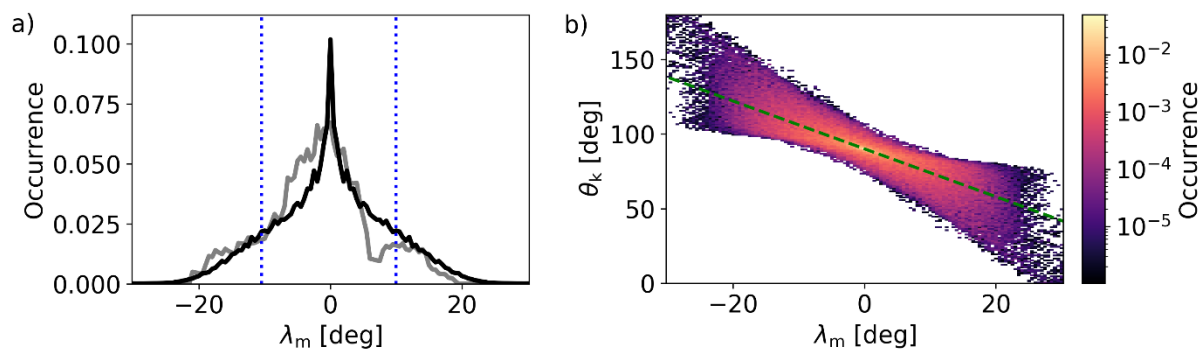


Výsledky oddělení kosmické fyziky Ústavu fyziky atmosféry AV ČR zveřejněné v roce 2022

1. Statistický rozbor vlnových charakteristik rovníkového šumu pozorovaného na nízkých nadmořských výškách

Rovníkový šum je elektromagnetická emise s čárovým spektrem vyskytující se převážně v blízkosti geomagnetického rovníku na radiálních vzdálenostech od 2 do 8 zemských poloměrů. Zde jsme se zaměřili na vzácné případy výskytu rovníkové šumu na ionosférických výškách během časových úseků se zvýšenou geomagnetickou aktivitou. Využili jsme měření komponent elektromagnetických signálů z celé mise družice DEMETER (2004-2010) a vypracovali statistický rozbor vlnových charakteristik. Ukázali jsme, že poblíž Země tyto emise vykazují vyšší rozptyl v šířkách než na větších radiálních vzdálenostech a že směr vlnové normály se významně odchyluje od směru kolmému na místní magnetickou siločáru. Tyto výsledky byly srovnány s paprskovými simulacemi, v nichž se hvizdové vlny s na počátku téměř kolmými vlnovými vektory šíří na nízké nadmořské výšky a nabývají vlnové vlastnosti v souladu s pozorováními. Pomocí nelineárního fitu simulovaného rozdělení dopadajících paprsků v šířkách na pozorované šířkové rozdělení jsme odhadli rozdělení úhlů vlnové normály ve zdroji. Předpokládané Gaussovo rozdělení poskytuje nejlepší shodu pro směrodatnou odchylku 2° od kolmému směru. Paprsková analýza dále ukázala, že malé počáteční výchylky z meridionální roviny mohou během šíření prudce narůst a vést k odrazu paprsků před dosažením orbitální výšky DEMETER.



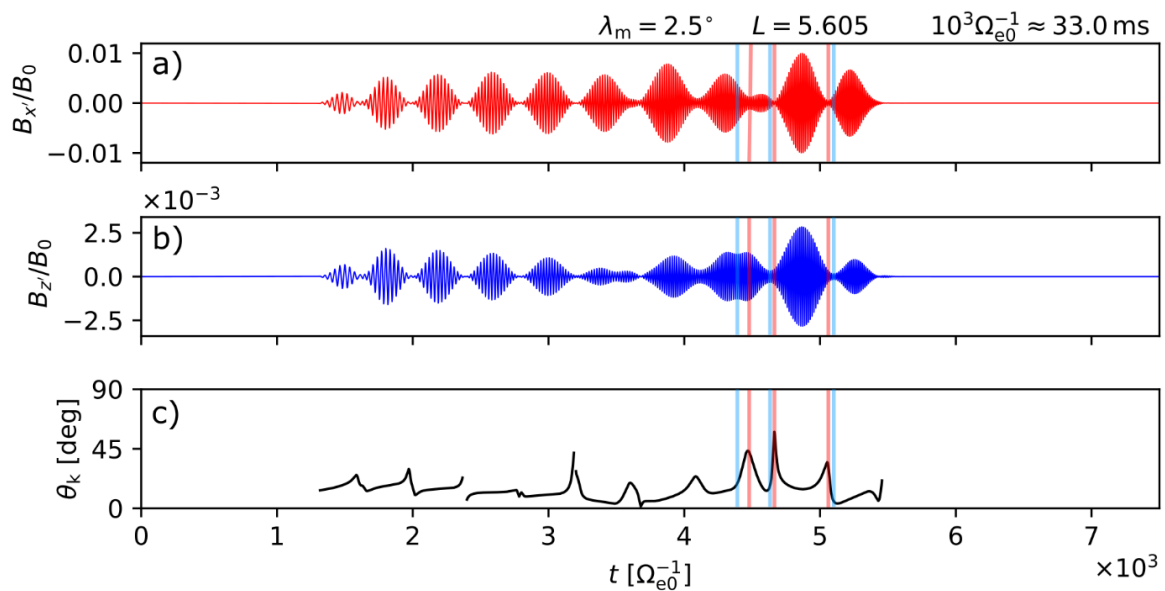
a) Rozdělení rovníkového šumu v magnetických šířkách z pozorování družice DEMETER (šedá křivka) ve srovnání s rozdělením dopadajících paprsků ze simulace (černá křivka). Modré tečkované čáry představují kvartily simulovaného rozdělení. b) Rozdělení dopadajících paprsků v šířkách a úhlu vlnové normály. Zelená čárkovaná čára představuje vážený lineární fit.

Reference:

Hanzelka, M., Němec, F., Santolík, O., & Parrot, M. (2022). Statistical analysis of wave propagation properties of equatorial noise observed at low altitudes. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127. doi:10.1029/2022JA030416.

