554.7	562.8
5	427.8 nm N_2^+ ionized N_2	425.3	431.8
6	Broad band no filter	425	890

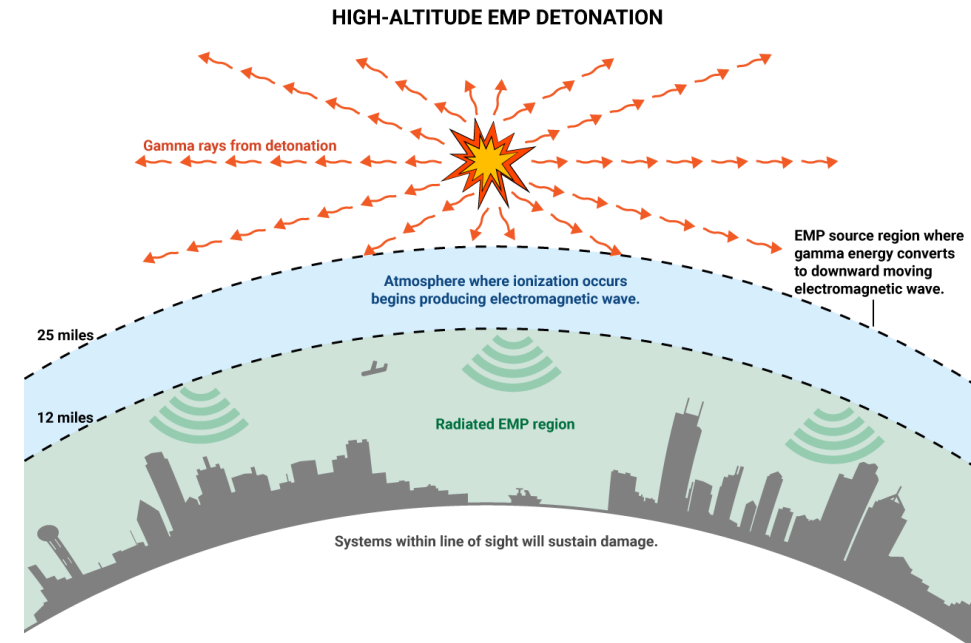
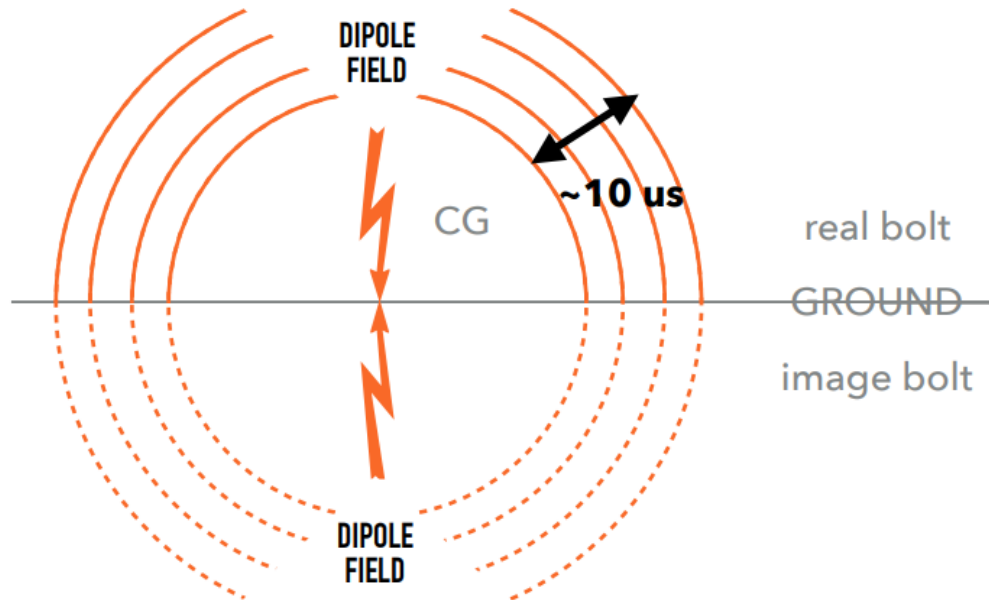
Princíp vzniku



EMP

A pulse of high-intensity electromagnetic radiation generated especially by a nuclear blast high above the earth's surface and held to disrupt electronic and electrical systems [1]

'side' view



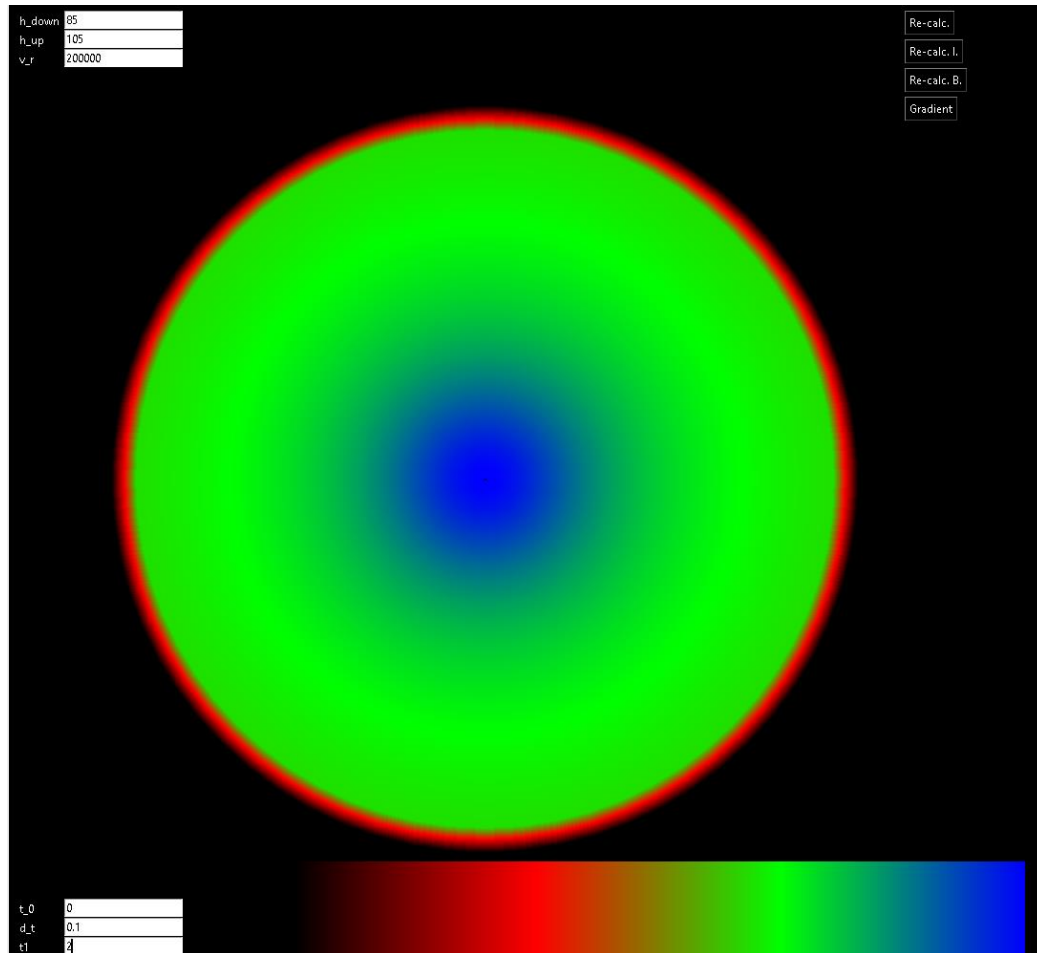
Source: Congressional Commission to Assess the Threat of Electromagnetic Pulse to the United States of America

Graphic redesign by Geopolitical Futures

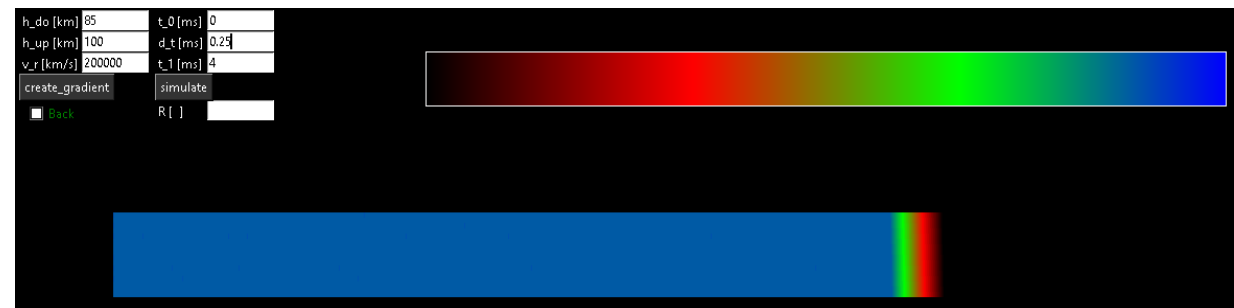
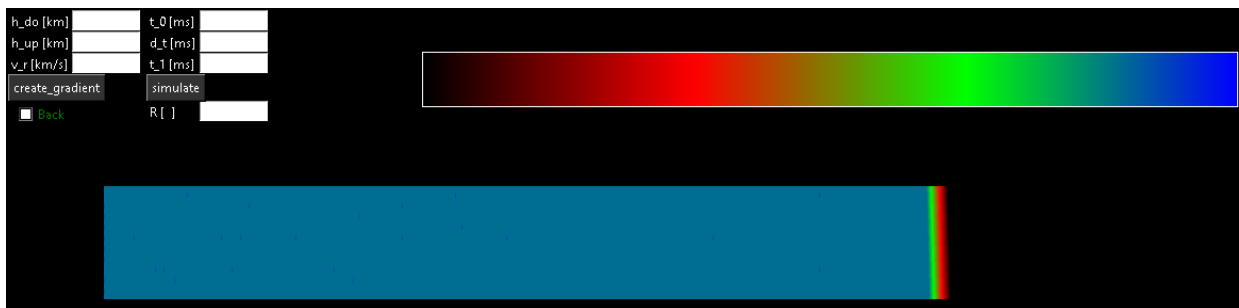
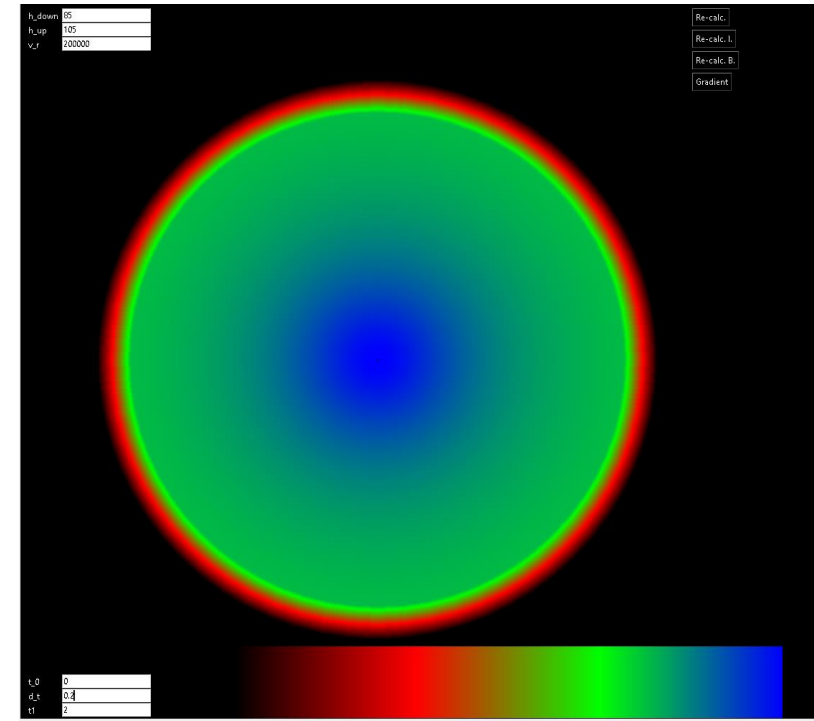
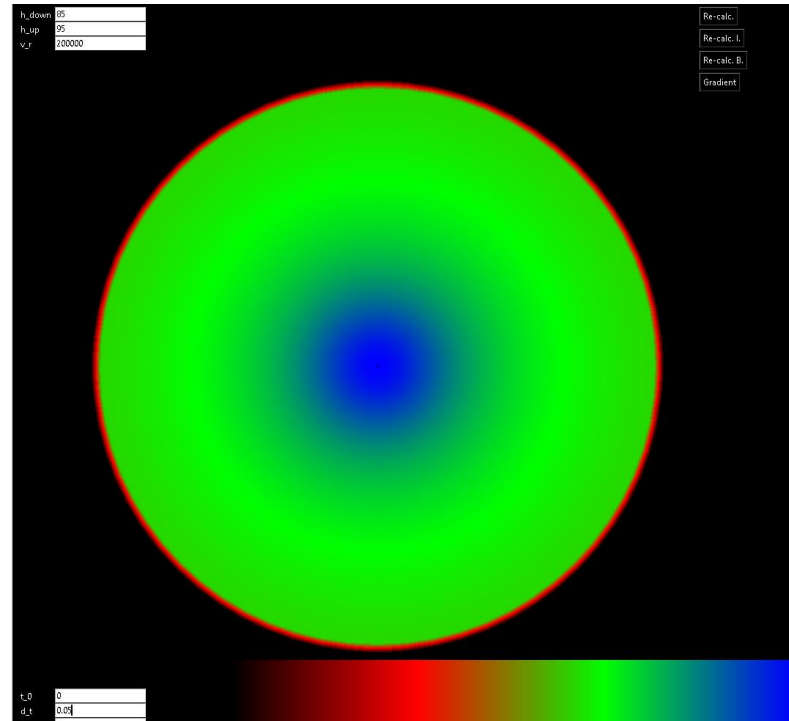
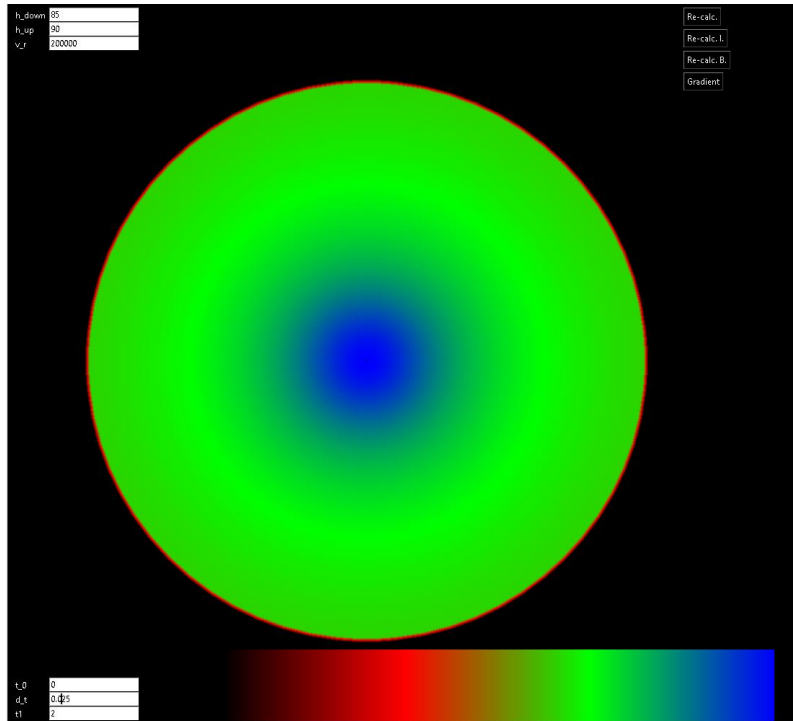
Kevin-Druis. (2017), SIMULATED ELVES FOR TUS, MINI-EUSO AND EUSO-SPB2

[1] <https://www.merriam-webster.com/dictionary/electromagnetic%20pulse>

Problém s intenzitou



Problém s intenzitou



Čo sú „Elfovia“ ?

