

Hvizdové vlny pozorované družicí DEMETER

Jan Záhlava

7. ČSSVK, Praha

24.5.2016

Úvod

- Práce plynule navazuje na výzkum publikovaný v článku
Záhlava, J., F. Němec, O. Santolík, I. Kolmašová, M. Parrot, C.J. Rodger (2015), Very low frequency radio events with a reduced intensity observed by the low-altitude DEMETER spacecraft, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 120, 9781-9794, doi:10.1002/2015JA021607.
- Výsledky již byly prezentovány na mezinárodních konferencích
(**poster**) (IUGG 2015): Relation of lightning generated whistlers to the overall VLF wave intensity
(**oral**) (EGU 2016): Evaluating the effects of lightning-generated whistlers observed by the DEMETER spacecraft

Úvod

- Hvizdové vlny pocházející z bleskové aktivity významně přispívají k celkové intenzitě vln v magnetosféře Země
- Také hrají důležitou roli při formování Van Allenových pásů
- Jejich efekt ještě nebyl kompletně zmapován

Vznik hvizdů

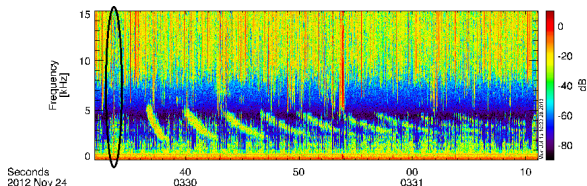
- Šíření elektromagnetických vln v disperzním prostředí

$$v_g(\omega) = \frac{\partial \omega}{\partial k} = \frac{2c\sqrt{\Omega_e}}{\Pi_e} \sqrt{\omega}$$

- Vlny na různých frekvencích se šíří jinak dlouho

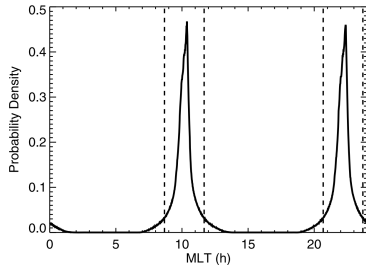
$$T = \int \frac{ds}{v_g} = \frac{D}{\sqrt{\omega}}$$

- Vyšší frekvence dorazí dříve
- Delší dráha znamená větší ohnutí (disperzi)



Družice DEMETER

- Polární orbit ve výšce ≈ 660 km
- Orbit synchronizován se Sluncem
⇒ Dva intervaly v lokálním čase
≡ DEN a NOC
- Širokopásmové měření elektromagnetického pole
- Měření toků energetických elektronů
- > 5 let měření

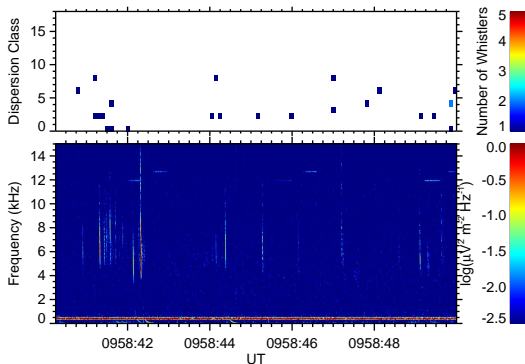


(Němec a kol., JGR, 2010)

Detekce hvizdů

- Na palubě umístěná neuronová síť
- Počty hvizdů v jednotlivých disperzních třídách
- Dobré časové rozlišení (0.1 s)
- Údajná úspěšnost detekce 90%