2. Vliv hustotních filamentů v magnetizovaném studeném plazmatu na jemnou strukturu choru

Chorus, elektromagnetická emise ve hvizdovém módu, jež představuje jeden z hlavních mechanismů pro urychlování a vysypávání elektronů v radičním pásu, vykazuje silné modulace amplitudy na škálách milisekund. Tyto modulace-balíčky jsou doprovázeny rychlými změnami v úhlu vlnové normály. Porozumění vývoji vlnových charakteristik uvnitř jednotlivých elementů choru je zásadní pro modelování nelineárních interakcí mezi chorem a elektrony; původ těchto prudkých změn je však nejasný. Zde navrhuje, že tyto variace jsou důsledkem šíření v úzkých nárůstech hustoty studeného plazmatu natažených podél siločar geomagnetického pole (hustotní ducty), jež zapříčiňují rozdílné modulace obálky paralelní a kolmé komponenty magnetického pole vlny. Ukazujeme, že vlnové simulace na pozadí protkaném hustotními filamenti předpovídají vývoj vlnového vektoru a amplitudy ve shodě s pozorováními na družicích Van Allen Probes. Dále demonstrujeme, že často předpokládané široké ducty, v nichž lze šíření vln simulovat paprskovými metodami, nedokáží vysvětlit pozorované chování. Tímto nepřímou dokazujeme přítomnost hustotních fluktuací natažených podél pole na škálách srovnatelných s vlnovou délkou.



Výsledky vlnové simulace modulovaného elementu choru s rostoucí frekvencí šířícího se od rovniku uvnitř úzkých hustotních nárůstů natažených podél pole. a,b) Vlnové formy paralelní a kolmé komponenty magnetického pole zaznamenané simulační sondou na šířce 2.5° . Modré a červené vodorovné čáry ukazují rozdílnou polohu amplitudových minim posledních tří balíčků. c) Úhel vlnové normály vypočtený z vlnových forem v předchozích panelech. Největší odchylky od paralelního šíření se vyskytují v místech, kde se modulace amplitudy magnetických komponent nejvíce odlišují.

Reference:

Hanzelka, M., & Santolík, O. (2022). Effects of Field-Aligned Cold Plasma Density Filaments on the Fine Structure of Chorus. *Geophysical Research Letters*, 49. doi:10.1029/2022GL101654.

Souvějící reference:

Hartley, D. P., Chen, L., Christopher, I. W., Kletzing, C. A., Santolík, O., Li, W., & Shi, R. (2022). The angular distribution of lower band chorus waves near plasmaspheric plumes. *Geophysical Research Letters*, 49. doi:10.1029/2022GL098710.

Hartley, D. P., Christopher, I. W., Kletzing, C. A., Kurth, W. S., **Santolík, O., Kolmašová, I.**, et al. (2022). Quantifying the sheath impedance of the electric double probe instrument on the Van Allen Probes. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127. doi:10.1029/2022JA030369.

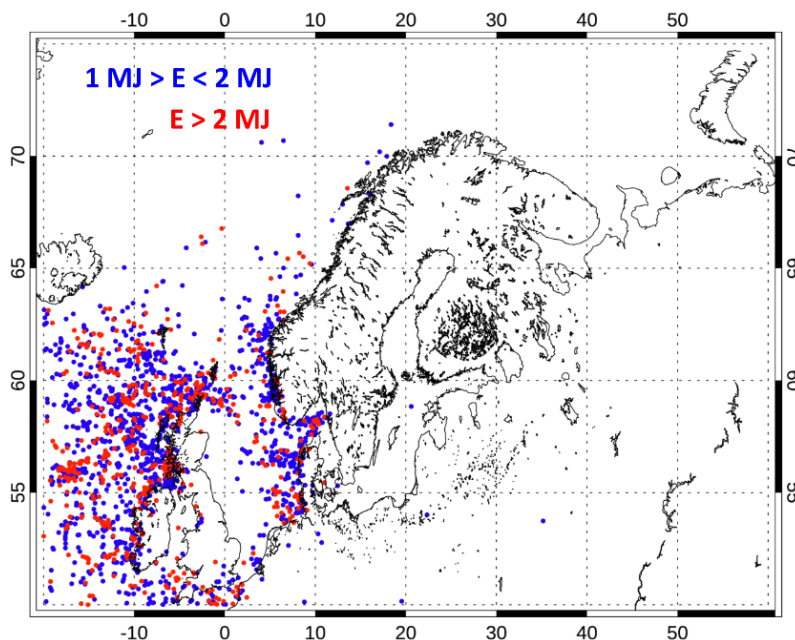
Dahmen, N., Sicard, A., Brunet, A., **Santolík, O.**, Pierrard, V., Botek, E., et al. (2022). FARWEST: Efficient computation of wave-particle interactions for a dynamic description of the electron radiation belt diffusion. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127. doi:10.1029/2022JA030518

Rae, J., Forsyth, C. Dunlop, M., Palmroth, M. Lester, M. Friedel, R., ..., **Santolík, O.** et al. (2022), What are the fundamental modes of energy transfer and partitioning in the coupled Magnetosphere-Ionosphere system?, *Experimental Astronomy*. doi:10.1007/s10686-022-09861-w.

Miyoshi, Y., Shinohara, I., Ukhorskiy, S., Claudepierre, S.G., Mitani, T., Takashima, T., Hori, T., **Santolík, O., Kolmašová, I.**, et al. (2022), Collaborative Research Activities of the Arase and Van Allen Probes, *Space Science Reviews*, 218:38. doi:10.1007/s11214-022-00885-4.

3. Blesková aktivita v severní Evropě během bouřlivé zimy: změny počasí, které mají původ v globálních klimatických jevech

Prozkoumali jsme vlastnosti více než devadesáti tisíc blesků, které udeřily v severní Evropě během neobvykle bouřlivé zimy 2014/2015 a byly detekovány celosvětovou bleskovou detekční sítí World Wide Lightning Location Network (WWLLN). Bouřkové dny, definované jako dny s výskytem alespoň dvou blesků v oblasti o rozměrech $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, se objevily přibližně pětikrát častěji než v zimních měsících let 2008-2017. Počet zimních blesků byl ve sledované zimě asi čtyřikrát vyšší, než je dlouhodobý medián vypočítaný za poslední desetiletí. V chladnějších zimních měsících (prosinci, lednu a únoru) byla průměrná energie detekovaných blesků o dva řády vyšší, než je globální průměrná energie blesků zaznamenaných sítí WWLLN (1 kJ). Ukázali jsme také, že se zimní superblesky s vyzářenou elektromagnetickou energií nad 1 MJ objevují převážně v noci a v ranních hodinách, přičemž rozložení všech detekovaných blesků bylo během dne a noci téměř rovnoměrné. Největší hustota blesků byla nad oceánem v blízkosti západního pobřeží. Neobvykle vysoký počet zimních blesků a jejich vyšší energie v zimě 2014/2015 naznačují, že pravděpodobně došlo velmi efektivnímu nabíjení zimních bouřkových oblaků ve východní části severního Atlantiku, a to zejména na hranici moře a pevniny. Porovnáním s ostatními zimami v poslední dekádě jsme zjistili, že nadměrný počet blesků nelze vysvětlit pouze neobvykle vysokou teplotou povrchu mořské hladiny související s pozitivní fází klimatického jevu zvaného Severoatlantická oscilace. Ke zvýšené efektivitě nabíjení bouřkových oblaků mohlo přispět i zesílené vzestupné proudění, které doprovází nástupovou fází jevu El Nino. Předpokládáme, že k pozorované enormní produkci blesků v zimě 2014/2015 mohla být zapotřebí kombinace obou těchto klimatických jevů.