ELVES

Emission of Light and Very Low Frequency perturbations due to Electromagnetic Pulse Sources



13/2019

ELVES

Teória okolo ELVES

Spôsob pozorovania

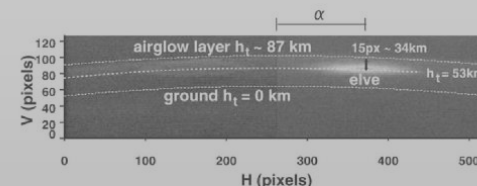
Doba trvania $\approx 100\mu s$

Exp. doba $\approx 125\mu s$

Nemožnosť zachytiť postup vlny



Fotografie zachytávajú integrál celého event-u



R. A. Marshall (2012) An improved model of the lightning electromagnetic field interaction with the D-region ionosphere

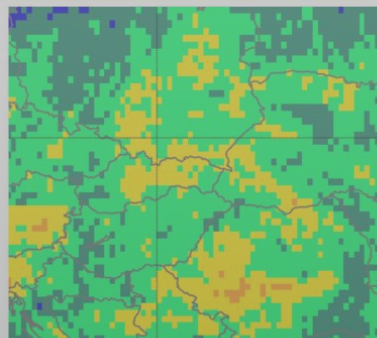
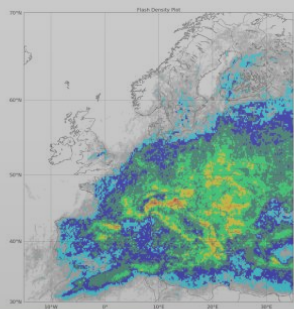
13/2019

ELVES

Spôsoby pozorovania

Výskyt búrok

G. Anderson and D. Klugmann: European lightning density using ATDnet data

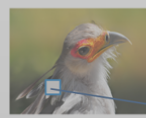


13/2019

ELVES

Návrh pozorovacieho st. v Kolonici

Analýza dát pomocou ML



convolution + nonlinearity

max pooling

convolution + pooling layers

fully connected layers

Nx binary classification



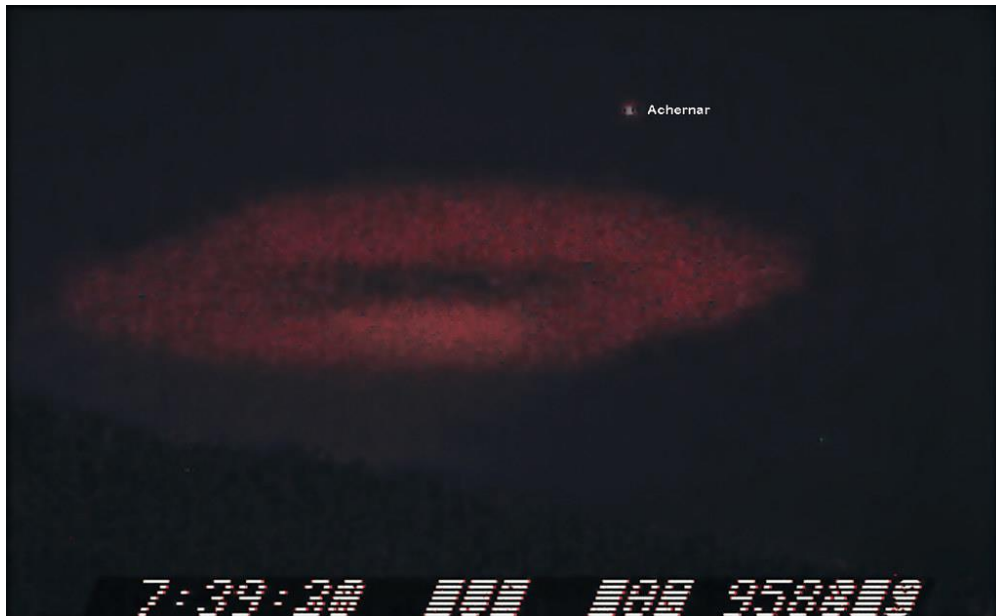
13/2019

ELVES

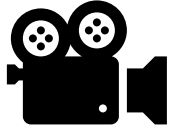
Vlastné pozorovanie/dátová analýza

História pozorovania

Prvé pozorovania v
'90 rokoch



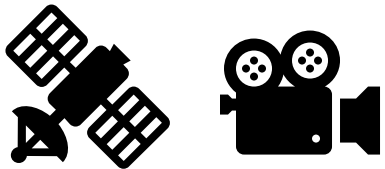
Spôsob pozorovania



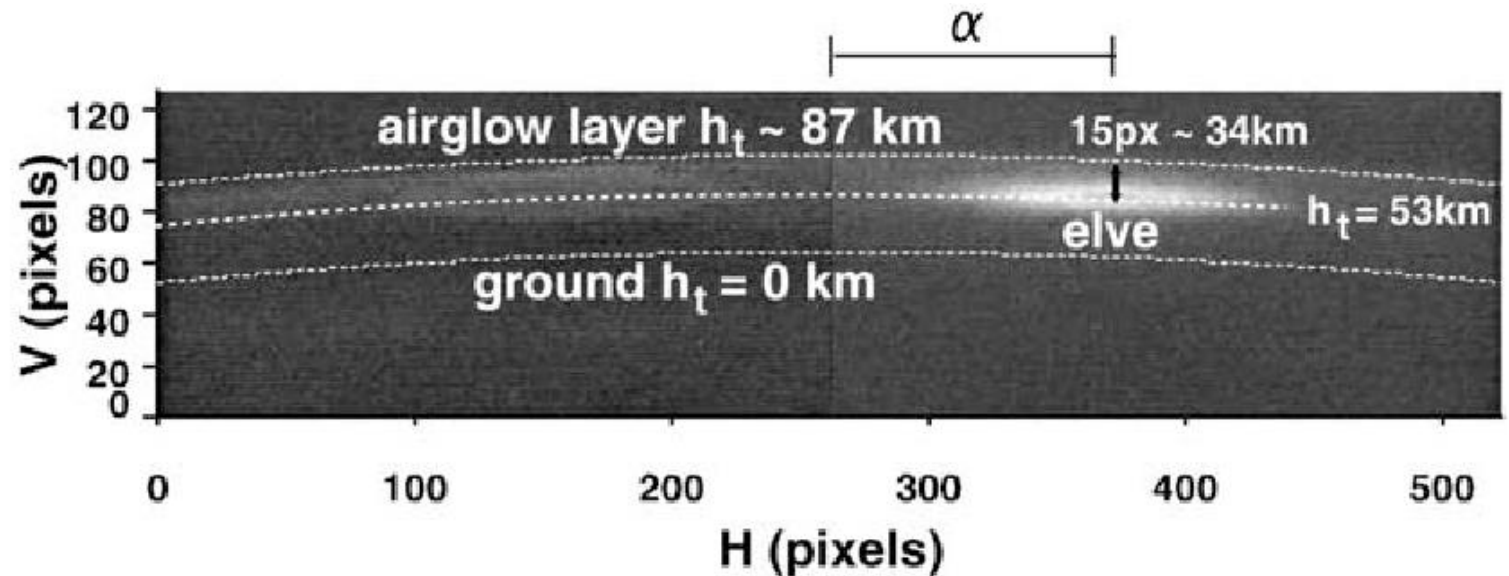
Doba trvania $\approx 100\mu s$

Exp. doba $\approx 125\mu s$

Nemožnosť
zachytiť postup
vlny



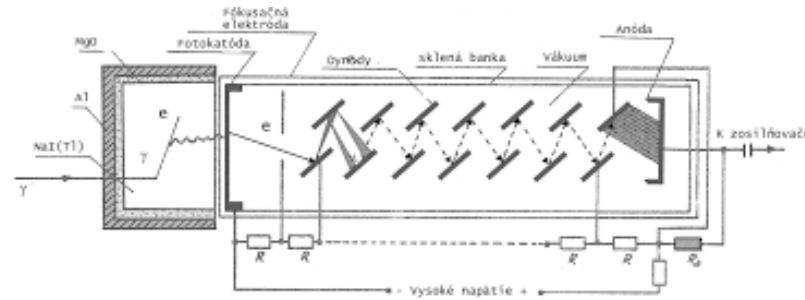
Fotografie zachytávajú
integrál celého event-u



R. A. Marshall. (2012). An improved model of the lightning electromagnetic field interaction with the D-region ionosphere

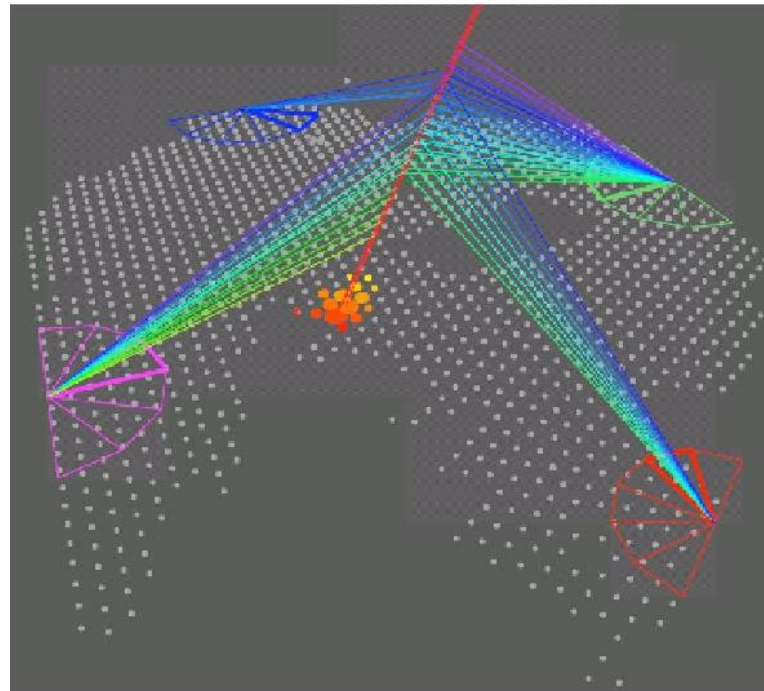
Ďalšie spôsoby pozorovania

Scintilačné počítače / PMT



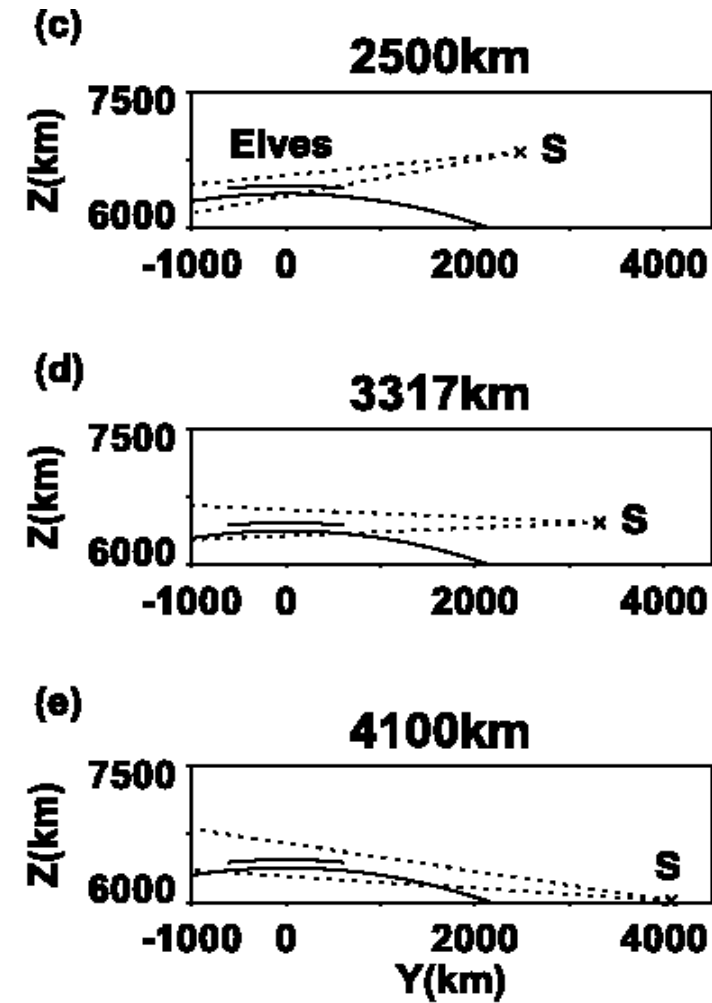
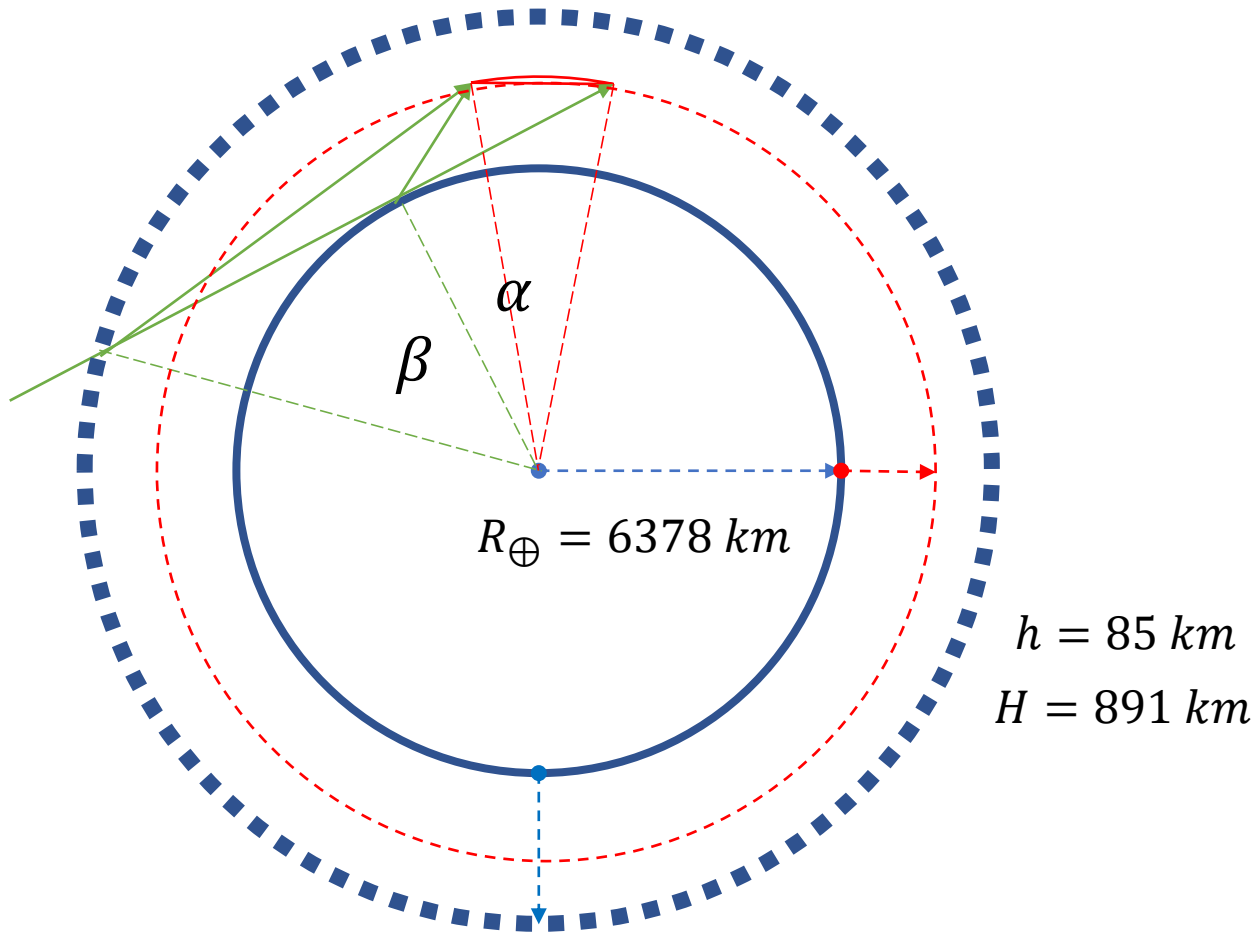
Poukazujú iba na prítomnosť a intenzitu