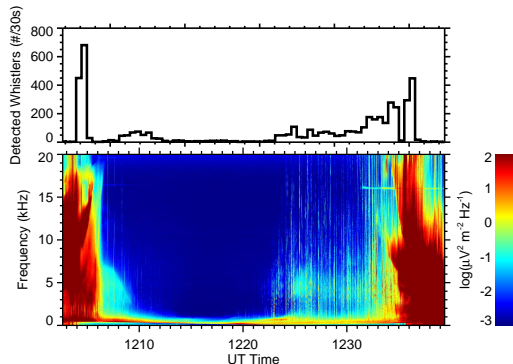
Příklad fungování neuronové sítě



(Nahoře) Počty hvizdů jako funkce času a disperzní třídy

(Dole) Frekvenčně-časový spektrogram fluktuací elektrického pole

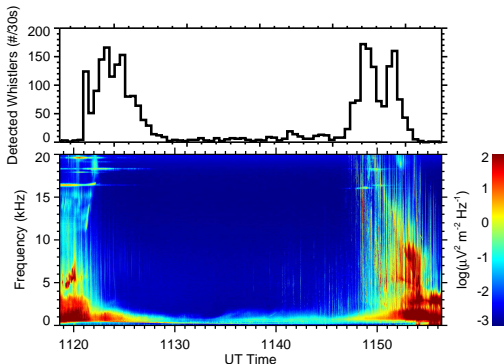
Celková úspěšnost během jednoho půl-orbitu



(Nahoře) Počty hvízdů detekovaných během 30 s intervalů

(Dole) Frekvenčně-časový spektrogram fluktuací elektrického pole

Celková úspěšnost během jednoho půl-orbitu

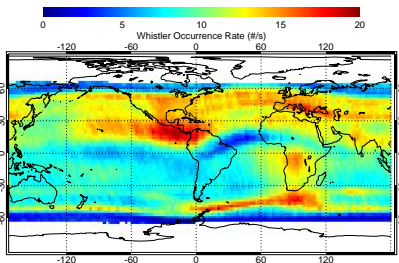


(Nahoře) Počty hvízdů detekovaných během 30 s intervalů

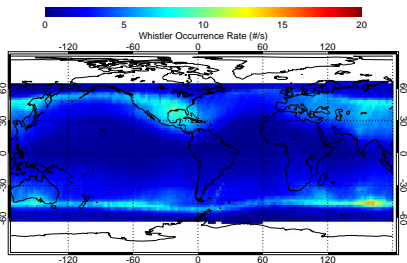
(Dole) Frekvenčně-časový spektrogram fluktuací elektrického pole

Mapy výskytu hvizdů (Den vs Noc)

- Geomagnetické mapy výskytu hvizdů
- Vyšší hvizdová aktivita během noci
 - 1) více blesků, 2) lepší šíření skrz ionosféru



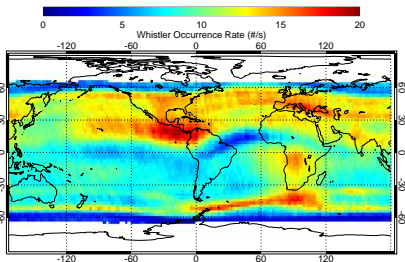
Léto, Noc



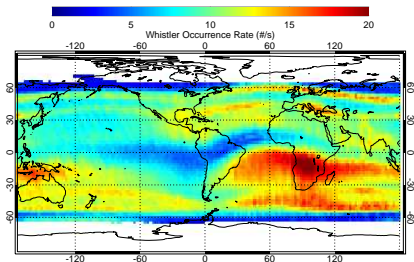
Léto, Den

Mapy výskytu hvizdů (Léto vs Zima)

- Geomagnetické mapy výskytu hvizdů
- Podobné sezónní chování jako blesky - více během léta

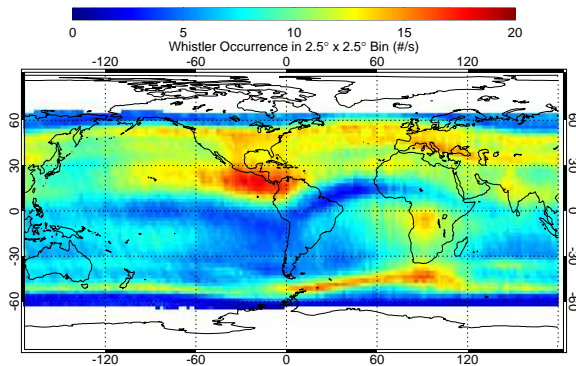


Léto, Noc



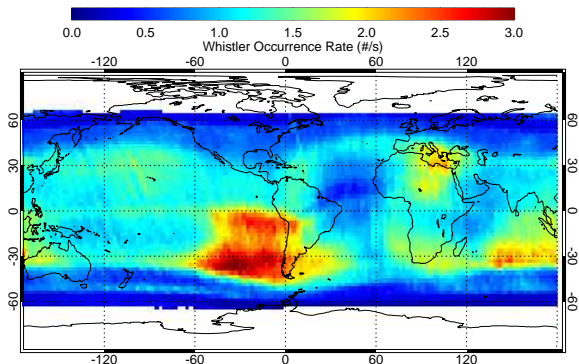
Zima, Noc

Mapa výskytu hvízdů (Nízká disperze)