Poloha superblesků - blesků s vyzářenou elektromagnetickou energií nad 1MJ (blesky s energií 1-2 MJ jsou znázorněny modrými body a blesky s energií nad 2 MJ jsou znázorněny červenými body).

Reference:

Kolmašová, I., Santolík, O., and Rosická, K. (2022), Lightning activity in northern Europe during a stormy winter: disruptions of weather patterns originating in global climate phenomena, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 3379-3389. doi:10.5194/acp-22-3379-2022.

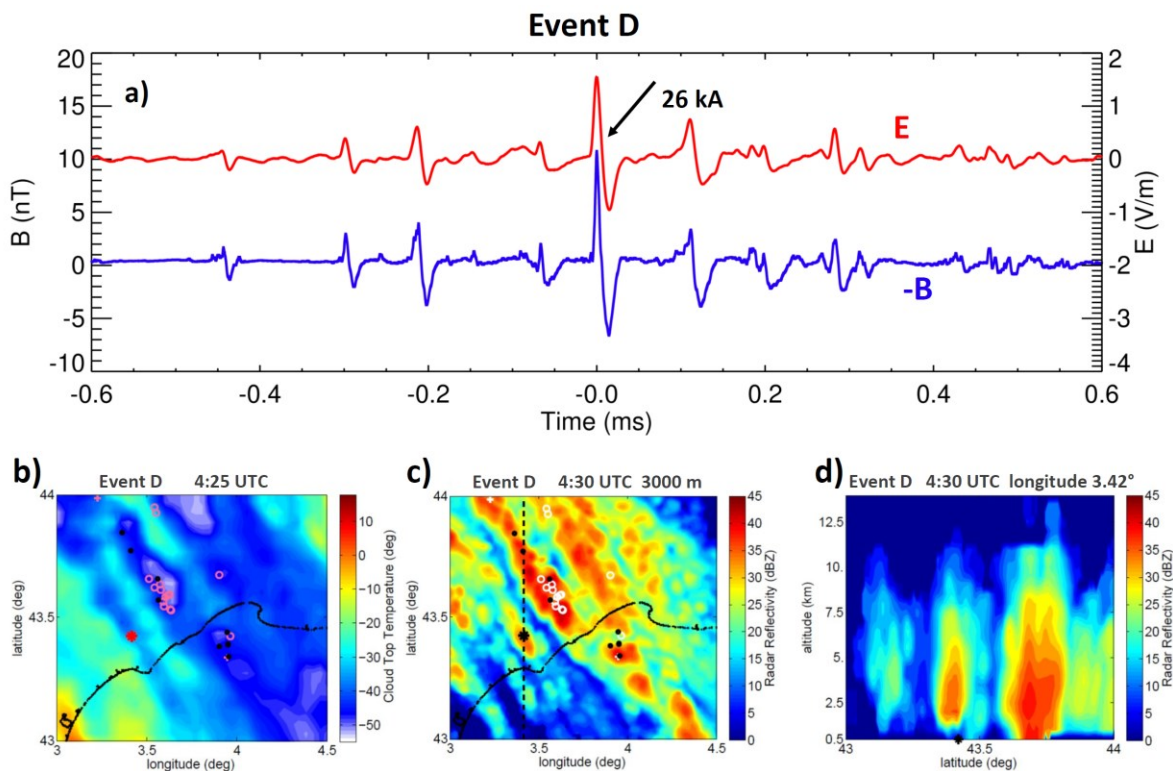
Související reference:

Peterson, M. J., Lang, T. J., Logan, T., Wee Kiong, C., Gijben, M., Holle, R., **Kolmašová, I.**, Marisaldi, M., Montanya, J., Pawar, S. D., Zhang, D., Brunet, M. and Cerveny, R. S. (2022), New WMO Certified Megafash Lightning Extremes for Flash Distance (768 km) and Duration (17.01 seconds) Recorded from Space, *Bulletin of the American Meteorological Society*. doi:10.1175/BAMS-D-21-0254.1.

4. Silné elektromagnetické pulsy emitované bleskovými výboji vznikajícími ve frontálním systému s několika řadami lineárně organizovaných bouřkových buněk

Zkombinovali jsme elektromagnetická měření s meteorologickými daty a s údaji z bleskové detekční sítě, abychom vysvětlili pozorování neobvykle silných elektromagnetických iniciačních pulsů emitovaných blesky vznikajícími 19. června 2013 v bouřkovém systému nad pobřežím Středozemního moře. Bouřkový systém byl složen z několika paralelních skupin bouřkových buněk lineárně organizovaných ve směru JZ-SV. Zaměřili jsme se na analýzu deseti sekvencí silných elektromagnetických iniciačních pulzů zaznamenaných dvěma přijímači umístěnými v různých vzdálenostech od zkoumané bouřky. Tyto silné pulsy byly generovány vnitrooblačovými proudy o velikosti až 36 kA, což odpovídá velikosti proudu v průměrně silném bleskovém výboji mívajícím z oblaku do země. Polarita všech pozorovaných iniciačních pulzů byla konsistentní s pohybem záporného náboje směrem dolů, stejně jako v případě iniciačních pulzů předcházejících záporným výbojům oblak-země. Silné vnitrooblačové výboje se objevily v oblastech s nulovou nebo velmi

slabou bleskovou aktivitou. Většina těchto vnitrooblačových výbojů vznikala v malých, rychle se pohybujících konvektivních bouřkových buňkách s nepříliš dlouhou životností, které se navíc vyznačovaly nízkými hodnotami odrazivosti (zpravidla < 40 dBZ), slabým vertikálním dosahem a nízkou hustotou blesků. Domníváme se, že by pozorovaná bouřka mohla mít netypickou nábojovou strukturu, obsahující kapsy s poměrně velkým záporným nábojem umístěné nad oblastí mohutného kladného náboje na dně bouřkového oblaku. Takové uspořádání náboje by vysvětlilo pozorování neobvykle silných iniciačních pulzů a chybějících pulzů zpětných výbojů v našich elektromagnetických záznamech.



a) Příklad fluktuací magnetického (modře) a elektrického pole (červeně) naměřeného během výskytu silných iniciačních pulzů (událost D). Puls detekovaný bleskovou sítí EUCLID je označen černou šipkou spolu s odhadem jeho špičkového proudu; b) teplota vršku oblaků ve stupních Celsia v uvedeném čase; c) horizontální průřez radarové odrazivosti v dBZ ve výšce 3000 m; d) vertikální průřez radarové odrazivosti podél černé přerušované čáry v panelu c).