Rýchla fotometria



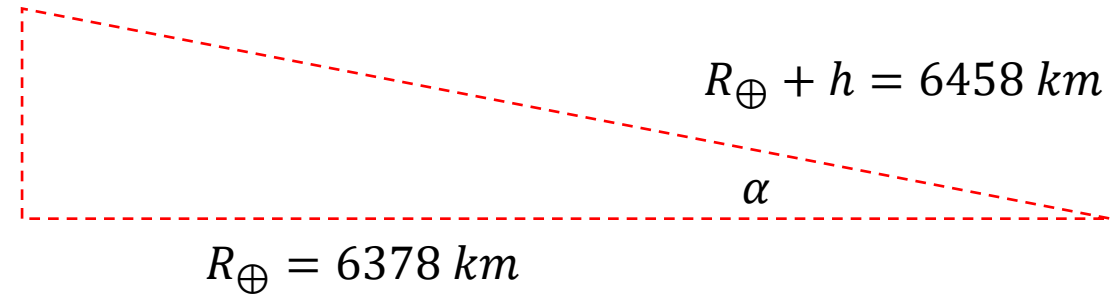
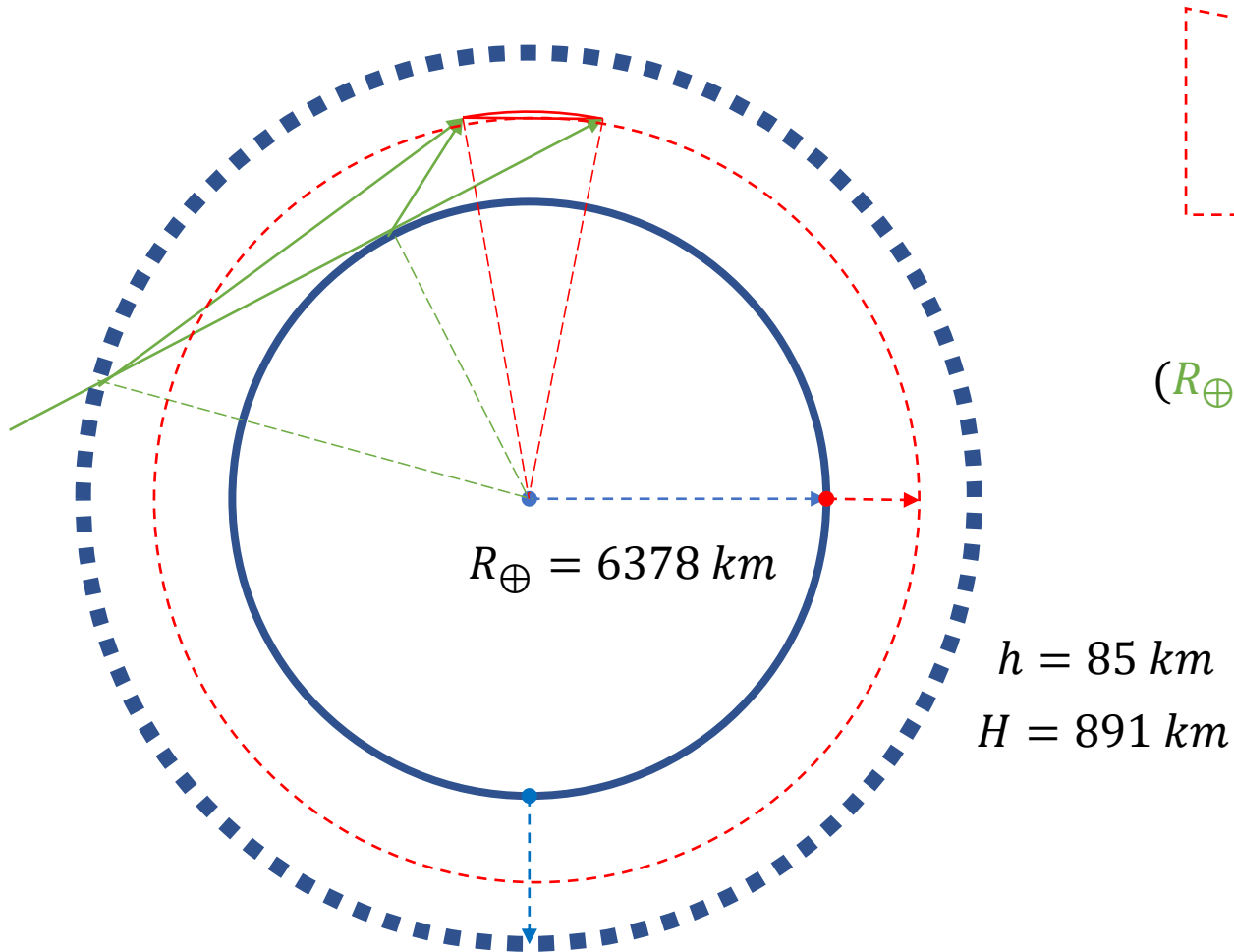
Fluorescenčné teleskopy

Možnosti pozorovania



R. A. Marshall. (2012). An improved model of the lightning electromagnetic field interaction with the D-region ionosphere

Možnosti pozorovania

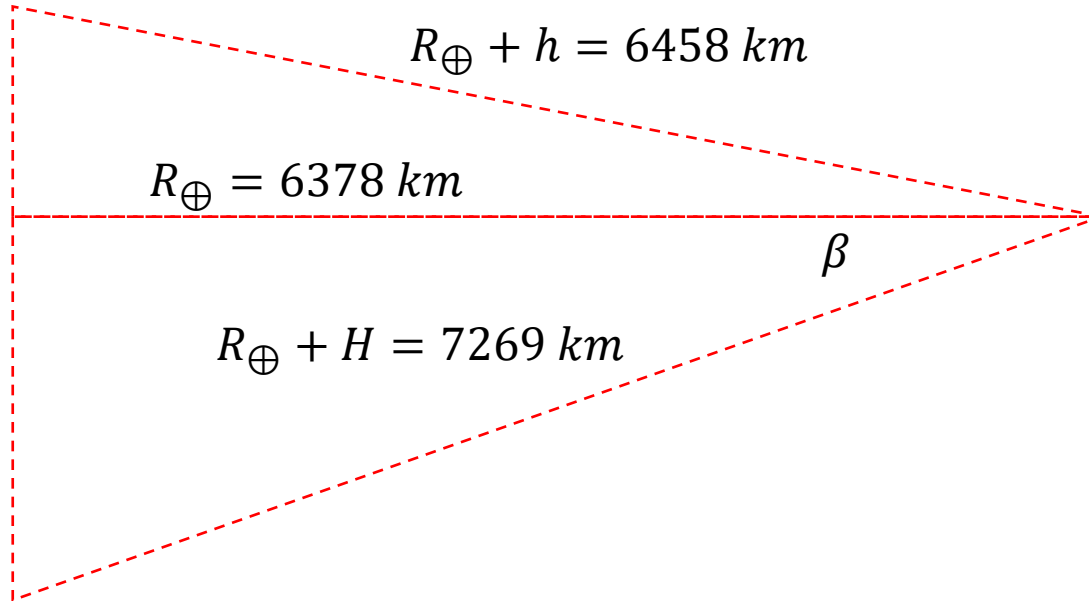


$$(R_{\oplus} + h)^2 - R_{\oplus}^2 = (R_{\oplus} + h)^2 + R_{\oplus}^2 - 2(R_{\oplus} + h)R_{\oplus}\cos(\alpha)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{R_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}\right)$$

$$\alpha \approx 9^\circ \rightarrow 1000km$$

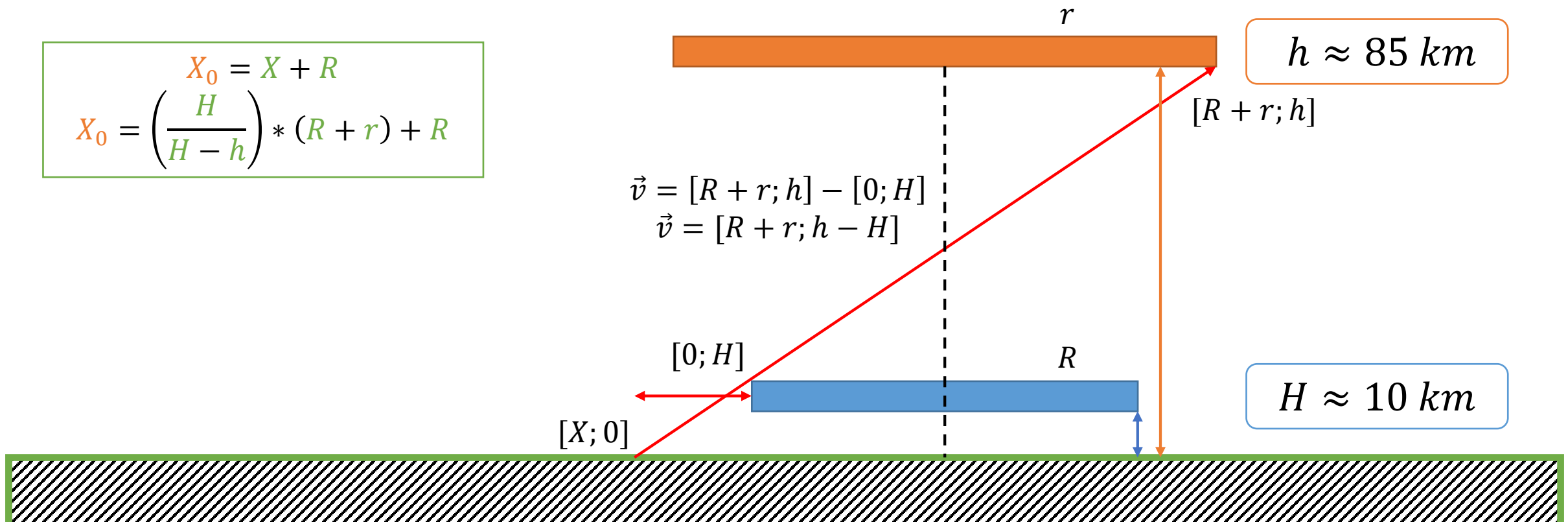
$$\beta = 38^\circ \rightarrow 4500km$$



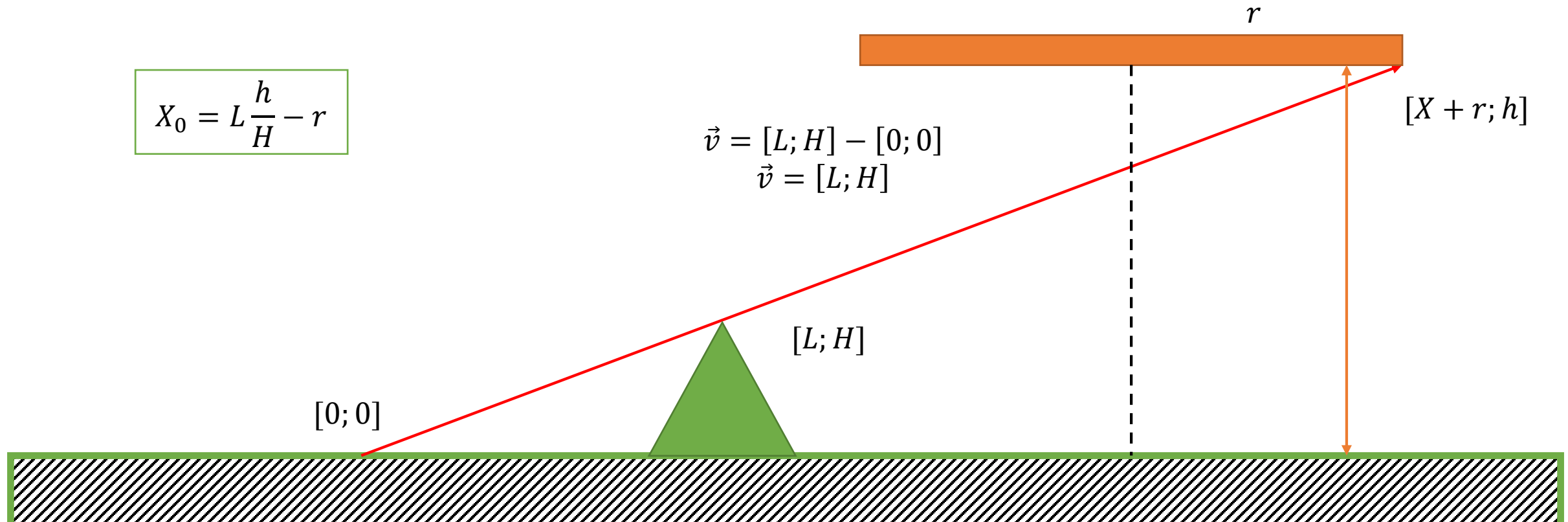
$$\beta = \arccos \left(\frac{\left(\sqrt{(R_{\oplus} + h)^2 - R_{\oplus}^2} + \sqrt{(R_{\oplus} + H)^2 - R_{\oplus}^2} \right)^2 - (R_{\oplus} + h)^2 - (R_{\oplus} + H)^2}{-2 (R_{\oplus} + h)(R_{\oplus} + H)} \right) \quad \begin{array}{l} \alpha \approx 9^\circ \rightarrow 1000km \\ \beta = 38^\circ \rightarrow 4500km \end{array}$$

Obmedzenia pozorovania

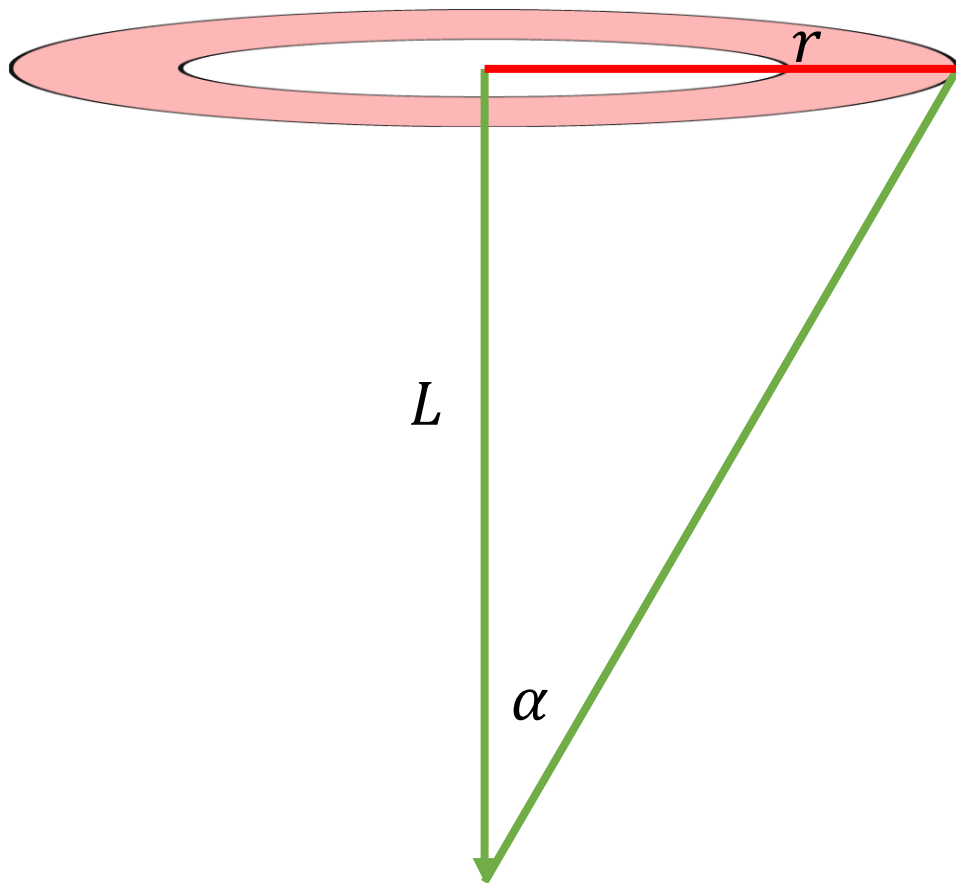
$$X_0 = \left(\frac{H}{H-h} \right) * (R+r) + R$$



Obmedzenia pozorowania



Prejav Fenoménu



Zorné pole

$$\alpha = \arctg\left(\frac{r}{L}\right)$$

$$r = \langle 150; 250 \rangle km$$

$$L = \langle 85; 850 \rangle km$$



$$\beta = \langle 20; 142,5 \rangle^\circ$$

$$\bar{\beta} = 45^\circ$$

Čo sú „Elfovia“ ?

ELVES

Emission of Light and Very Low Frequency perturbations due to Electromagnetic Pulse Sources



13/2019

ELVES

Teória okolo ELVES

Spôsob pozorovania



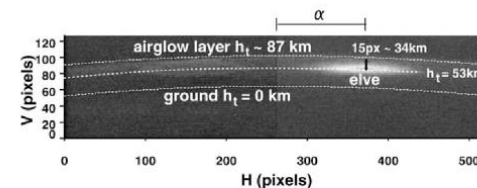
Doba trvania $\approx 100\mu s$

Exp. doba $\approx 125\mu s$

Nemožnosť zachytiť postup vlny



Fotografie zachytávajú integrál celého event-u



R.A. Marshall (2012) An improved model of the lightning electromagnetic field interaction with the D-region ionosphere

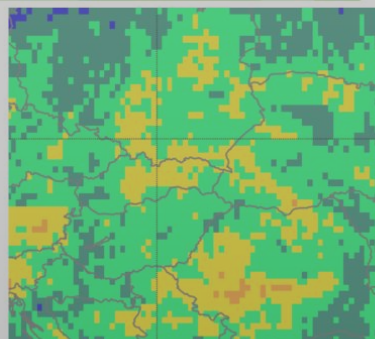
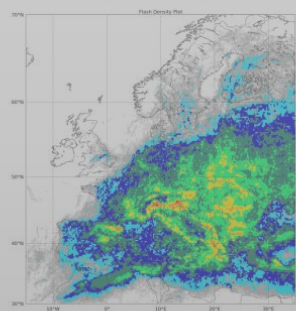
13/2019