Geomagnetická mapa relativního výskytu hvízdů (léto, noc)

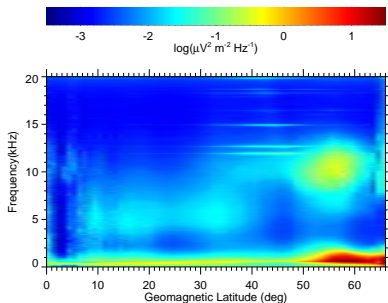
Mapa výskytu hvízdů (Střední disperze)



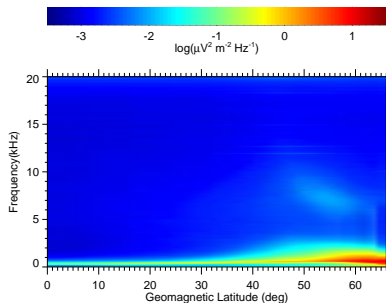
Geomagnetická mapa relativního výskytu hvízdů (léto, noc)

- Nižší výskyt hvízdů s vyššími disperzemi

Intenzita pozorovaných vln (Den)

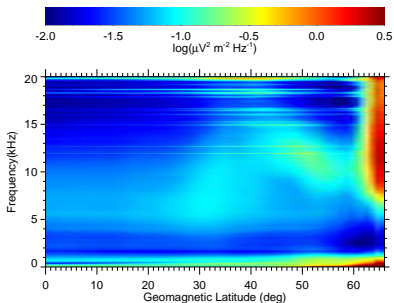


VYSOKÝ výskyt 0+ hvízdů

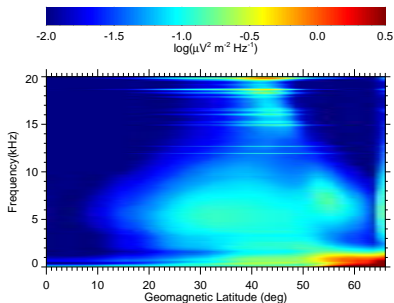


NÍZKÝ výskyt 0+ hvízdů

Intenzita pozorovaných vln (Noc)



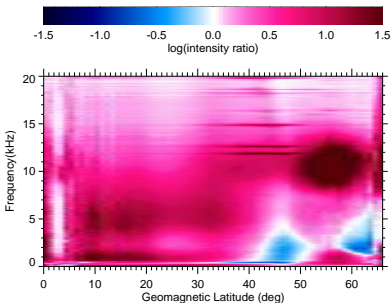
VYSOKÝ výskyt 0+ hvízdů



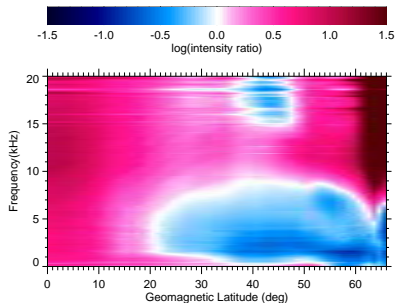
NÍZKÝ výskyt 0+ hvízdů

Poměr intenzity - Vysoká / Nízká hvizdová aktivita

- **Fialová:** Více hvízdů spolu s vyšší intenzitou
- **Modrá:** Málo hvízdů spolu s vyšší intenzitou



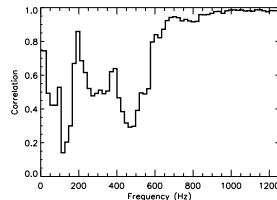
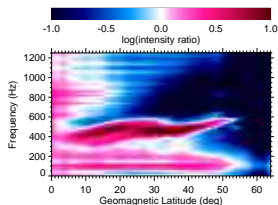
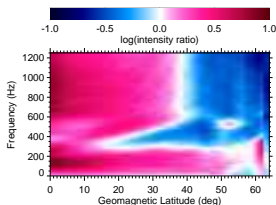
Poměr během dne