Reference:

Kolmašová, I., Soula, S., Santolík, O., Farges, T., Bousquet, O., Diendorfer, G., et al. (2022). A frontal thunderstorm with several multi-cell lines found to produce energetic preliminary breakdown. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127. doi:10.1029/2021JD035780.

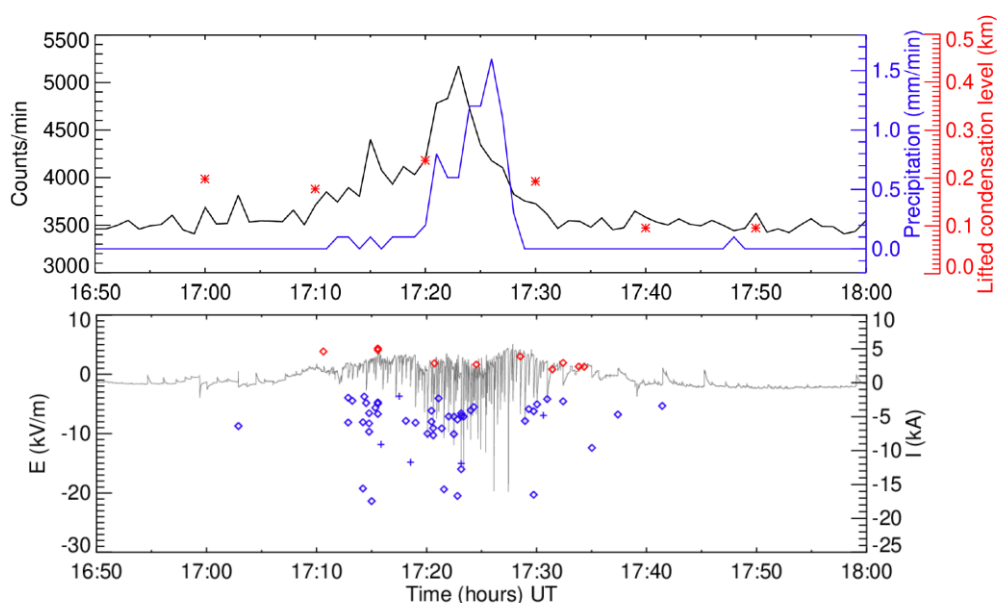
Související reference:

Scholten, O., Hare, B. M., Dwyer, J., Liu, N., Sterpka, C., Kolmašová, I., Santolík, O., Lán, R., Uhlíř, L., S. Buitink, T. Huege, A. Nelles, and S. ter Veen (2022). Interferometric imaging of intensely radiating negative leaders. *Phys. Rev. D* 105, 062007. doi:10.1103/PhysRevD.105.062007.

Liu, N. Y., Scholten, O., Hare, B. M., Dwyer, J. R., Sterpka, C. F., **Kolmašová, I., & Santolík, O.** (2022). LOFAR observations of lightning Initial breakdown pulses. *Geophysical Research Letters*, 49. doi:10.1029/2022GL098073.

5. Zvýšení intenzity záření gama pozorované během bouřky v neobvykle nízké nadmořské výšce

Na české meteorologické observatoři Milešovka ležící v nadmořské výšce 837 m byly dne 23. dubna 2018 během dvou lineárně organizovaných bouřek zaznamenány události nazývané “Thunderstorm Ground Enhancement” (TGE), neboli zvýšení toku částic kosmického záření spojeného s bouřkou. Scintilační detektor registroval během obou bouřek zvýšení počtu gama fotonů o 31 % a 48 % nad úroveň radičního pozadí. Tato zvýšení trvala 70, resp. 25 minut. Pomocí numerických simulací jsme ověřili, že pozorované nárůsty počtu fotonů odpovídají energetickému spektru dříve pozorovaných TGE. Zkombinovali jsme měření scintilátoru s meteorologickým měřením včetně dat z oblačného radaru, s měřením kvazi-elektrostatického pole a se záznamy širokopásmového radiového přijímače, abychom vysvětlili okolnosti, za kterých došlo k unikátnímu pozorování těchto TGE událostí uprostřed kontinentu a v neobvykle nízké nadmořské výšce. Zjistili jsme, že se v obou případech nárůst počtu fotonů objevil ještě před příchodem deště. Díky této skutečnosti a s ohledem na energetický práh scintilátoru (6.5 MeV) jsme mohli jednoznačně vyloučit, že detekované fotony pocházejí z produktů rozpadu radonu vyplaveného z oblaků. Během obou událostí evropská blesková detekční síť EUCLID zaznamenala ve vzdálenosti do 5 km od scintilátoru převážně negativní vnitrooblačové bleskové výboje a nedetekovala téměř žádné výboje typu oblak-země. Oblačný radar identifikoval kroupy v hladině pod 0°C a složení hydrometeorů bylo pro elektrifikaci oblaku příznivé. Změny kvazi-elektrostatického pole byly neobvyklé, trvaly krátkou dobu, následovaly v rychlém sledu po sobě a dosahovaly hodnot až -20 kV. V té samé době bylo měření širokopásmovou magnetickou smyčkovou anténou saturováno submikrosekundovými unipolárními impulsy emitovanými blízkými korónovými výboji. Všechna tato měření naznačují, že se na dně bouřkového mraku vyskytovala oblast mohutného kladného náboje. Elektrické pole dipólu vytvořeného nábojovými centry opačné polarity na spodku bouřkového mraku pravděpodobně urychlilo elektrony přítomné v atmosféře, jehož důsledkem bylo pozorování brzdného záření scintilačním detektorem. Tyto elektrony mohly být produktem srážek částic kosmického záření s atmosférou, ale mohly také pocházet z radonu ve vzduchu, který bouřkový systém sesbíral nad půdami bohatými na uran před příchodem nad observatoř Milešovka.