ELVES

Spôsoby pozorovania

Výskyt búrok

G. Anderson and D. Klugmann: European lightning density using ATDnet data

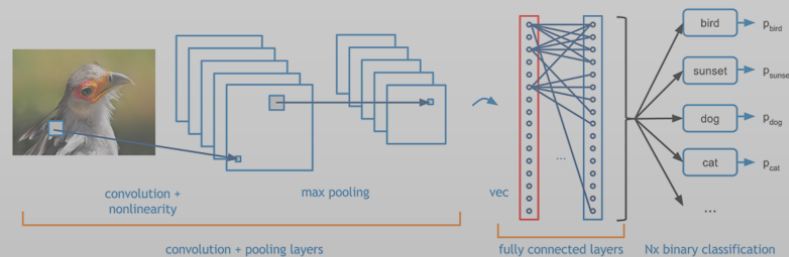


13/2019

ELVES

Návrh pozorovacieho st. v Kolonici

Analýza dát pomocou ML

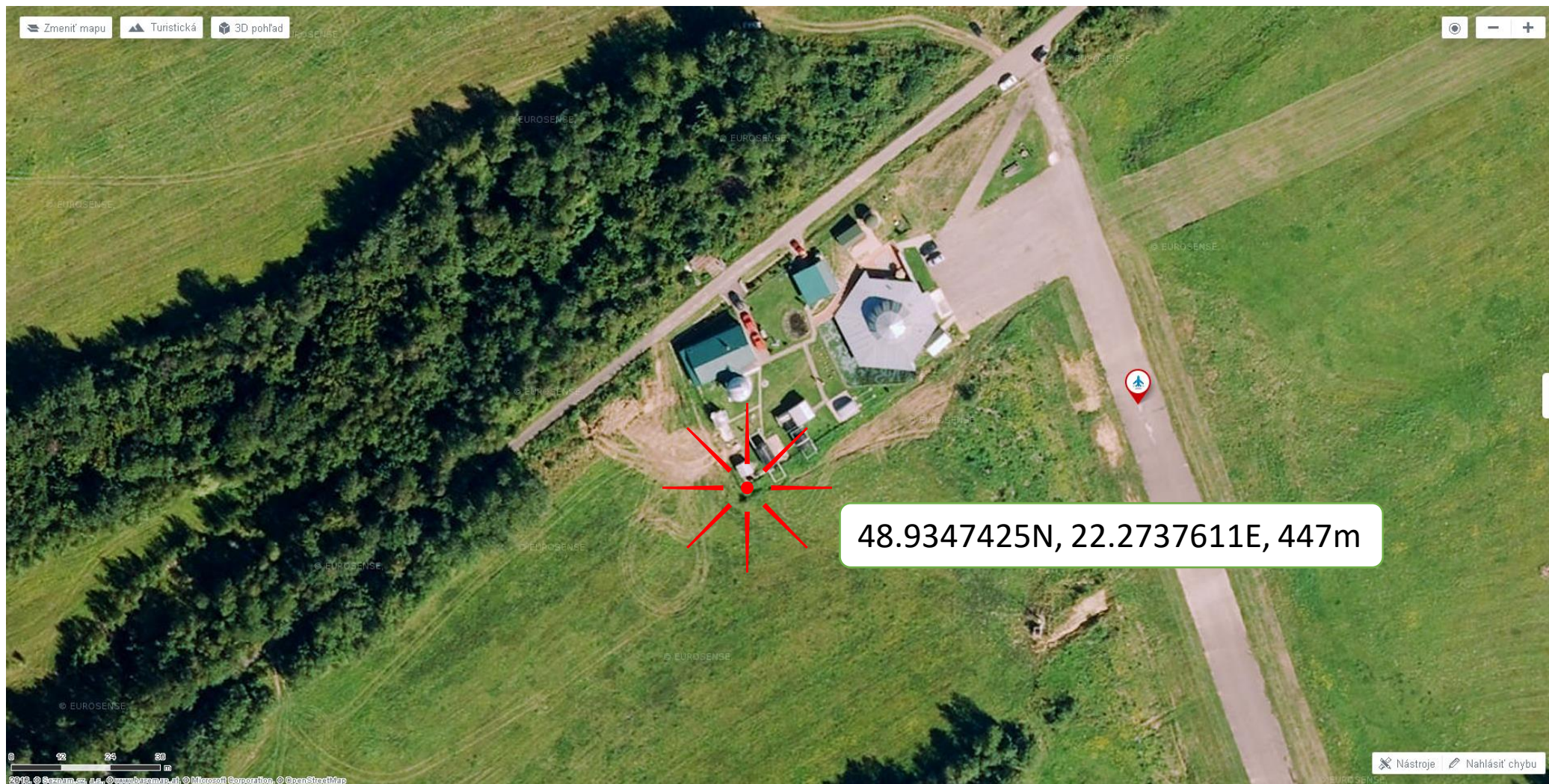


13/2019

ELVES

Vlastné pozorovanie/dátová analýza

Pozorovacie možnosti stanovišta Kolonica



Určenie výškového profilu

Pozorovací úhly TLE vůči vzdálenosti bouře při ideálním horizontu.



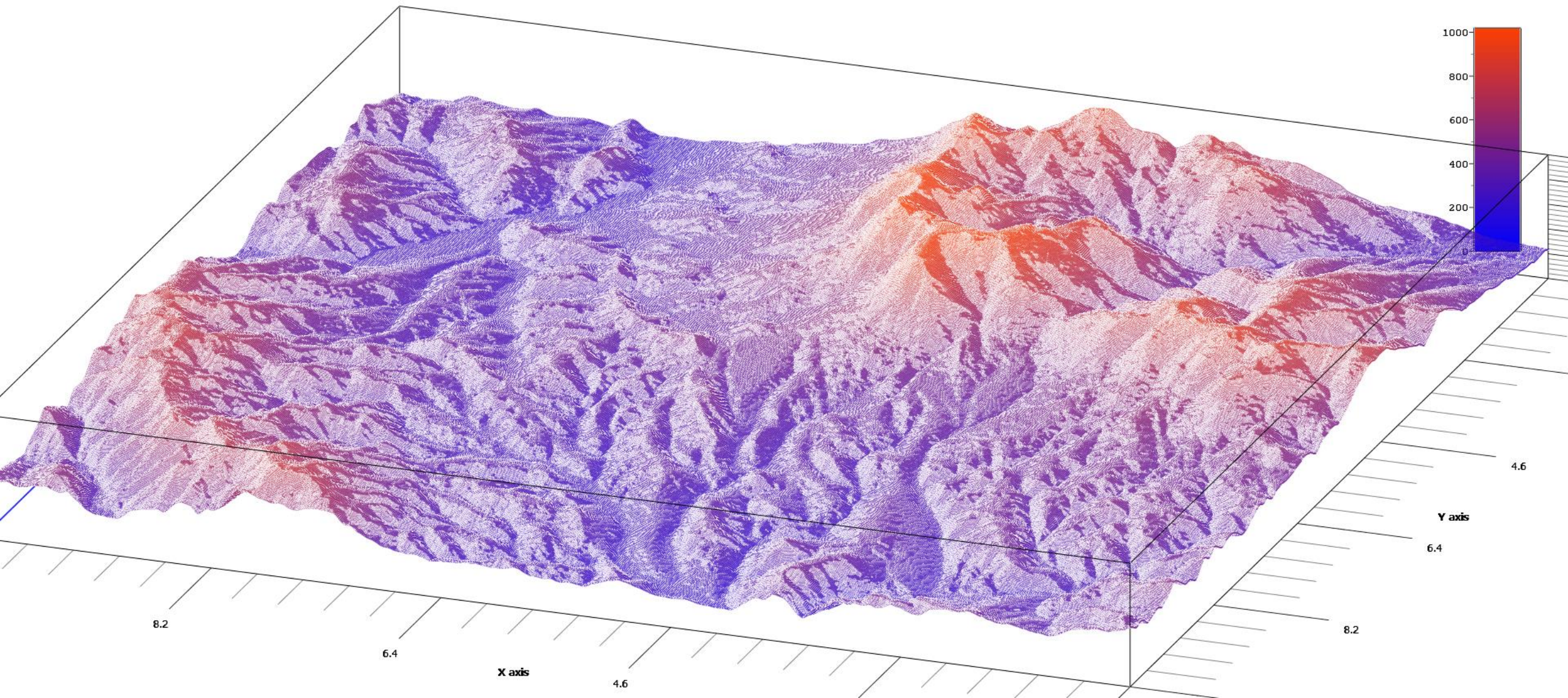
WGS 84

SRTM 1

Vzdálenost:	Celý jev – výška 50-90 km					Tělo – výška 60-80 km		Elf – výška 90-95 km	
	Střed:	Jednotlivý - šíře 5 km:		Skupina - šíře 50 km:		Jednotlivý - šíře 5 km:		Šíře 350 km:	
25 km	67°	57-77°	$\alpha = 20^\circ$	43-90°	$\alpha = 47^\circ$	60-76°	$\alpha = 16^\circ$	24-148°	$\alpha = 124^\circ$
50 km	52°	41-63°	$\alpha = 22^\circ$	33-75°	$\alpha = 42^\circ$	50-58°	$\alpha = 8^\circ$	22-143°	$\alpha = 121^\circ$
100 km	33,5°	24-43°	$\alpha = 19^\circ$	21-51°	$\alpha = 30^\circ$	29-38°	$\alpha = 9^\circ$	18-128°	$\alpha = 110^\circ$
150 km	23,5°	16-31°	$\alpha = 15^\circ$	14-35°	$\alpha = 21^\circ$	21-28°	$\alpha = 7^\circ$	15-104°	$\alpha = 89^\circ$
200 km	17,5°	11-24°	$\alpha = 13^\circ$	10-26°	$\alpha = 16^\circ$	15-21°	$\alpha = 6^\circ$	13-74°	$\alpha = 61^\circ$
250 km	14°	9-19°	$\alpha = 10^\circ$	8-21°	$\alpha = 13^\circ$	12-17°	$\alpha = 5^\circ$	11-51°	$\alpha = 40^\circ$
300 km	12°	8-16°	$\alpha = 8^\circ$	7-18°	$\alpha = 11^\circ$	9-14°	$\alpha = 5^\circ$	9-36°	$\alpha = 27^\circ$
350 km	10°	6-14°	$\alpha = 8^\circ$	5-15°	$\alpha = 10^\circ$	7-12°	$\alpha = 5^\circ$	8-28°	$\alpha = 20^\circ$
400 km	8,5°	5-12°	$\alpha = 7^\circ$	4-13°	$\alpha = 9^\circ$	6-10°	$\alpha = 4^\circ$	7-22°	$\alpha = 15^\circ$
450 km	7°	4-10°	$\alpha = 6^\circ$	3-11°	$\alpha = 8^\circ$	6-9°	$\alpha = 3^\circ$	6-18°	$\alpha = 12^\circ$
500 km	5,5°	3-8°	$\alpha = 5^\circ$	2-9°	$\alpha = 7^\circ$	4-7°	$\alpha = 3^\circ$	5-15°	$\alpha = 10^\circ$
550 km	4,5°	2-7°	$\alpha = 5^\circ$	2-8°	$\alpha = 6^\circ$	3-7°	$\alpha = 4^\circ$	4-13°	$\alpha = 9^\circ$
600 km	4°	2-6°	$\alpha = 4^\circ$	2-7°	$\alpha = 5^\circ$	3-6°	$\alpha = 3^\circ$	3-11°	$\alpha = 8^\circ$
650 km	3,5°	2-5°	$\alpha = 3^\circ$	2-5°	$\alpha = 3^\circ$	2-5°	$\alpha = 3^\circ$	3-9°	$\alpha = 6^\circ$
700 km	2,5°	1-4°	$\alpha = 3^\circ$	1-4°	$\alpha = 3^\circ$	1-4°	$\alpha = 3^\circ$	2-8°	$\alpha = 6^\circ$
750 km	2°	1-3°	$\alpha = 2^\circ$	1-3°	$\alpha = 2^\circ$	1-3°	$\alpha = 2^\circ$	2-7°	$\alpha = 5^\circ$
800 km	1°	0-2°	$\alpha = 2^\circ$	0-2°	$\alpha = 2^\circ$	0-2°	$\alpha = 2^\circ$	1-6°	$\alpha = 5^\circ$

Autor: Daniel Ščerba (www.scerba-daniel.cz , daniel.scerba@post.cz). Consultation and support: Martin Popek

Výškový profil

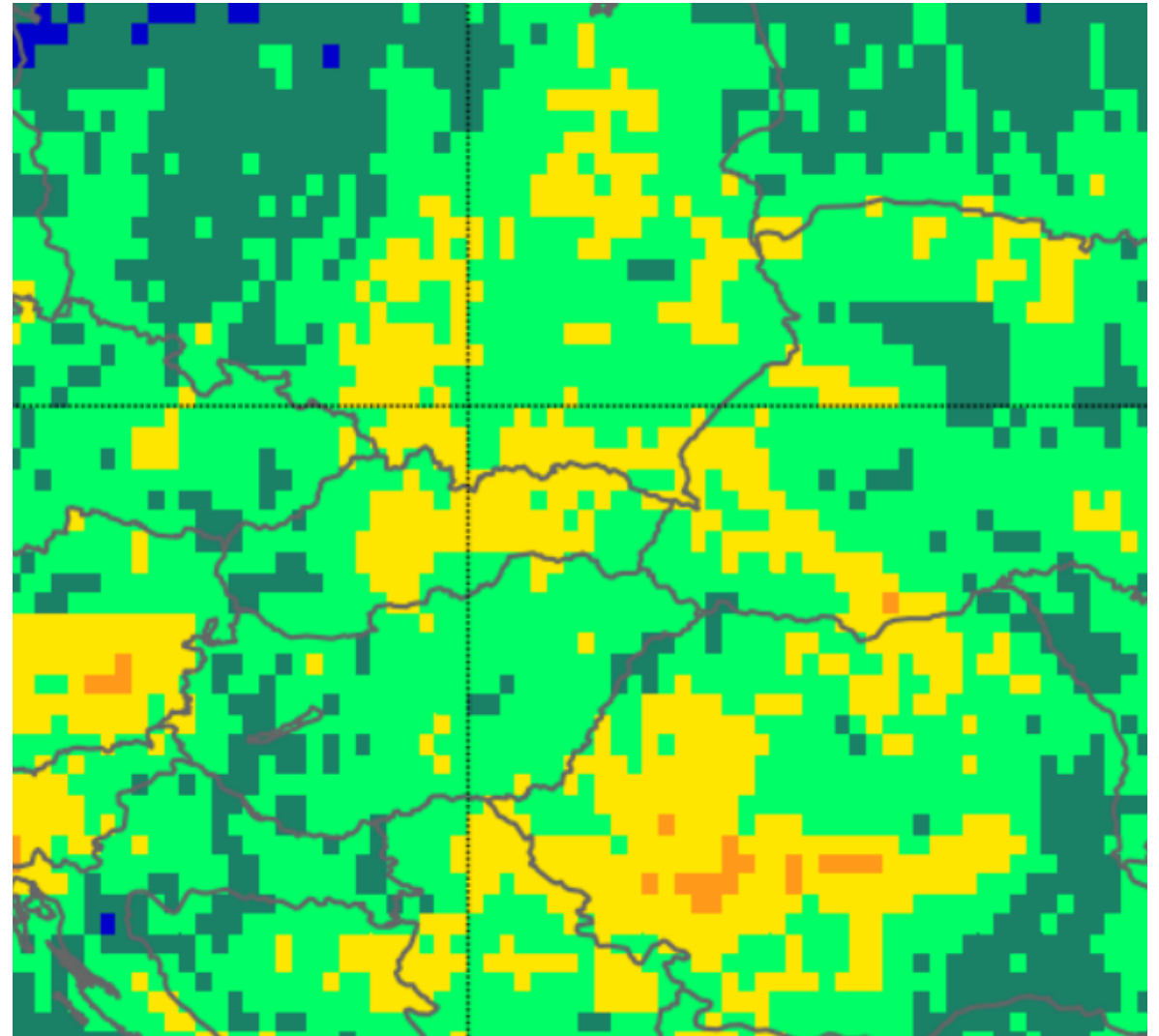
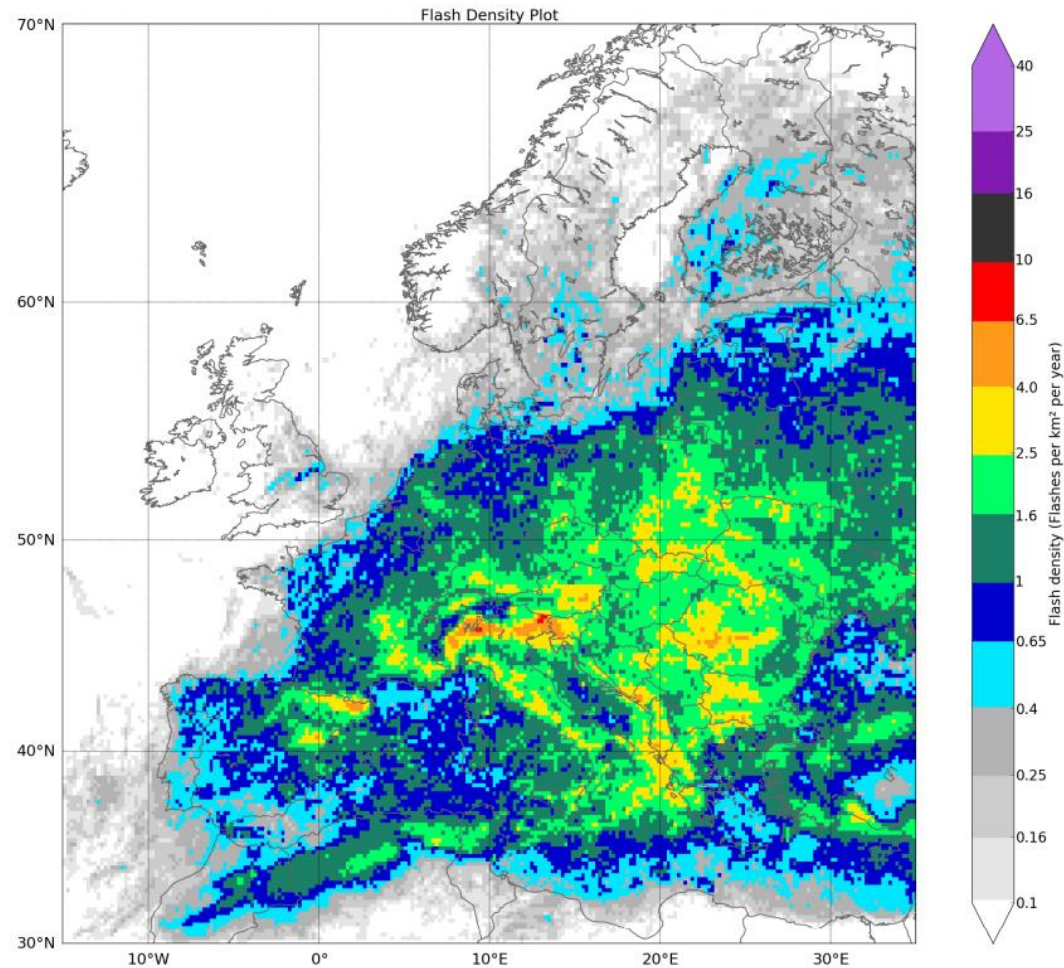


