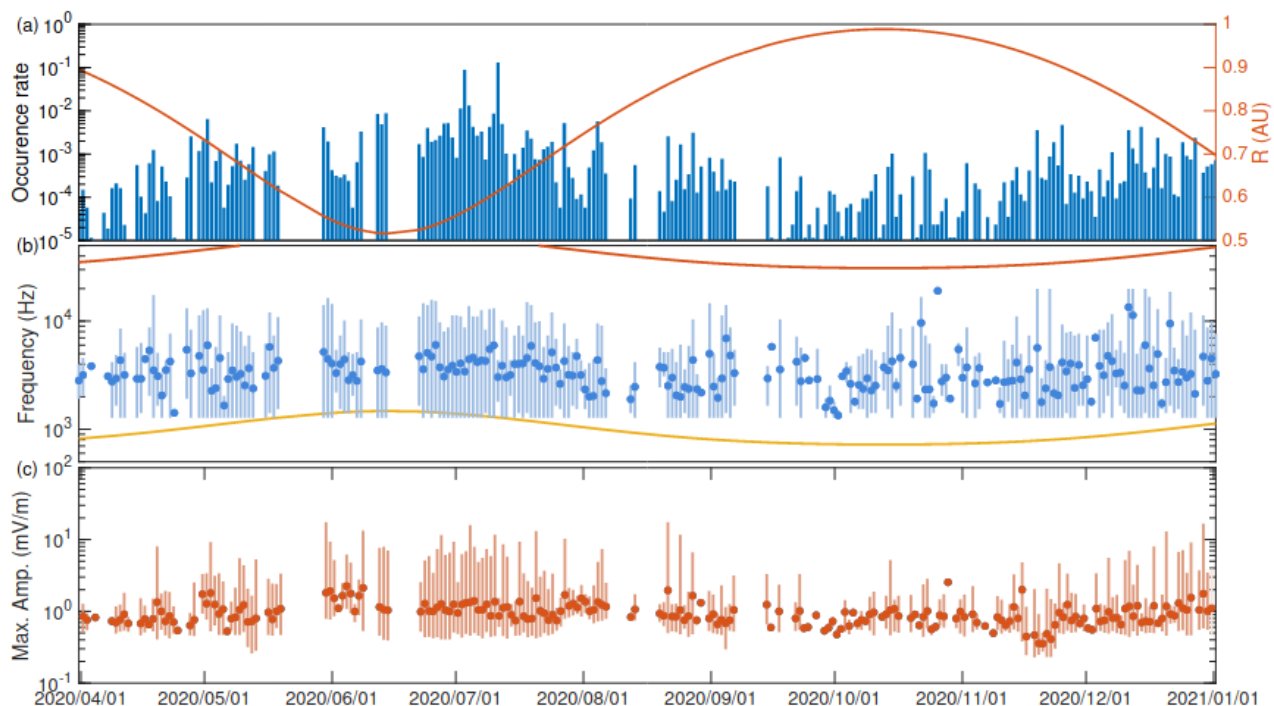


Výsledky oddělení kosmické fyziky Ústavu fyziky atmosféry AV ČR zveřejněné v roce 2021

1. Plazmové vlny a meziplanetární prach ve slunečním větru: nová měření přístroje RPW-TDS na sondě Solar Orbiter.

Přístroj Radio and Plasma Waves, jehož součástí je modul Time Domain Sampler (TDS), měří elektromagnetické jevy ve slunečním větru téměř nepřetržitě od startu sondy Solar Orbiter v únoru 2020. Ve zvláštním čísle časopisu *Astronomy and Astrophysics* vyšla série článků založených na datech z prvního roku měření, kdy se sonda pohybovala ve vzdálenosti 0.5 až 1 AU od Slunce. Data z českého modulu TDS sloužila jako základ studie výskytu sporadických Langmuirových vln (Souček et al., 2021), statistické analýzy vlastností iontové zvukových vln (Píša et al., 2021) a analýzy meziplanetárního prachu (Zaslavsky et al., 2021), kde se podařilo poprvé nepřímo změřit průměrnou radiální rychlost prachových částic.