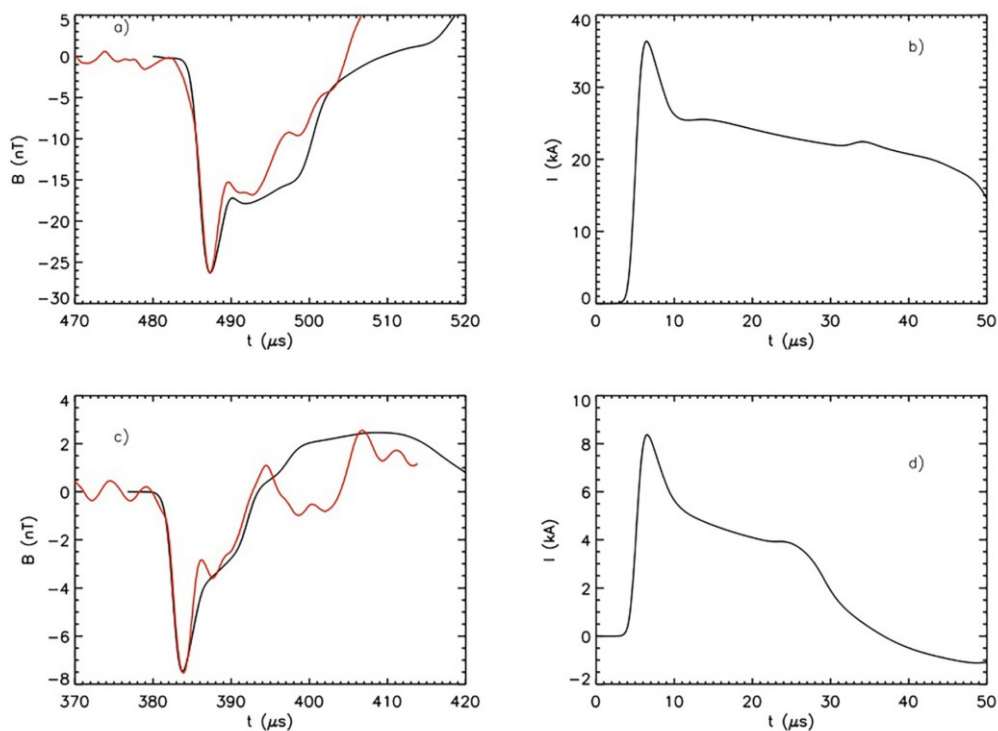
a) počty fotonů za minutu (černě), úhrny srážek v mm/min (modře), výšky výstupné kondenzační hladiny v km nad observatoří Milešovka (červené hvězdičky); b) fluktuace vertikálního elektrického pole (šedě), detekce EUCLID: kladné výboje (červeně), záporné výboje (modře), IC výboje (kosočtverce), CG výboje (křížky).

Reference:

Kolmašová, I., Santolík, O., Šlegl, J., Popová, J., Sokol, Z., Zacharov, P., Ploc, O., Diendorfer, G., Langer, R., Lán, R., and Strhářský, I. (2022), Continental thunderstorm ground enhancement observed at an exceptionally low altitude, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 7959-7973. doi:10.5194/acp-22-7959-2022.

6. Model prvního zpětného bleskového výboje založeného na konceptu obousměrného vůdčích výboje

Vyvinuli jsme nový model zpětného výboje, který bere v úvahu realistickou nábojovou strukturu pro výpočet okolního elektrického potenciálu. Nový model obsahuje nelineární model odporu popisující vývoj konečné vodivosti bleskového kanálu. Model také obsahuje přerozdělení nábojů po připojení spodního konce kanálu k potenciálu země. Model je založen na řešení Maxwellových rovnic spolu s Poissonovou rovnicí a Ohmovým zákonem. Tvar vlnové formy průběhu proudu v dolním konci kanálu je odvozen z našeho modelu. Simulovaný proud se zmenšuje a náběh proudu se zvyšuje s výškou, což je v souladu s pozorováním světelnosti bleskového kanálu. Elektrické a magnetické vlnové formy modelované v různých vzdálenostech od bleskového výboje mají typické rysy, které jsou pozorované v daných vzdálenostech analyzátoři elektrického či magnetického pole. Také jsme úspěšně porovnali modelované magnetické vlnové formy s měřeními záznamy smyčkových antén.



Nalevo modelované vlnové formy magnetického pole zpětného výboje (černě) porovnané s naměřenými daty (červeně), napravo průběh modelovaného proudu na spodním konci bleskového

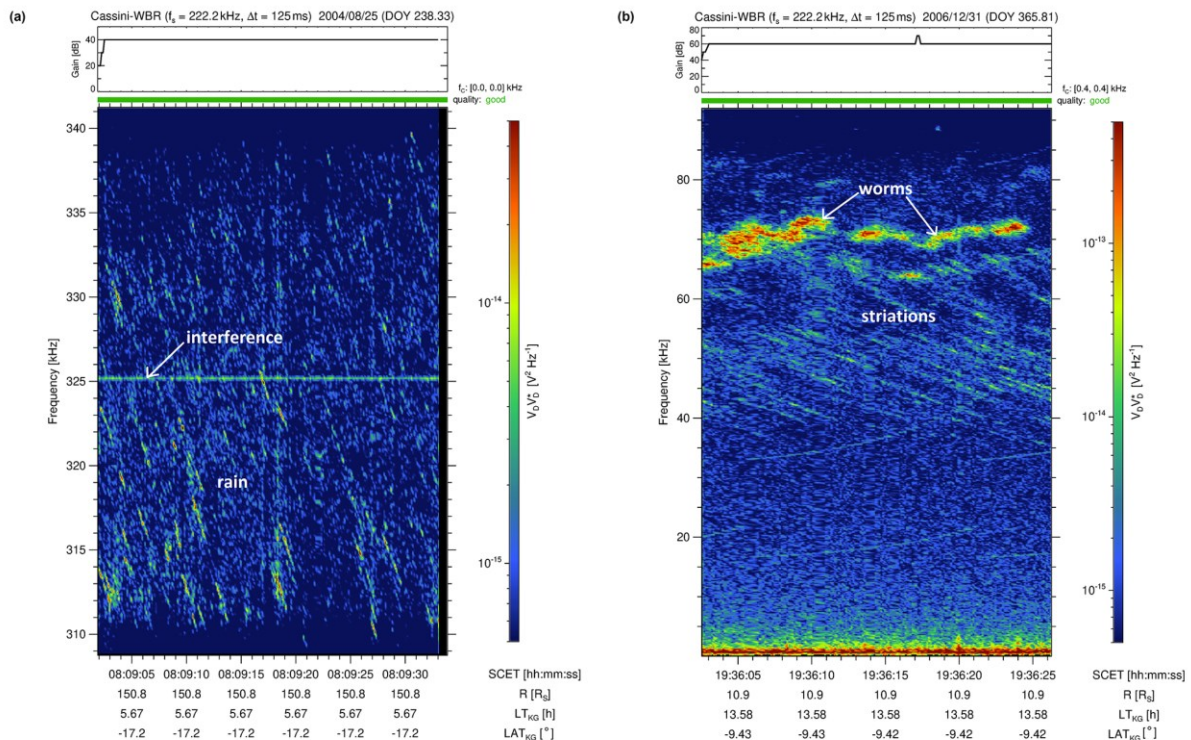
kanálu. Data byla naměřena ve vzdálenostech (a) 144 km a (c) 113 km od bleskového výboje. Hodnoty špičkových proudů odhadla detekční síť Météoráge na 59 a 12 kA.