Pozorovacie možnosti stanovišta Kolonica

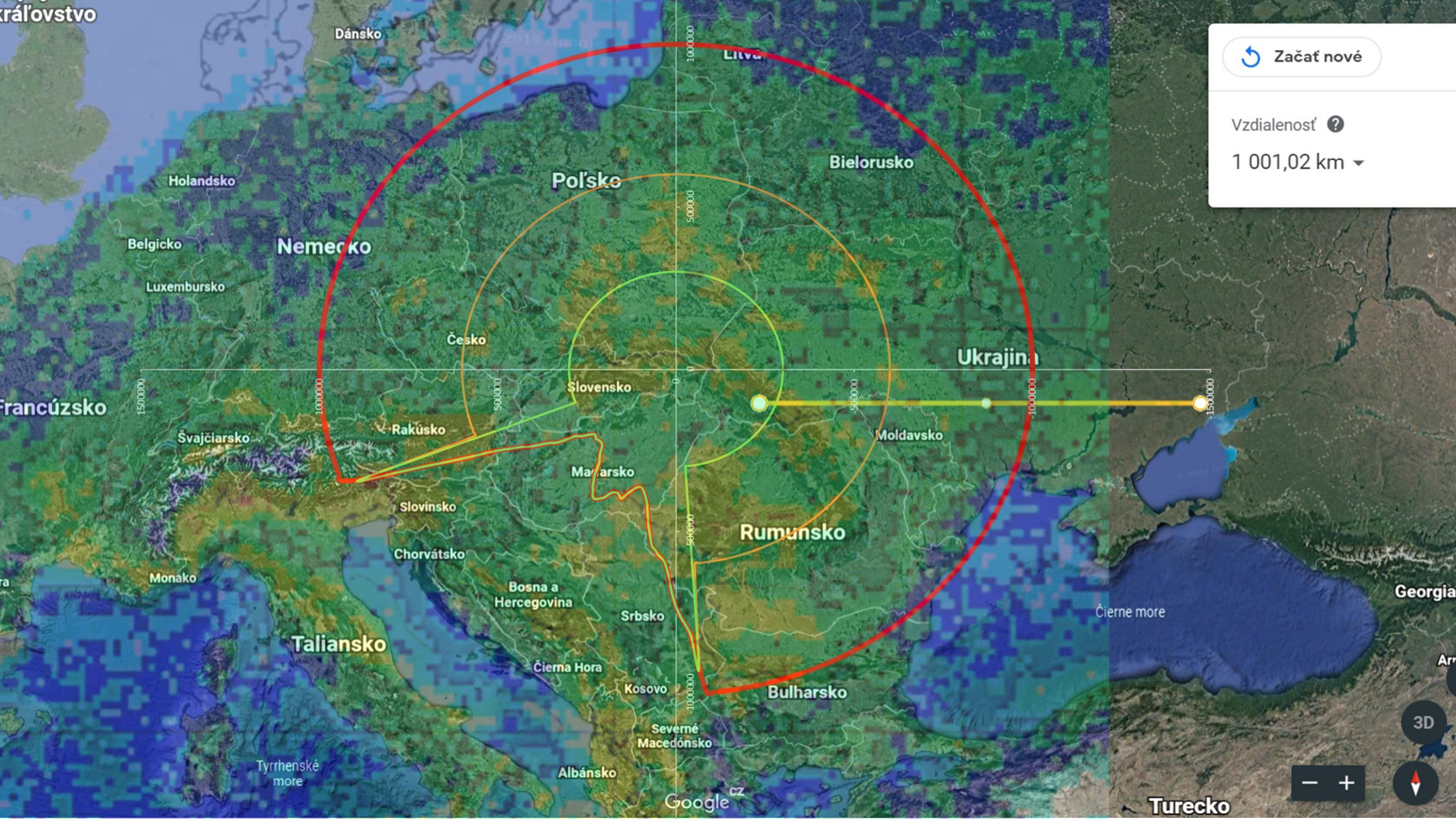


Výskyt búrok

G. Anderson and D. Klugmann: European lightning density using ATDnet data



kráľovstvo



 Začať nové

Vzdialenosť ?

1 001,02 km ▼

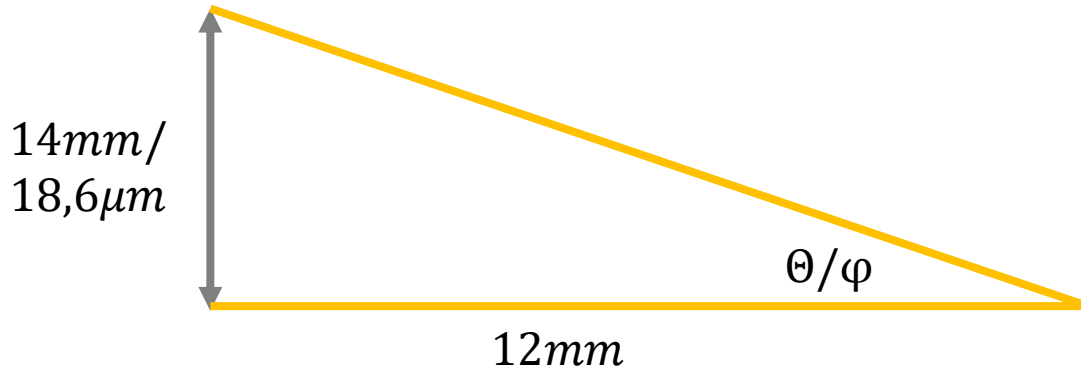
3D

— +





Schopnosti pozorovania

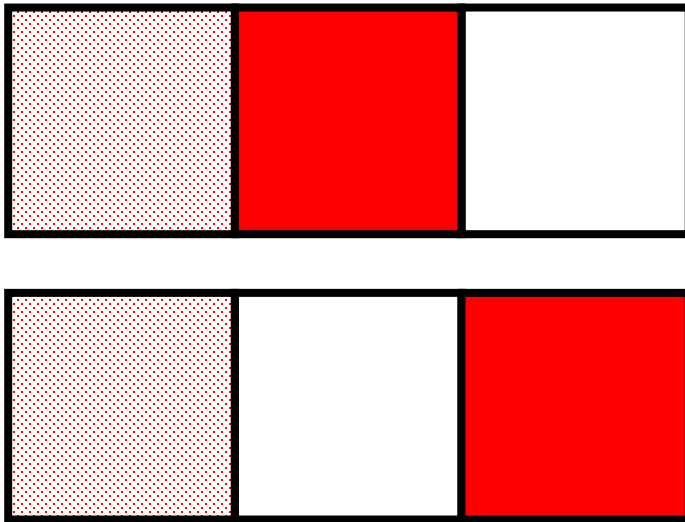


Zorné pole

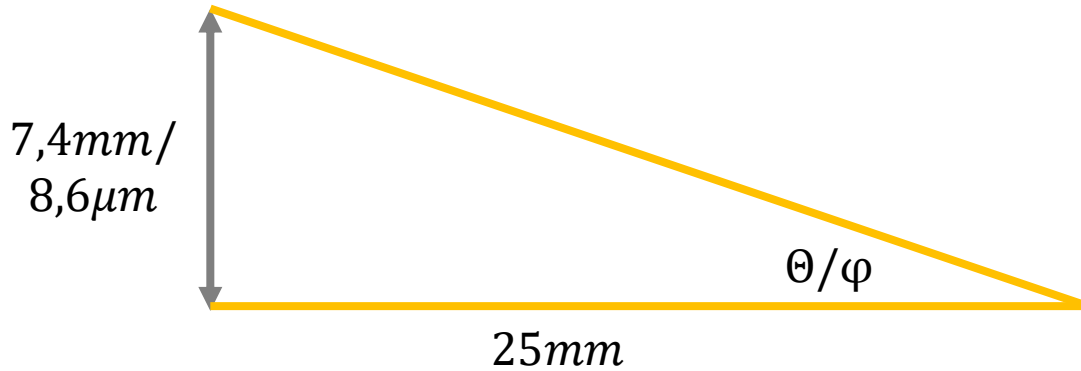
$$\Theta = 49^{\circ}24'$$

Rozl. Schop.

$$\varphi = 0^{\circ}5'20''$$



Schopnosti pozorovania

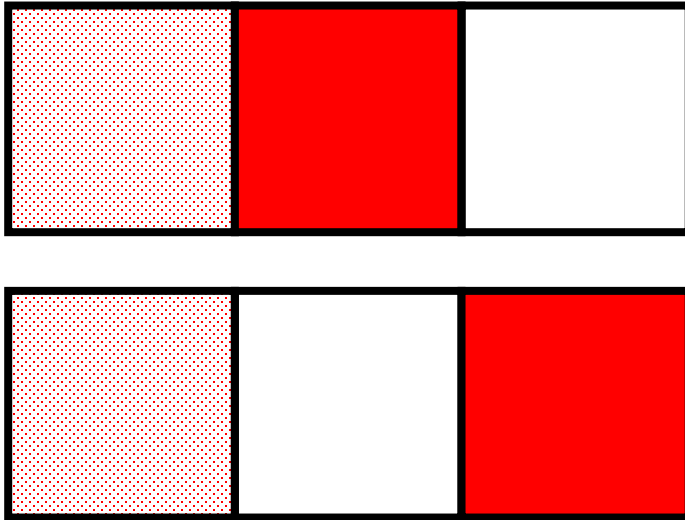


Zorné pole

$$\Theta = 29^{\circ}15'$$

Rozl. Schop.

$$\varphi = 0^{\circ}2'34''$$



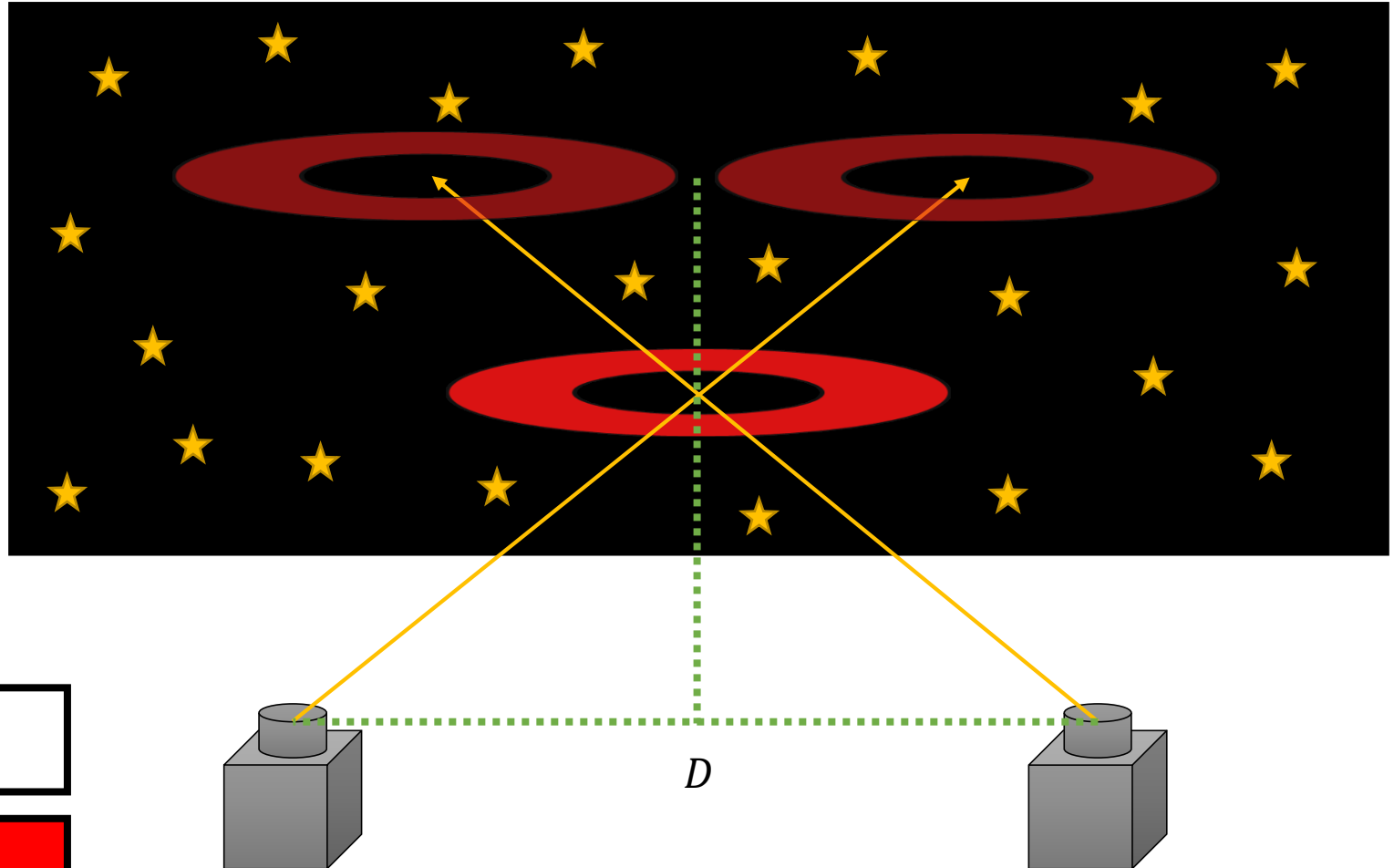
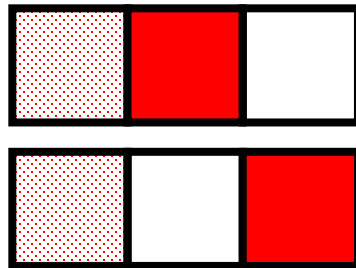
Stereo-snímanie