Poměr během noci

Směry šíření vln (DEN)

- Máme informaci o dominantním směru šíření vln (Nahoru/Dolů)



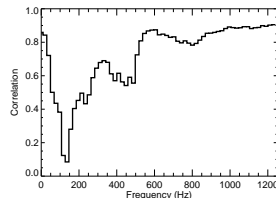
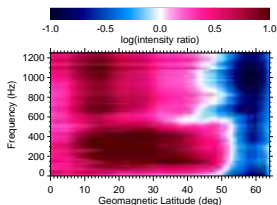
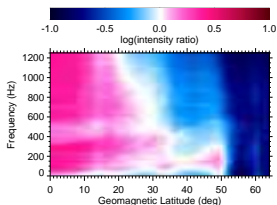
(Vlevo) Nízkofrekvenční výřez VLF poměrů

(Střed) Poměr mediánové elektrické intenzity vln šířících se Nahoru/Dolů

(Vpravo) Korelace mezi **Levou** a **Střední** částí přes geomagnetické šířky

Směry šíření vln (NOC)

- Máme informaci o dominantním směru šíření vln (Nahoru/Dolů)



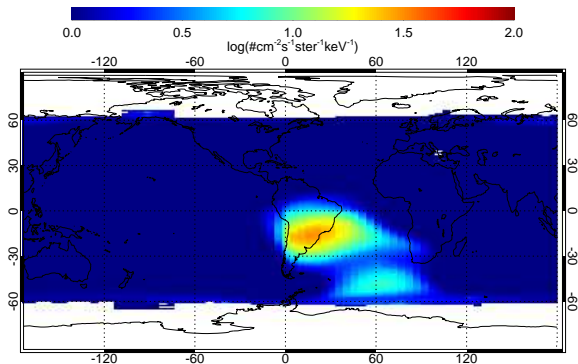
(Vlevo) Nízkofrekvenční výřez VLF poměrů

(Střed) Poměr mediánové elektrické intenzity vln šířících se Nahoru/Dolů

(Vpravo) Korelace mezi **Levou** a **Střední** částí přes geomagnetické šířky

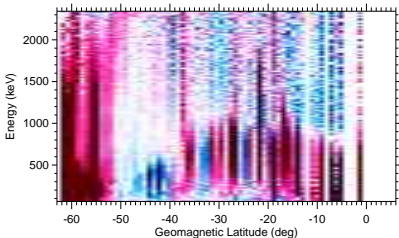
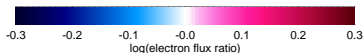
Toky energetických elektronů

- Geomagnetická mapa toků energetických elektronů
- Během dne a nízké hvizdové aktivity
- Zajímavé pouze v okolí Jihoatlantické anomálie (JAA)

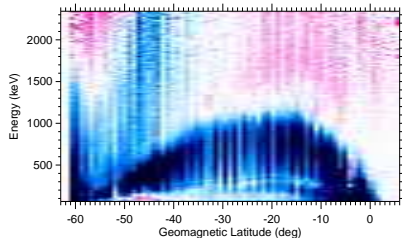
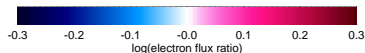


Toky energetických elektronů - JAA

■ Poměr toků (Vysoká / Nízká hvizdová aktivita)



Denní orbity



Noční orbity

Závěr

- Mapy hvizdové aktivity získané z dat neuronové sítě korespondují s geografickým rozložením blesků
- Byly nalezeny intervaly ve frekvenci a geomagnetické šířce, kde je příspěvek hvizdů dominantní
- Výsledky jsou konzistentní s analýzou pomocí směru šíření vln v pásmu extrémně nízkých frekvencí (do 1250 Hz)
- Na některých energiích jsou toky energetických elektronů v oblasti JAA nižší během vysoké hvizdové aktivity

Děkuji za pozornost.