Reference:

Kašpar, P., Kolmašová, I., & Santolík, O. (2022). Model of the first lightning return stroke using bidirectional leader concept. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2022JD037459. <https://doi.org/10.1029/2022JD037459>

7. Klasifikace jemných spektrálních struktur kilometrického záření planety Saturn

Zkoumali jsme jemné spektrální struktury kilometrického záření planety Saturn (Saturnian Kilometric Radiation - SKR). Použili jsme záznamy širokopásmového radiového přijímače na palubě sondy Cassini, a hledali typické struktury v časově-frekvenčních spektrech s rozlišením 125 ms a ~ 0.1 kHz. Zavedli jsme sedm různých tříd jemných struktur SKR od teček (jedna třída pro 0-rozměrné objekty) přes čáry (čtyři třídy 1-rozměrných objektů: horizontální čáry, vertikální čáry, čáry se záporným či kladným sklonem) až po plošné prvky (jedna třída pro 2-rozměrné objekty). Kromě toho jsme definovali sedmou třídu obsahující speciální struktury pojmenované podle toho, co nám v časově-frekvenčních spektrech připomínaly. Tyto speciální tvary jsme pojmenovali: „déšť“, „pruhy“, „červi“ a „housenky“, přičemž poslední dva jmenované nebyly dosud v literatuře popsány. Pomocí tohoto nově definovaného klasifikačního schématu jsme popsali struktury ve spektrech na nízkých frekvencích v základním pásmu 80 kHz a na středních frekvencích v pásmu okolo 325 kHz. Statistika výskytu různých tříd a podtříd ukazuje některé pozoruhodné charakteristiky: čáry s kladným sklonem jsou mnohem častější na středních frekvencích než na nízkých frekvencích a vertikální čáry se na nízkých frekvencích téměř nevyskytují. Zvláštní jemná struktura nazvaná „pruhy“ (skupina úzkopásmových čar s převážně záporným sklonem) se vyskytuje ve spektrogramech poměrně často na frekvencích nižších než 80 kHz, ale méně často okolo 325 kHz. Na těchto středních frekvencích vypadají čáry spíše jako přerušované pruhy, které jsme označili názvem "déšť". Našli jsme také vzácné případy „pruhů“ s kladným sklonem a stopy absorpce vln uvnitř plošných prvků. Nově zavedené podtřídy připomínající „červi“ (čáry oscilující ve frekvenci) a „housenky“ se vyskytovaly téměř výhradně ve frekvenčním pásmu pod 80 kHz. Struktury typu „housenka“ mají typickou šířku pásma 10 kHz, vyskytovaly se na frekvencích pod ~ 40 kHz po dobu několika hodin a byly většinou pozorovány ve vzdálenostech deseti poloměrů Saturnu.



Jemná struktura SKR nazvaná "déšť" ve frekvenčním pásmu okolo 325 kHz a struktura nazvaná "pruhy" v pásmu do 80 kHz na měřená radiový přijímačem WBR na sondě Cassini. Na obrázku vpravo lze nad 60 kHz najít nově definované struktury připomínající "červy".

Reference:

Fischer, G., U. Taubenschuss, and D. Piša, Classification of spectral fine structures of Saturn kilometric radiation (2022), *Ann. Geophys.*, 40, 485-501. doi:10.5194/angeo-40-485-2022.

Související reference:

Parrot, M., Němec, F., & Santolík, O. (2022). Properties of AKR-like emissions recorded by the low altitude satellite DEMETER during 6.5 years. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127. doi:10.1029/2022JA030495.

Wu, S., Zarka, P., Lamy, L., Taubenschuss, U., Cecconi, B., Ye S. Y., Fischer, G., Kurth, W. S., and Francez, T. (2022), Observations of the first harmonic of Saturn Kilometric Radiation during Cassini's Grand Finale, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127. doi:10.1029/2022JA030776.

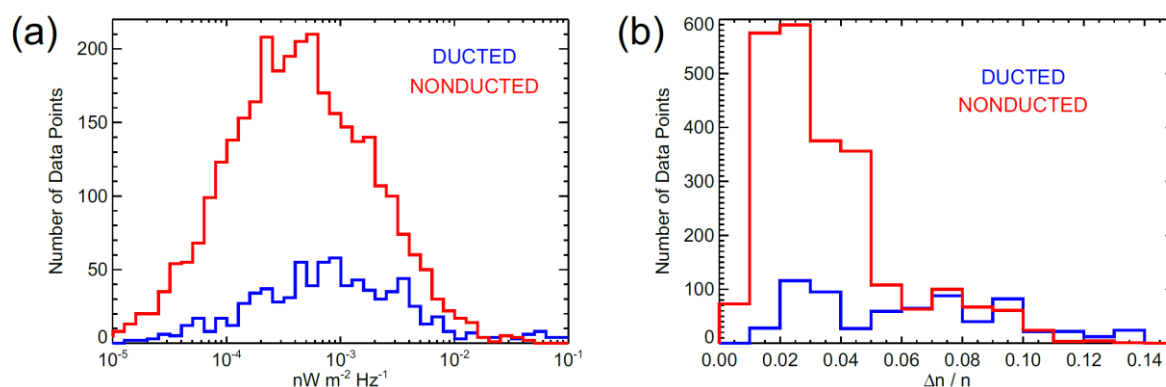
Wu, S., Ye, S. Y., Fischer, G., Taubenschuss, U., Jackman, C. M., O'Dwyer, E., Kurth, W. S., Yao, S., Yao, Z. H., Menietti, J. D., Xu, Y., Long, M. Y., and Cecconi, B. (2022), Saturn Anomalous Myriametric Radiation, a new type of Saturn radio emission revealed by Cassini, *Geophys. Res. Lett.*, 49, 16. doi:10.1029/2022GL099237.

Sulaiman, A. H., Mauk, B. H., Szalay, J. R., Allegrini, F., Clark, G., Gladstone, G. R., Kotsiaros, S., Kurth, W. S., Bagenal, F., Bonfond, B., Connerney, J. E. P., Ebert, R. W., Elliott, S. S., Gershman, D. J., Hospodarsky, G. B., Hue, V., Lysak, R. L., Masters, A., Santolík, O., Saur, J., and Bolton, S. J. (2022). Jupiter's low-altitude auroral zones: Fields, particles, plasma waves, and density depletions. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127. doi:10.1029/2022JA030334.