$D = 500 \text{ (1000)m}$



$D = 240 \text{ (480)m}$



Aparatúra

Dodatočné senzory

Low gain kamera

Optika / filtre

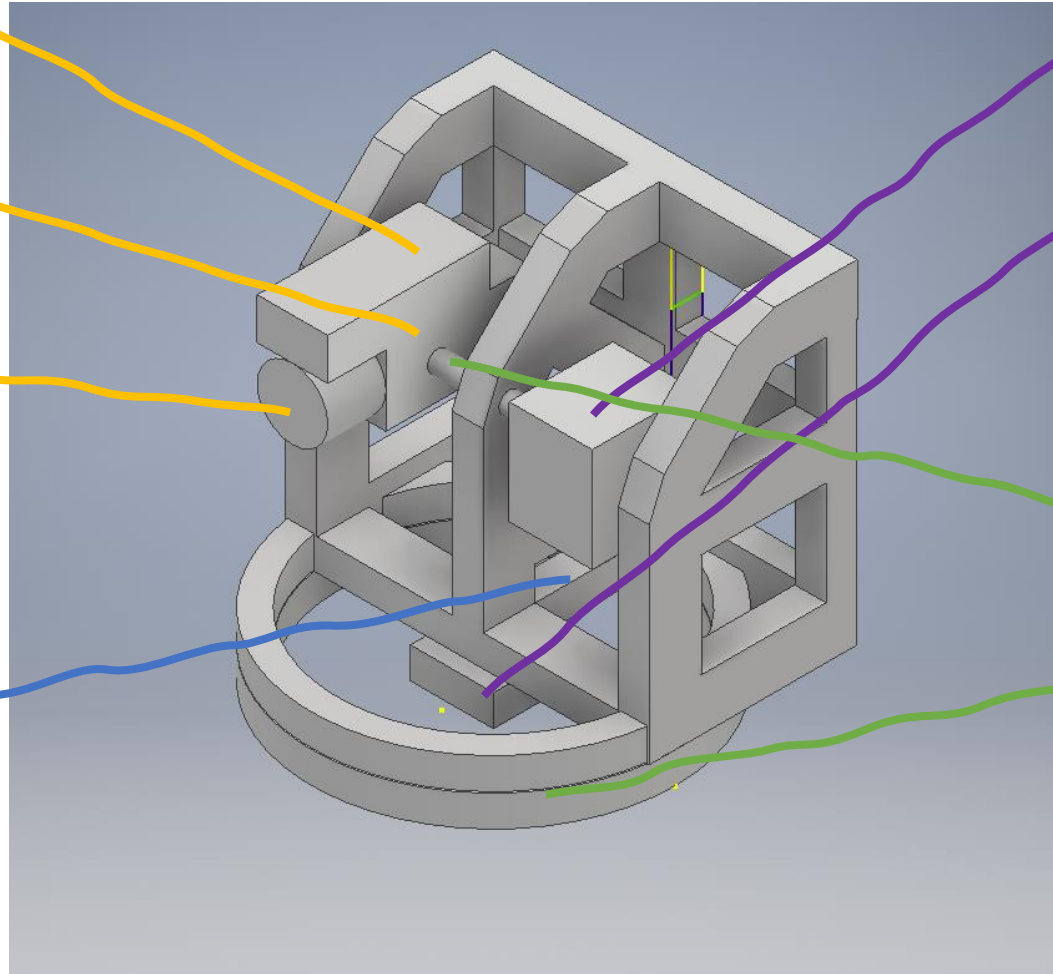
Dodatočná elektronika

Kr. motor výšky

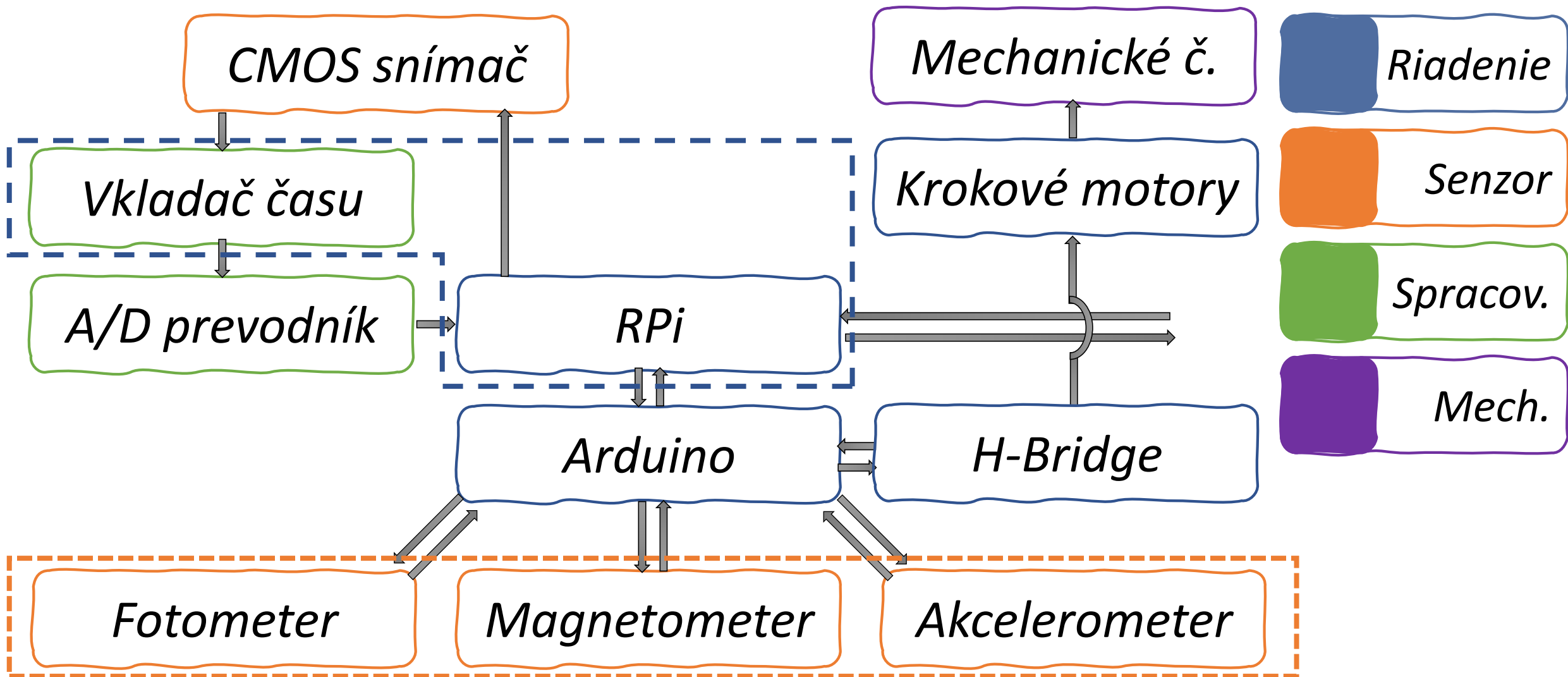
Kr. motor azimutu

Os azimutu

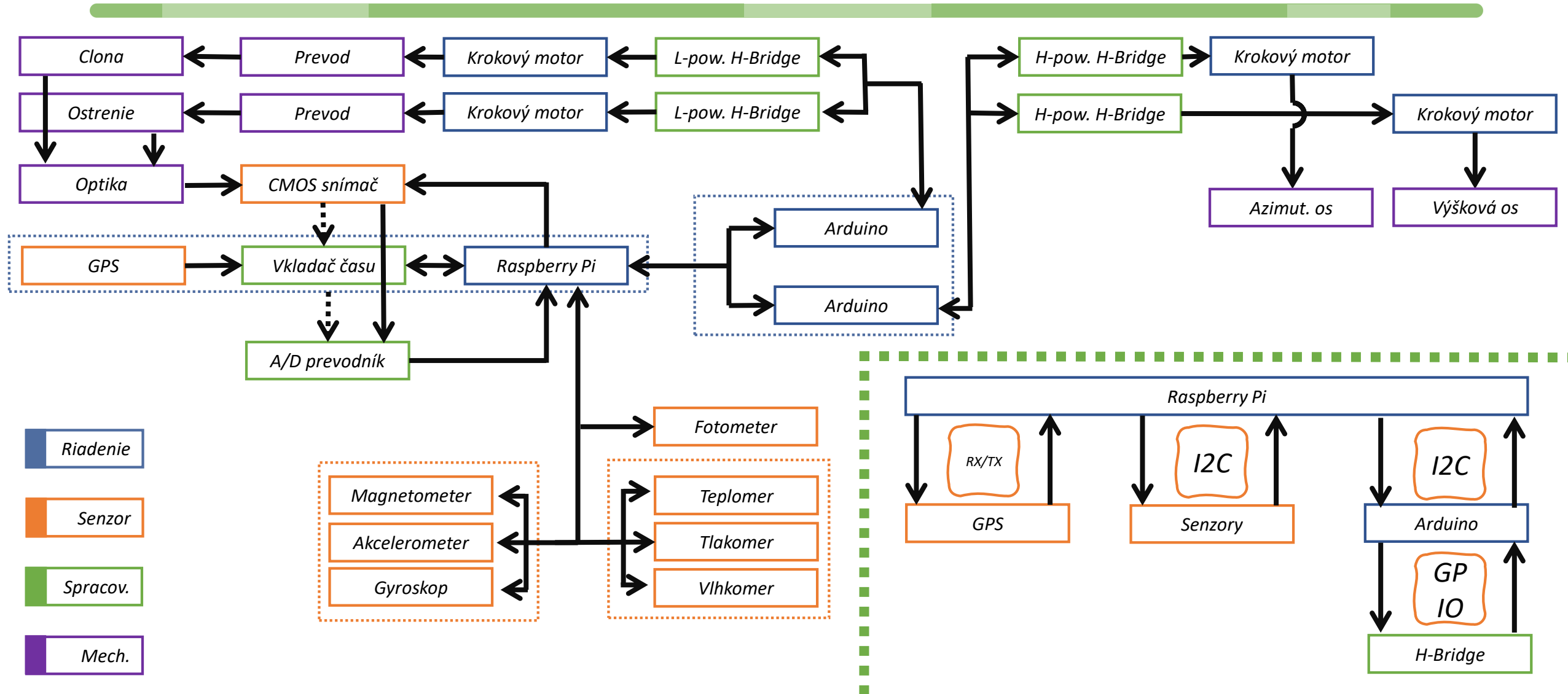
Otočný prstenec



Aparatúra - schéma



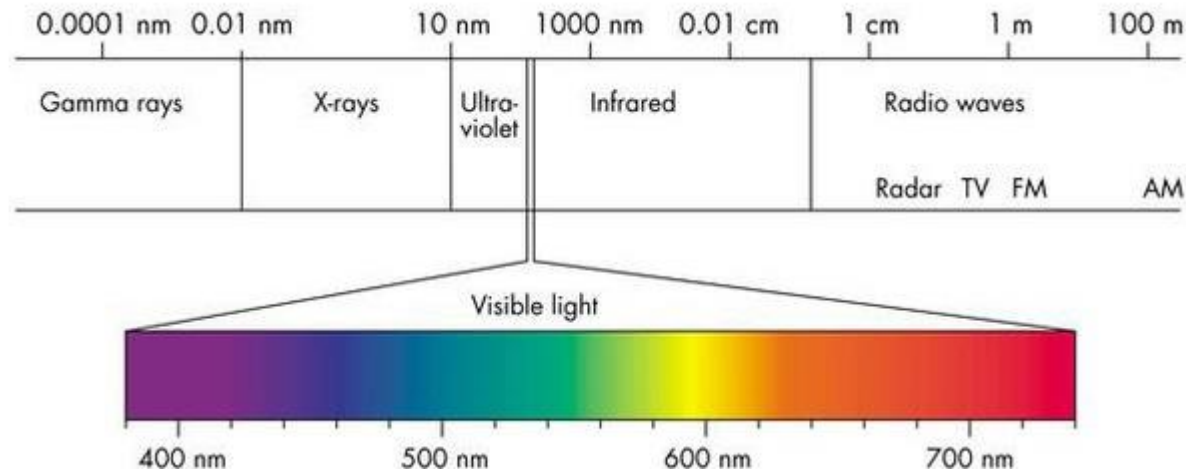
Full schéma



Pozorovacie módy

	Ufo Capture	AI / ML	Live	Snapshot	Long Exposure
TLE					
Meteory					
Airglow					
Náhodné javy					
Night sky objects					

Využitie filtrov



Nutnosť hlbšieho
preskúmania

the N_2 states that emit optically.

Name	Upper State	Lower State	Lifetime	Quench Altitude	Quench Particle	Threshold Energy
$N_2(1PG)$	$N_2(B^3\Pi_g)$	$N_2(A^3\Sigma_u^+)$	$6 \mu s$	53 km	N_2	7.50 eV
$N_2(2PG)$	$N_2(C^3\Pi_u)$	$N_2(B^3\Pi_g)$	50 ns	30 km	O_2	11.18 eV
$N_2^+(1NG)$	$N_2^+(B^2\Sigma_u^+)$	$N_2^+(X^2\Sigma_g^+)$	70 ns	48 km	N_2, O_2	18.56 eV
$N_2^+(M)$	$N_2^+(A^2\Pi_u)$	$N_2^+(X^2\Sigma_g^+)$	$14 \mu s$	85-90 km	N_2	16.54 eV
$N_2(VK)$	$N_2(A^3\Sigma_u^+)$	$N_2(X^1\Sigma_g^+)$	2 s	145 km	O	6.31 eV
$O_2^+(1NG)$	$O_2^+b^4\Sigma$	$O_2^+X^2\Pi_g$	$1.2 \mu s$	60 km	N_2	18.2 eV

Table 1. ISUAL imager filters. Note that the band limits are for paraxial rays only. The filter curves shift towards the blue for any object lying off axis. OI is atomic oxygen.

Imager Filters			
Channel number	Nominal filter	Lower limit 10% (nm)	Upper limit 10% (nm)
1	N_2 1PG	622.8	754
2	760 nm O_2 atmospheric band (airglow, aurora)	757.8	768.8
3	630 nm OI (aurora, airglow)	626.3	636.4
4	557.7 nm OI (aurora, airglow)	554.7	562.8
5	427.8 nm N_2^+ ionized N_2	425.3	431.8
6	Broad band no filter	425	890

Čo sú „Elfovia“ ?

ELVES

Emission of Light and Very Low Frequency perturbations due to Electromagnetic Pulse Sources



13/2019

ELVES

Teória okolo ELVES

Spôsob pozorovania



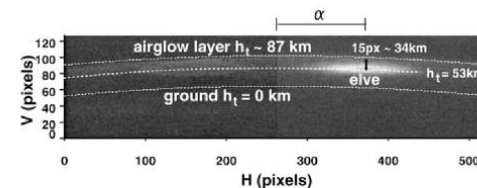
Doba trvania $\approx 100\mu s$

Exp. doba $\approx 125\mu s$

Nemožnosť zachytiť postup vlny



Fotografie zachytávajú integrál celého event-u



R.A. Marshall (2012) An improved model of the lightning electromagnetic field interaction with the D-region ionosphere

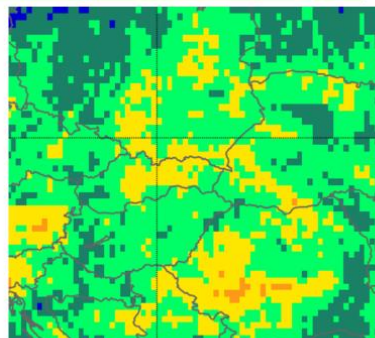
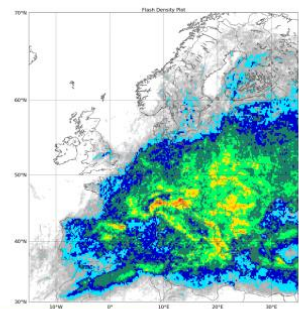
13/2019

ELVES

Spôsoby pozorovania

Výskyt búrok

G. Anderson and D. Klugmann: European lightning density using ATDnet data

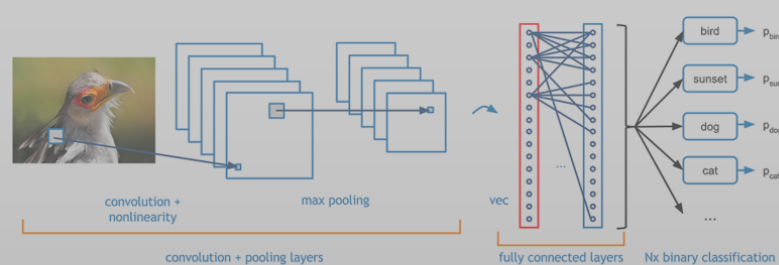


17/2019

ELVES

Návrh pozorovacieho st. v Kolonici

Analýza dát pomocou ML



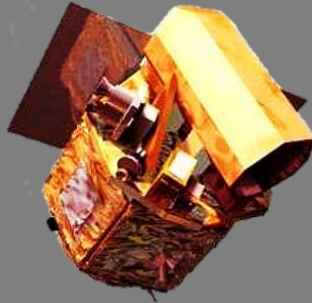
17/2019

ELVES

Vlastné pozorovanie/dátová analýza

Zdroj dát

Formosat - 2



Voľný prístup k dátam?
špecializované vybavenie

Problém s prístupom

Sentinel 3

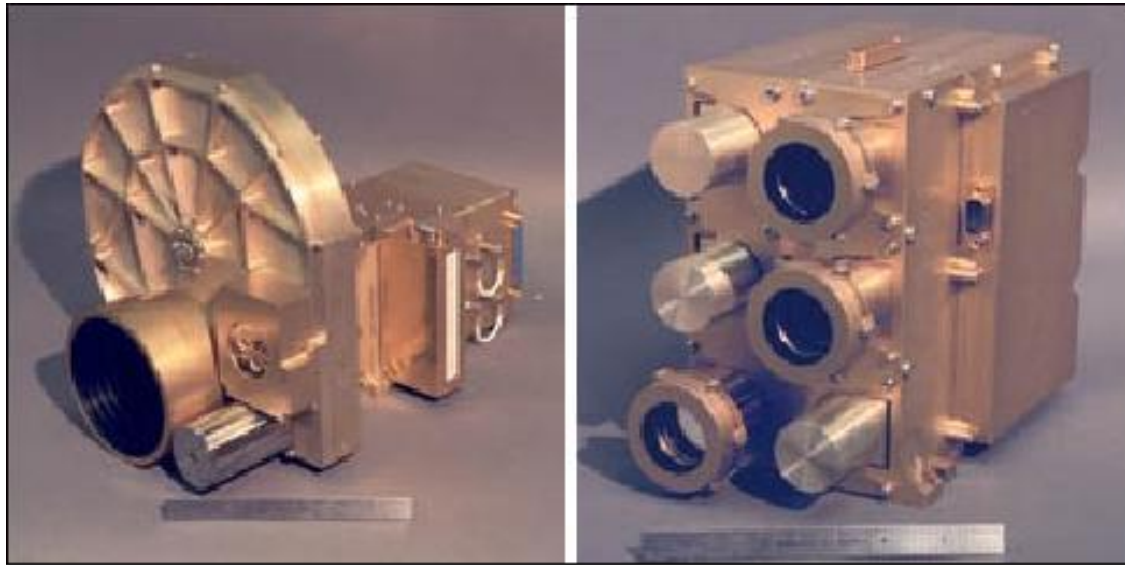


Voľný prístup k dátam
množstvo a kvalita

Neefektivita

Formosat-2

ISUAL = Imager of Sprites and Upper Atmospheric Lightning



Year	Elves	Sprites	Halos	Blue Jets	Gigantic Jets	Total
2004	588	68	67	37	0	760
2005	1420	217	165	124	7	1933
2006	2212	201	258	239	5	2915
2007	2653	255	277	398	6	3589
2008	2643	188	163	507	16	3517
2009	3046	261	218	510	16	4051
2010	3195	250	234	697	16	4392
2011	3394	300	258	718	14	4684
2012	3016	217	190	639	15	4077
2013	937	91	53	370	0	1451
Total (%)	23,104 (73.65)	2,048 (6.53)	1,883 (6.0)	4,239 (13.51)	95 (0.30)	31,369 (100)

Table 5: Number of TLEs observed by ISUAL from 4 July 2004 to 31 May 2013

• Taranis

- MCP,^[5] set of 2 cameras et de 3 photometers, 30 frames/s, 512x512 pixels and measuring the luminance in several spectral bands at high resolution;
- XGRE,^{[6][7]} set of 3 detectors to measure high energy photons (20 keV to 10 MeV) and relativistic electrons (1 MeV to 10 MeV);
- IDEE,^{[8][7]} set of 2 electron detectors to measure their spectrum between 70 keV to 4 MeV together with their pitch angle;
- IME-BF,^[9] low frequency antenna to measure the electric field to a frequency up to 3.3 MHz;
- IME-HF,^[10] high frequency antenna to measure the electric field at frequencies of 100 kHz to 30 MHz;
- IMM,^[11] a tri-axis magnetometer of « search-coil » type to measure the magnetic field.



Mission Transient luminous events (TLEs) and terrestrial gamma-ray flashes (TGFs)

Launch date 2020

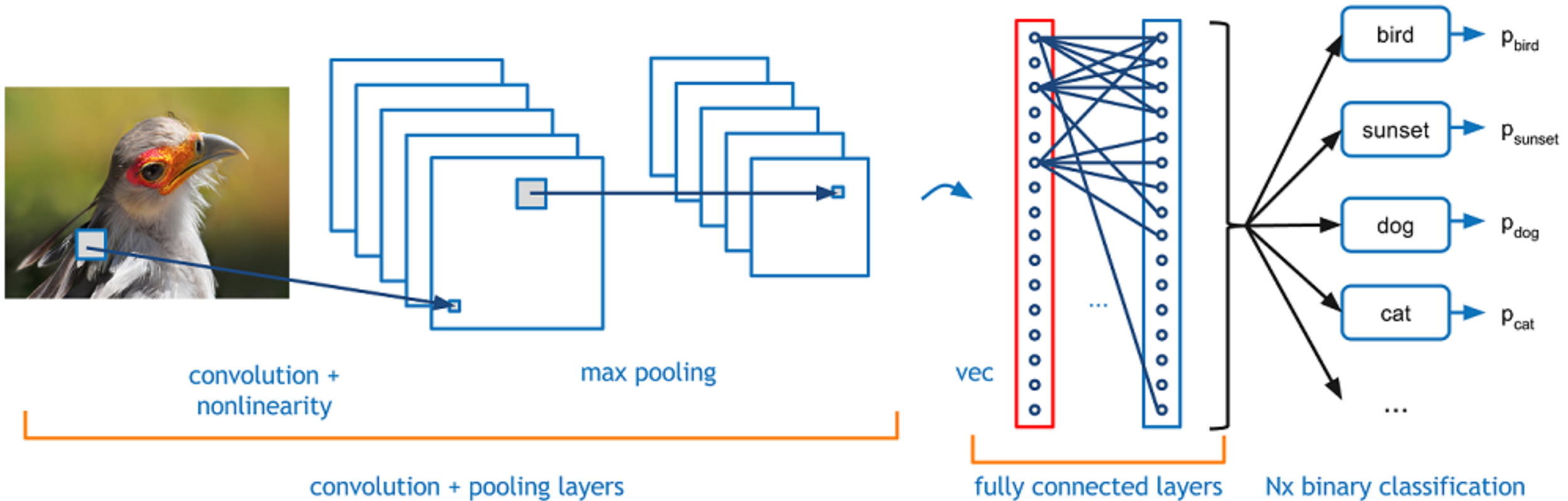
Partners LPC2E, IRAP, APC, LATMOS and CEA/DAM, with contributions from international laboratories

Instruments Cameras and photometers, X-ray and gamma-ray detectors, high-energy electron detectors, electromagnetic sensors, low- and high-frequency antennas to measure electric fields

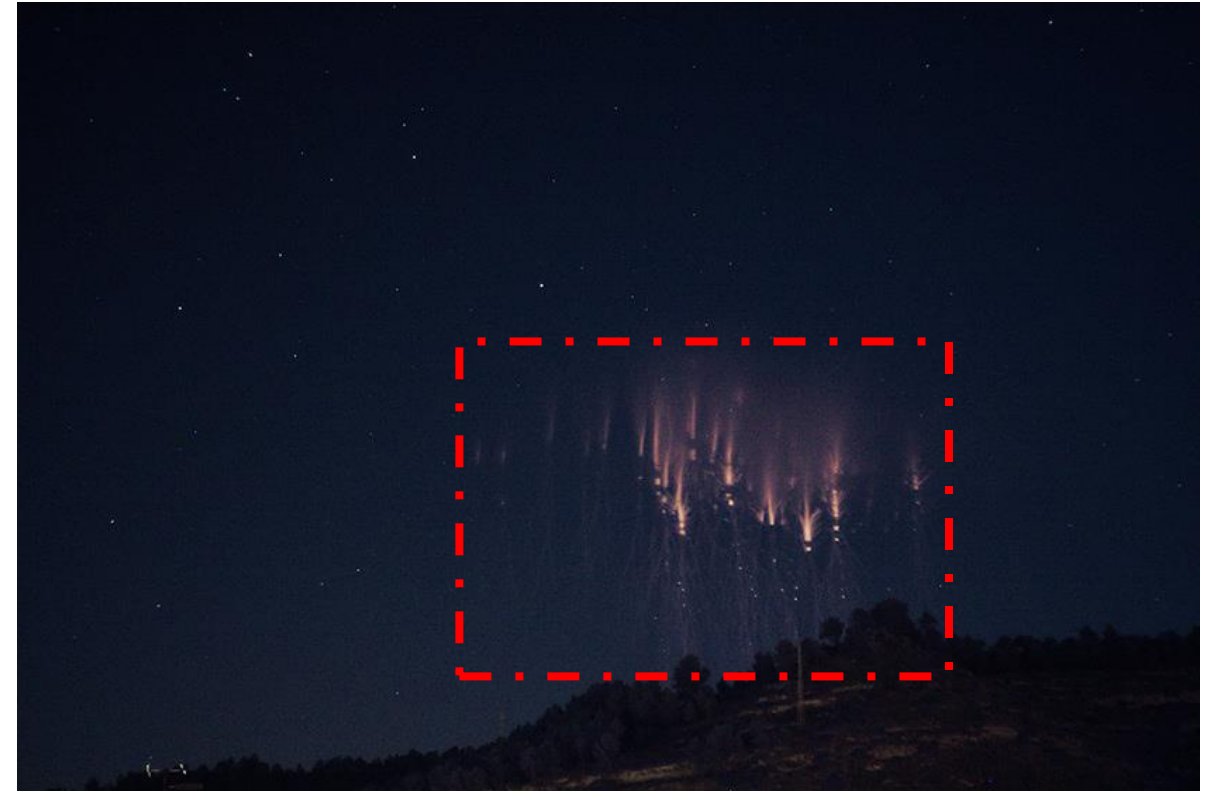
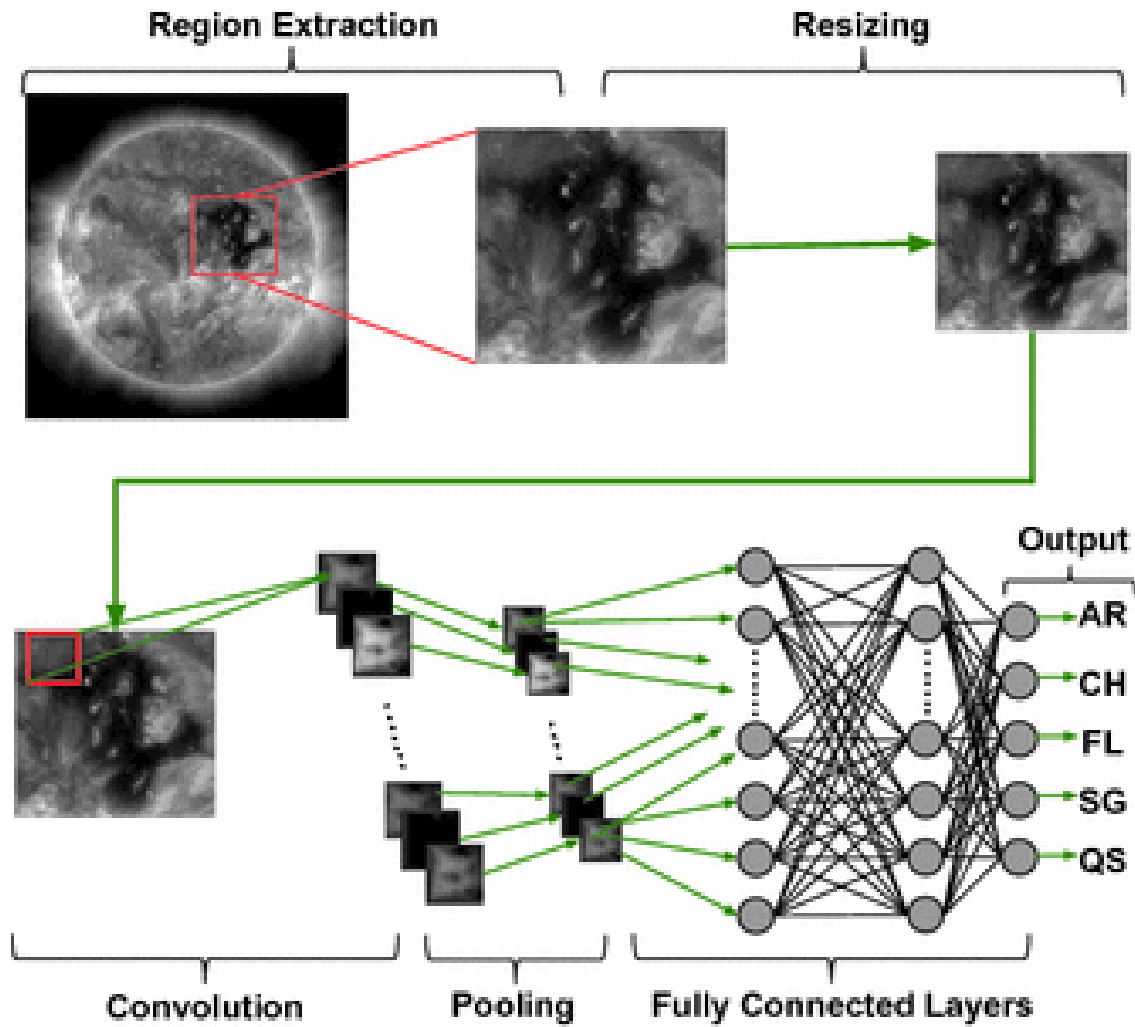
Localisation Sun-synchronous polar orbit

Mission lifetime From 2 to 4 years

Analýza dát pomocou ML

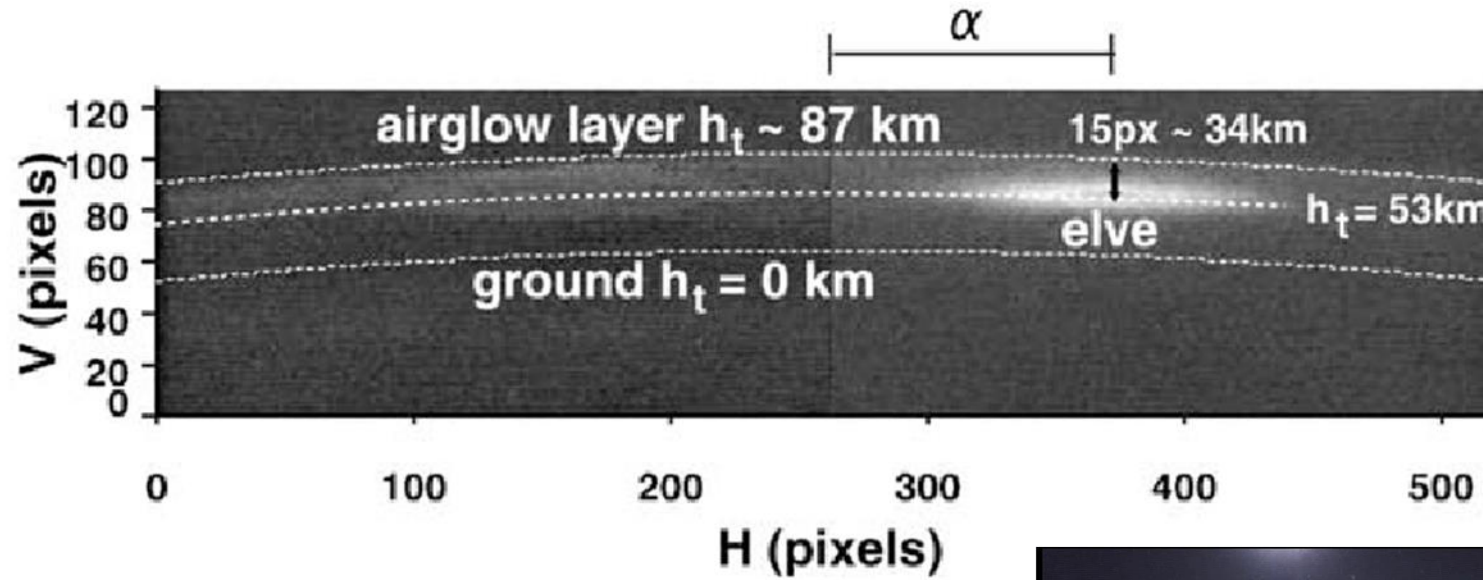


Analýza dát pomocou ML



-18:05:13 -Kolonica
-Sprite -Carrot
-336 km -52km -81 km ...

Data input



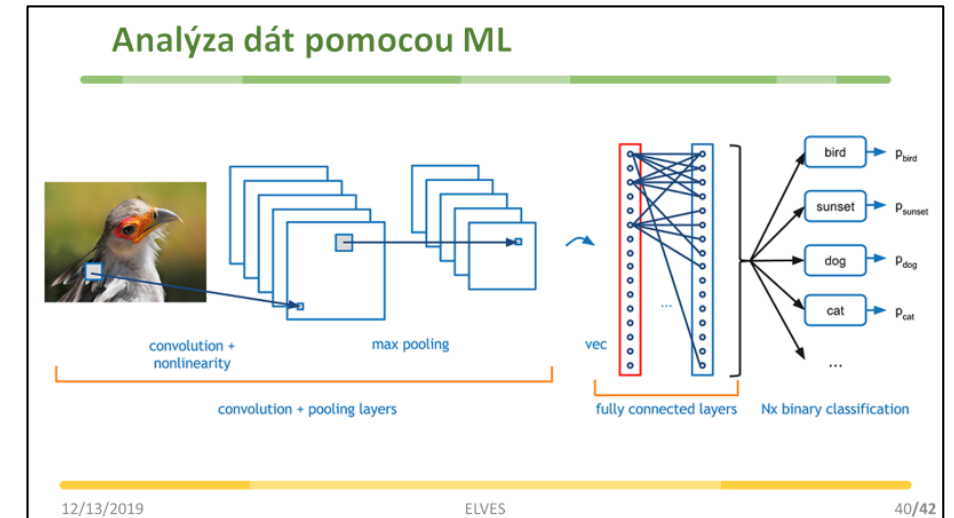
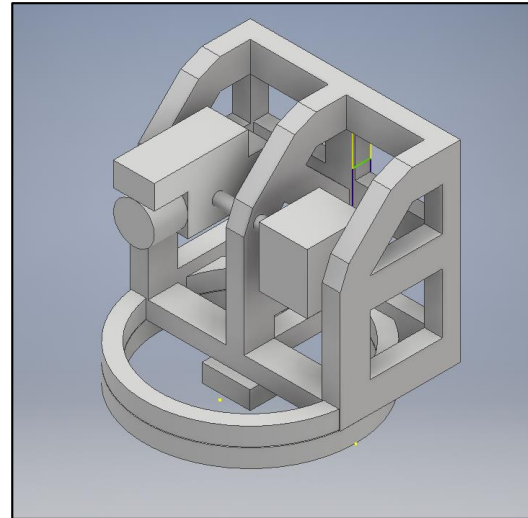
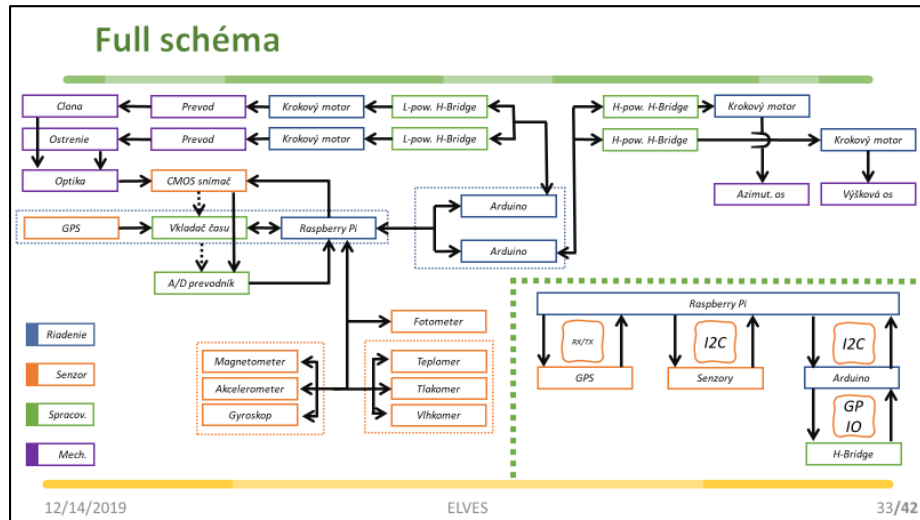
"Váš zdroj informací
na jednom místě"



elf1953.jpg

>

Sumarizácia



The slide features a white background with decorative geometric shapes in the corners. The top-left corner has a red triangle, a blue triangle, and a grey triangle. The top-right corner has a yellow triangle and a blue triangle. The bottom-left corner has a green triangle, a yellow triangle, a grey triangle, and a blue triangle. The bottom-right corner has a grey triangle, a green triangle, a red triangle, and a yellow triangle.