Kurth, W. S., Sulaiman, A. H., Hospodarsky, G. B., Menietti, J. D., Mauk, B. H., Clark, G., F. Allegrini, P. Valek, J. E. P. Connerney, J. H. Waite, S. J. Bolton, M. Imai, **O. Santolík**, W. Li, S. Duling, J. Saur, and C. Lou (2022). Juno plasma wave observations at Ganymede. *Geophysical Research Letters*, 49, e2022GL098591. <https://doi.org/10.1029/2022GL098591>

8. Signál vysílačů Alfa pozorovaný sondami Van Allen Probes: Vedené či nevedené šíření vln?

V této statistické studii jsme došli k závěru, že interakce elektromagnetických signálů emitovaných výkonnými vysílači vln velmi nízkých frekvencí s elektrony radiačních pásů závisí na vlnových normálových úhlech. V rovníkové oblasti, kde vlnově-částicové interakce probíhají, mohou být vlnové normály malé, pokud je vlna při svém šíření vedena anomálií hustoty studeného plazmatu nataženou podél siločáry geomagnetického pole (v tzv. hustotním duktu), nebo relativně velké, pokud se vlna šíří nevedena. Experimentální odlišení obou způsobů šíření naráží na nedostatečný frekvenční rozsah vícesložkových vlnových analyzátorů měřících na družicích v oblasti radiačních pásů. Naštěstí existují signály vysílačů Alfa o frekvenci 11.9 kHz detekovatelné přijímači na sondách Van Allen Probes. Pomocí analýzy vícesložkového měření jsme zjistili, že vedené vlny jsou silnější, ale jsou detekovány méně často, a tedy celkový výkon vedených a nevedených vln je srovnatelný. Dále jsme zjistili, že je relativní podíl vedených vln závislý na fluktuacích hustoty a na magnetickém lokálním čase.



a) Histogramy výkonů vln zaznamenaných během časových intervalů, kdy bylo šíření signálu klasifikováno jako vedené (modře) a nevedené (červeně). (b) Totéž jako v bodě (a), ale pro histogramy fluktuací hustoty plazmatu.

Reference:

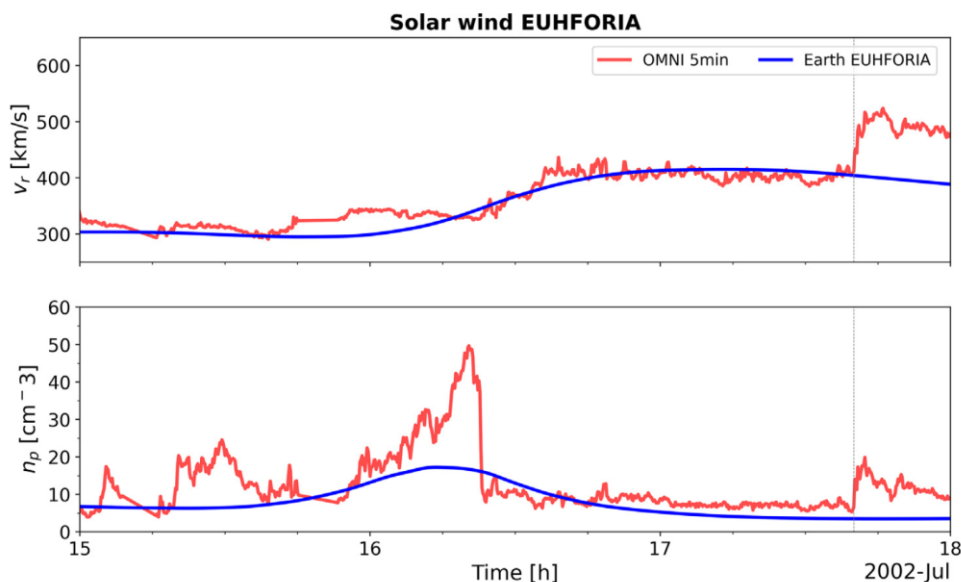
Němec, F., **Santolík, O.**, Hospodarsky, G. B., & Kurth, W. S. (2022). Alpha transmitter signals observed by the Van Allen Probes: Ducted versus nonducted propagation. *Geophysical Research Letters*. 49. doi:10.1029/2022GL098328.

Související reference:

Němec, F., **Santolík, O.**, Hospodarsky, G. B., Kurth, W. S., & Kletzing, C. A. (2022). Power Line Harmonic Radiation observed by the Van Allen Probes spacecraft. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 127. doi:10.1029/2022JA030320.

9. Nadměrná expanze koronálních výronů hmoty modelovaná pomocí 3D MHD simulací EUHFORIA

Výrony koronální hmoty (Coronal Mass Ejection - CME) jsou rozsáhlá uvolnění velkého množství materiálu ze sluneční korony do okolního prostoru. Procházejí heliosférou, mohou interagovat s prostředím okolo země a na své cestě mohou způsobit poruchy či poškodit moderní družicové přístroje. Vlastnosti výronů koronální hmoty (rychlost, hustota a tlak) se obvykle měří pouze v jednom bodě ve vesmíru, a proto není možné získat informace o změnách těchto parametrů během cesty CME od Slunce k Zemi. V této studii jsme se zaměřili na tři rychlé CME směřující přímo k zemi, ke kterým došlo mezi 15. a 18. červencem 2002. Překvapilo nás, že související meziplanetární CME (ICME), pozorované v blízkosti Země měly nízkou, a v jednom případě dokonce velmi nízkou hustotu plazmatu. K simulaci šíření CME v pozadovém slunečním větru jsme použili model EUHFORIA (EUropean Heliospheric FOrecasting Information Asset), v němž jsme podél linie Slunce-Země umístili virtuální sondy. Počáteční podmínky jsme nastavili na 0.1 AU, a to nejprve pomocí kuželového modelu a poté pomocí modelu s konfigurací sféromak. Pomocí nastavení počátečních parametrů CME jsme dosáhli poměrně dobré shody simulace a pozorování rychlosti, hustot a časů příchodu modelovaných ICME. Rozvoje rychlé expanze výronu koronální hmoty ve vnitřní heliosféře jsme v modelu dosáhli zejména zvýšením počátečního magnetického tlaku.



Nejlepší výsledky EUHFORIA pro sluneční vítr vypočtené na L1 (modré křivky) mezi 15. a 18. červencem 2002 ve srovnání s měřeními in situ na L1 (červené křivky).

Reference:

Verbeke, C., Schmieder, B., Démoulin, P., Dasso, S., **Grisson, B.**, Samara, E., Scolini, C., and Poedts, S. (2020), Over-expansion of coronal mass ejections modelled using 3D MHD EUHFORIA simulations, *Advances in Space Research*, Vol. 70, Issue 6, 1663-1683. doi:10.1016/j.asr.2022.06.013.