**Ďakujem Vám
za pozornost'**

Appendix



Severná koruna

Drák

Kasiopeja

Malý medveď

Pastier

Arktúr

RA/Dec (J2000,0) kríža:
10h47m37.11s/+57°42'19.6"

0.0°

Žirafa

Perzeus

Poľovné psy

Vlasy Bereniky

Veľká medveď

Capella

Z

SZ

S

◀▶

Snímač č.17: Wat

▶▶

◀▶

Ročníky

▶▶

◀▶

31°17.07' x 29°8.91'

▶▶

◀▶

Škála X: 149.7662"/px

▶▶

◀▶

Škála Y: 123.1624"/px

▶▶

◀▶

Otočenie: 0°

▶▶

◀▶

-15° -5° -1° 0° +1° +5° +15°

▶▶

◀▶

Dalekohľad č.22: Objektív

▶▶

◀▶

Šošovka: žiadna

▶▶

◀▶

Násobnosť: nie je k dispozícii

▶▶

RA/Dec (J2000,0) križa:
11h49m47.70s/+54°07'32.8"

0.0°

Alkaid

Mizar

Alioth

Dubhe

Merak

Velká medvedica

Poľovné psy

31°17.07'x29°8.91'

149.7662"/px x 123.1624"/px



◀ Snímač č.17: Wat ▶

Rozmery:

31°17.07'x29°8.91'

Škála X: 149.7662"/px

Škála Y: 123.1624"/px

Otočenie: 0°

-15° -5° -1° 0° +1° +5° +15°

◀ Ďalekohľad č.22: Objektiv ▶

◀ Šošovka: žiadna ▶

Násobnosť: nie je k
dispozícii

RA/Dec (J2000,0) križa:
1h13m56.49s/+49°56'18.6"

0.0°



◀ Snímač č.17: Wat ▶
Rozmery:
31°17.07'×29°8.91'
Škála X: 149.7662"/px
Škála Y: 123.1624"/px
Otočenie: 0°
-15° -5° -1° 0° +1° +5° +15°
◀ Ďalekohľad č.22: Objektiv ▶
◀ Šošovka: žiadna ▶
Násobnosť: nie je k
dispozícii

Žirafa

Caph

Navi
Kasiopeja

Shedar

Perzeidy



Androméda

Mirach

Almach

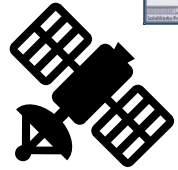
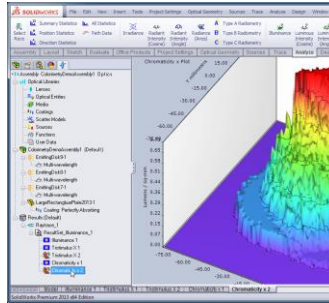
Mirfak

Alpheratz

31°17.07'×29°8.91'

149.7662"/px × 123.1624"/px

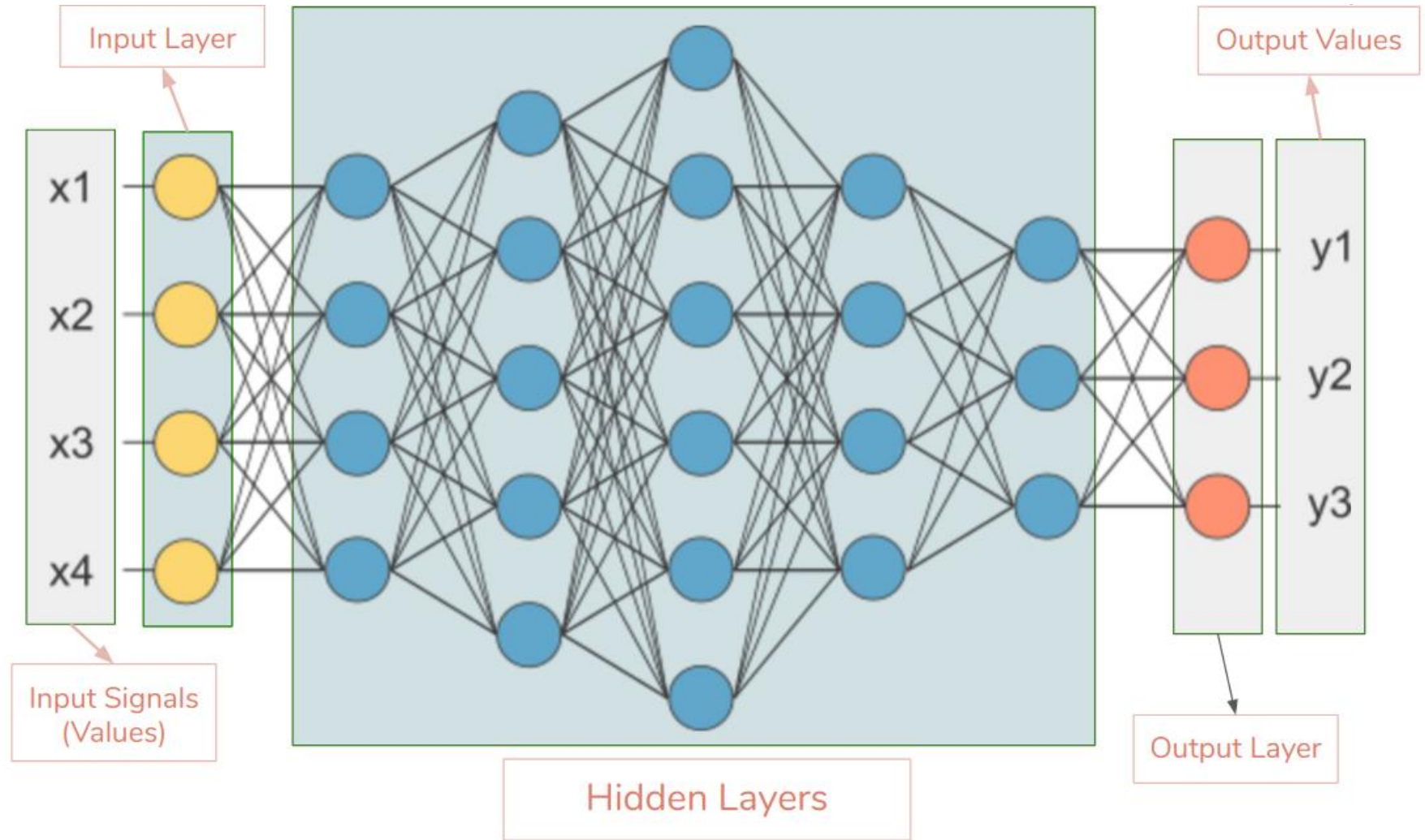
$$\Theta = 31^{\circ}40'$$



$$\Theta = 16^{\circ}30'$$



$$\varphi = 0^{\circ}1'11''$$



Kevin-Druis. (2017), SIMULATED ELVES FOR TUS, MINI-EUSO AND EUSO-SPB2

Čo sú „Elfovia“ ?

ELVES

Emission of Light and Very Low Frequency perturbations due to Electromagnetic Pulse Sources



13/2019

ELVES

Teória okolo ELVES

Spôsob pozorovania



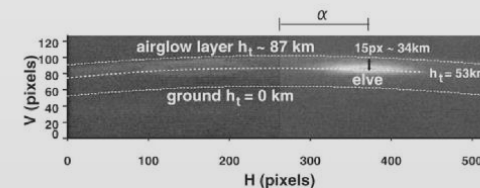
Doba trvania $\approx 100\mu s$

Exp. doba $\approx 125\mu s$

Nemožnosť zachytiť postup vlny



Fotografie zachytávajú integrál celého event-u



R. A. Marshall (2012) An improved model of the lightning electromagnetic field interaction with the D-region ionosphere

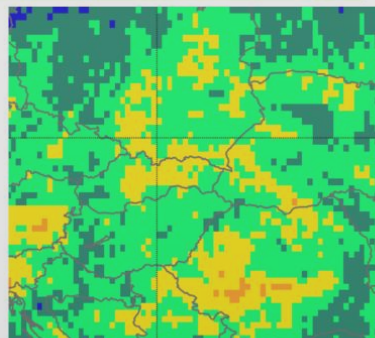
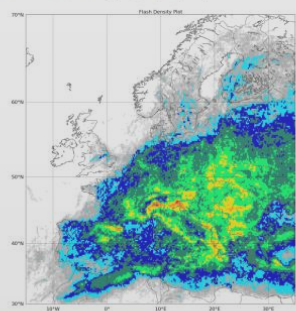
13/2019

ELVES

Spôsoby pozorovania

Výskyt búrok

G. Anderson and D. Klugmann: European lightning density using ATDnet data

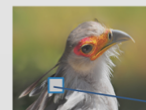


17/2019

ELVES

Návrh pozorovacieho st. v Kolonici

Analýza dát pomocou ML



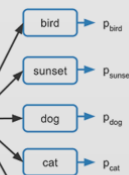
convolution + nonlinearity

max pooling

convolution + pooling layers

fully connected layers

Nx binary classification

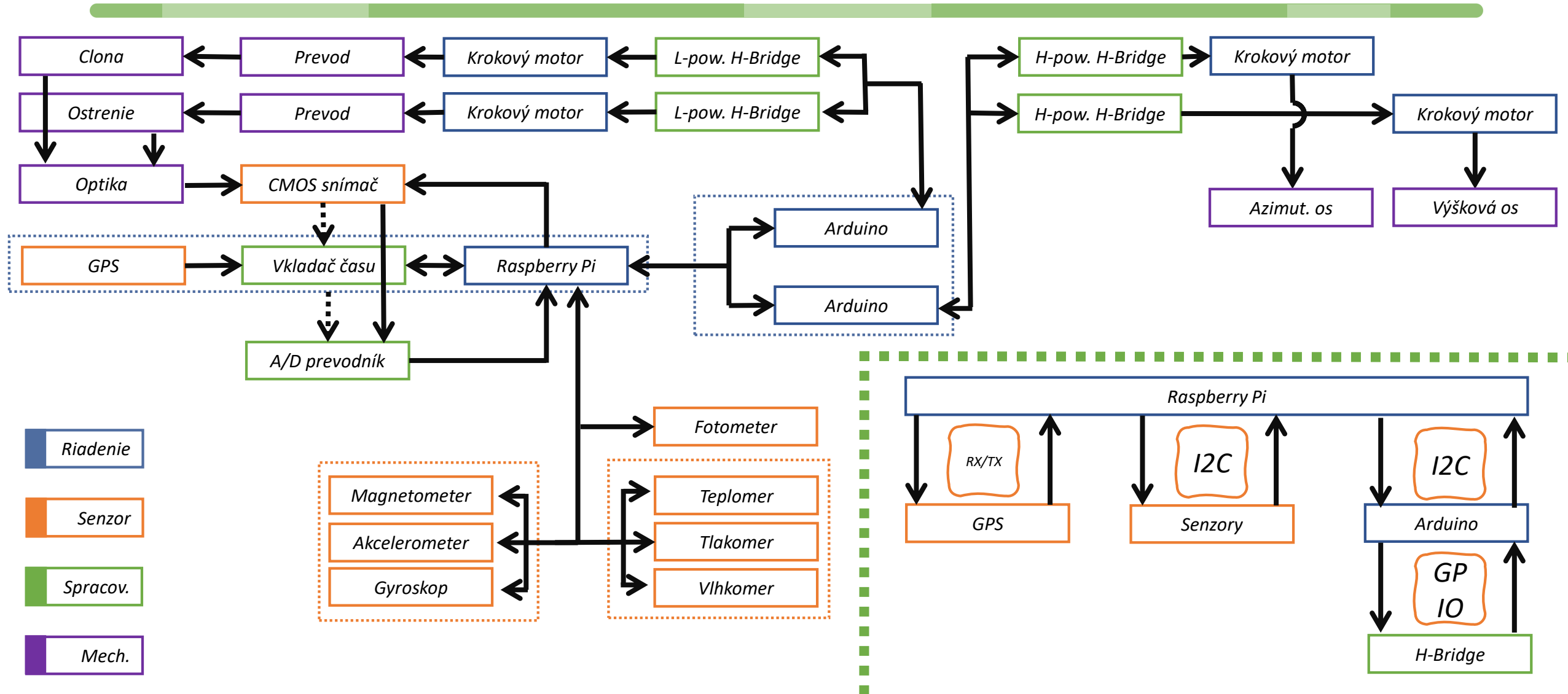


17/2019

ELVES

Vlastné pozorovanie/dátová analýza

Full schéma



Senzory

<https://arduino-shop.cz/arduino/1261-rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-at24c32-iic-pametovy-modul-pro-arduino.html>



<https://arduino-shop.cz/arduino/1361-bme280-modul-mereni-teploty-vlhkosti-a-barometrickeho-tlaku-precizni.html>



<https://arduino-shop.cz/arduino/1330-9dof-gyroskop-akcelerometr-magnetometr-mpu-9250-spi-iic-modul-pro-arduino.html>



<https://arduino-shop.cz/arduino/1194-arduino-kompas-hmc5883l.html>



<https://thepihut.com/products/rasclock-raspberry-pi-real-time-clock-module-v3-0>



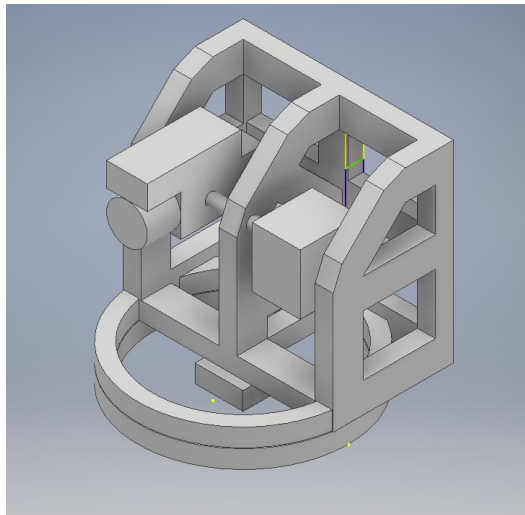
<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/GlobalTop-FGPMMA6H-Datasheet-V0A.pdf>



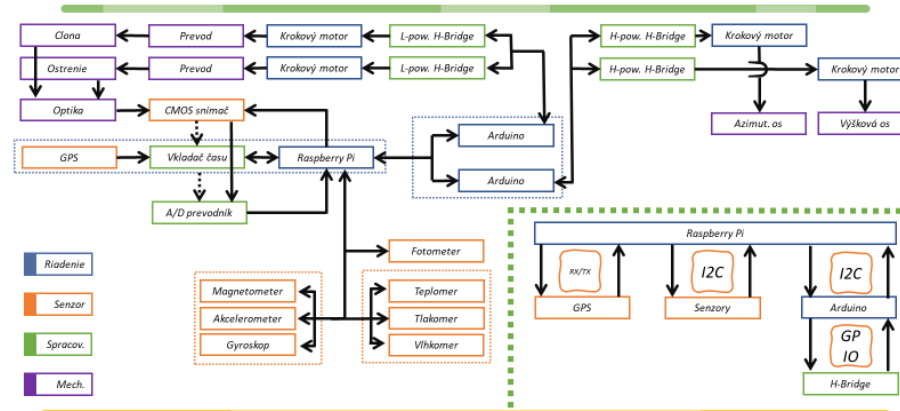
<http://www.watec-shop.com/en/products/monochrome-cameras/wat-910hx-rc-remote-9.html>



Sumarizácia



Full schéma

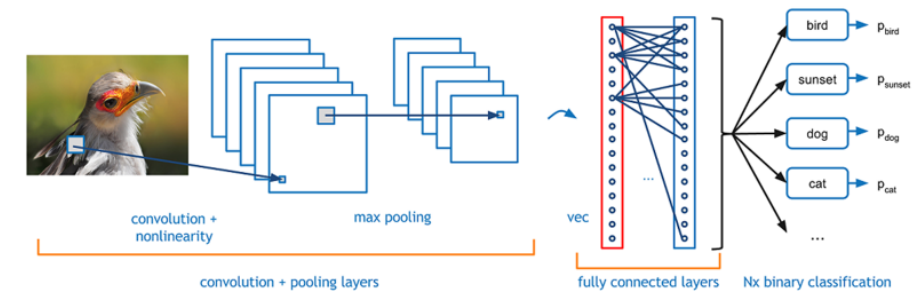


12/14/2019

ELVES

33/42

Analýza dát pomocou ML



12/13/2019

ELVES

40/42

Krátko o mne...