Související reference:

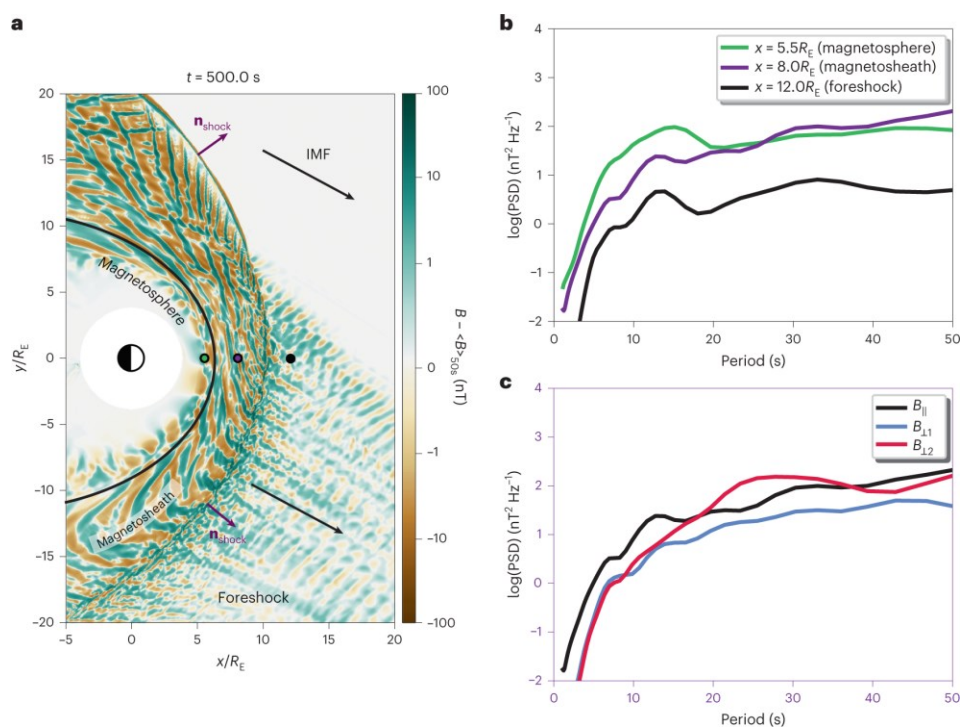
Dimmock, A. P., Khotyaintsev, Yu. V., Lalti, A., Yordanova, E., Edberg, N. J. T., Steinvall, K., D. B., Graham, Hadid, L. Z., Allen, R. C. Vaivads, A., Maksimovic, M. Bale, S. D., Chust, T., **Souček, J.** et al.

(2022), Analysis of multiscale structures at the quasi-perpendicular Venus bow shock, *A&A* 660, A64. doi: 10.1051/0004-6361/202140954.

O. Mouis, O., Bouquet, A., Langevin, Y., André, N., Boithias, H., Durry, G., Faye, F., Hartogh, P., Helbert, J., Iess, L., Kempf, J., Masters, A., Postberg, F., Renard, J.-B., Vernazza, P., Vorburger, A., Wurz, P., Atkinson, D. H., Barabash, S., **Kolmašová, I.** et al. (2022), Moonraker: Enceladus Multiple Flyby Mission, *The Planetary Science Journal*, 3:268. doi.org/10.3847/PSJ/ac9c03.

10. Interakce třicetisekundových vln ve foreshocku s rázovou vlnou

Zemská magnetosféra a její rázová vlna, který vzniká interakcí nadzvukového slunečního větru se zemským magnetickým polem, představují bohatou přírodní laboratoř umožňující výzkum univerzálních plazmových procesů. Za podmínek vhodné orientace meziplanetárního magnetického pole před rázovou vlnou vzniká foreshock, oblast s intenzivní vlnovou aktivitou. Takzvané třicetisekundové vlny, pojmenované podle jejich typické periody, jsou dominantním vlnovým módem ve foreshocku a hrají důležitou roli při modulaci tvaru čela rázové vlny a ovlivňují odraz částic. Tyto vlny jsou pozorovány také uvnitř magnetosféry a až na zemském povrchu, ale způsob, jakým pronikají skrz rázovou vlnu, zůstává neznámý. Kombinací nejmodernějších globálních numerických simulací a družicových pozorování jsme prokázali, že interakce třicetisekundových vln s rázovou vlnou vytváří rychlé vlny šířící se směrem k Zemi, které dosahují magnetosféry. Tato zjištění poskytují zásadní vhled do interakce vln s bezsrážkovými rázovými vlnami.



(a) Barevně vyznačené fluktuační intenzity magnetického pole ze simulace v čase $t = 500$ s (černě je vyznačená poloha magnetopauzy a směr meziplanetárního magnetického pole a fialové šipky ukazují směr normály k rázové vlně); (b) Spektrální hustota magnetického pole v místě virtuálních družic vyznačených kroužky v panelu a; (c) Spektrální hustota paralelních a kolmých fluktuačních vln v místě virtuálních družic v magnetosheathu.

Reference:

Turc, L., O. W. Roberts, D. Verscharen, A. P. Dimmock, P. Kajdič, M. Palmroth, Y. Pfau-Kempf¹, A. Johlander, M. Dubart, E. K. J. Kilpua, **J. Souček**, K. Takahashi, N. Takahashi, M. Battarbee, and U. Ganse (2022), Transmission of foreshock waves through Earth's bow shock, *Nature Physics*, 1745-2481, doi:10.1038/s41567-022-01837-z.

Oddělení kosmické fyziky Ústavu fyziky atmosféry AV ČR v roce 2022

1. Samuel Amrich, student, částečný úvazek 20%
2. Radka Balková, administrativní pracovník, částečný úvazek 50%
3. Sampath Bandara, postdoktorand, do 28. února
4. Benjamin Grison, vědecký pracovník
5. Michajlo Hajoš, vědecký pracovník
6. Miroslav Hanzelka, PhD student, 70%, od 6. června postdoktorand, od 1. srpna neplacené volno
7. Jiří Jánský, odborný pracovník výzkumu a vývoje
8. Petr Kašpar, vědecký pracovník
9. Ivana Kolmašová, vedoucí vědecký pracovník
10. Andrea Kolínská, doktorand, částečný úvazek 70%
11. *Vratislav Krupař, vědecký pracovník, neplacené volno*
12. *Oksana Krupařová, vědecký pracovník, rodičovská dovolená*
13. Radek Lán, odborný pracovník výzkumu a vývoje
14. Ján Mičko, doktorand, částečný úvazek 70%, od 1. října
15. David Piša, vědecký pracovník
16. Martin Popek, pozorovatel TLE, částečný úvazek 25%
17. Kateřina Rosická, studentka, částečný úvazek 20%
18. Ondřej Santolík, vedoucí vědecký pracovník, vedoucí oddělení
19. Jan Snížek, odborný pracovník výzkumu a vývoje, částečný úvazek 50%
20. Jan Souček, vedoucí vědecký pracovník, zástupce vedoucího oddělení
21. *Hana Špačková, PhD student, rodičovská dovolená*
22. Ulrich Taubenschuss, vědecký pracovník
23. *Alexander Tomori, PhD student, rodičovská dovolená*
24. Marie Turčičová, postdoktorandka, částečný úvazek 80%
25. Luděk Uhlíř, odborný pracovník výzkumu a vývoje