Vlnové emise, které pozoroval přístroj RPW/TDS: (a) modré sloupce znázorňují četnost výskytu intenzivních vln na frekvencích pod 20 kHz a oranžová čára vzdálenost sondy od Slunce; (b) průměrné denní frekvence detekovaných vln a jejich rozsah od minima do maxima, kde oranžová a žlutá čára zobrazují modelovou elektronovou a protonovou plazmovou frekvenci; (c) průměrné denní maximální amplitudy vln a jejich rozsah.

Reference:

J. Souček, D. Píša, I. Kolmašová, L. Uhlíř, R. Lán, O. Santolík, V. Krupař, O. Krupařová, J. Baše, M. Maksimovic, S. D. Bale, T. Chust, Yu. V. Khotyaintsev, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, M. Steller, Š. Štverák, A. Vaivads, A. Vecchio, D. Bérard and X. Bonnin, Solar Orbiter Radio and Plasma Waves – Time Domain Sampler: In-flight performance and first results, A&A, 656 (2021) A26, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140948>

D. Píša, J. Souček, O. Santolík, M. Hanzelka, G. Nicolaou, M. Maksimovic, S. D. Bale, T. Chust, Y. Khotyaintsev, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, A. Vaivads, A. Vecchio, T. Horbury, H. O'Brien, V. Evans, V. Angelini, C. J. Owen and P. Louarn, First-year ion-acoustic wave observations in the solar wind by the RPW/TDS instrument on board Solar Orbiter, A&A, 656 (2021) A14, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140928>

A. Zaslavsky, I. Mann, J. Souček, A. Czechowski, D. Píša, J. Vaverka, N. Meyer-Vernet, M. Maksimovic, E. Lorfèvre, K. Issautier, K. Rackovic Babic, S. D. Bale, M. Morooka, A. Vecchio, T. Chust, Y. Khotyaintsev, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, D. Plettemeier, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček and A. Vaivads, First dust measurements with the Solar Orbiter Radio and Plasma Wave instrument, A&A, 656 (2021) A30, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140969>

Související reference:

M. Maksimovic, J. Souček, T. Chust, Y. Khotyaintsev, M. Kretzschmar, X. Bonnin, A. Vecchio, O. Alexandrova, S. D. Bale, D. Bérard, J.-Y. Brochot, N. J. T. Edberg, A. Eriksson, L. Z. Hadid, E. P. G. Johansson, T. Karlsson, B. Katra, V. Krasnoselskikh, V. Krupař, S. Lion, E. Lorfèvre, L. Matteini, Q. N. Nguyen, D. Píša, R. Piberne, D. Plettemeier, H. O. Rucker, O. Santolík, K. Steinvall, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, A. Vaivads, A. Zaslavsky, S. Chaintreuil, M. Dekkali, P.-A. Astier, G. Barbary, K. Boughedada, B. Cecconi, F. Chapron, C. Collin, D. Dias, L. Guéguen, L. Lamy, V. Leray, L. R. Malac-Allain, F. Pantellini, J. Parisot, P. Plasson, S. Thijs, I. Fratter, E. Bellouard, P. Danto, S. Julien, E. Guilhem, C. Fiachetti, J. Sanisidro, C. Laffaye, F. Gonzalez, B. Pontet, N. Quéruel, G. Jannet, P. Ferreau, T. Dudok de Wit, T. Vincent, C. Agrapart, J. Pragout, M. Bergerard-Timofeeva, G. T. Delory, P. Turin, A. Jeandet, P. Leroy, J.-C. Pellion, V. Bouzid, W. Recart, I. Kolmašová, O. Krupařová, L. Uhlíř, R. Lán, J. Baše, M. André, L. Bylander, V. Cripps, C. Cully, S.-E. Jansson, W. Puccio, J. Břínek, H. Ottacher, V. Angelini, M. Berthomier, V. Evans, K. Goetz, P. Hellinger, T. S. Horbury, K. Issautier, E. Kontar, O. Le Contel, P. Louarn, M. Martinović, D. Müller, H. O'Brien, C. J. Owen, A. Retino, J. Rodríguez-Pacheco, F. Sahraoui, L. Sanchez, A. P. Walsh, R. F. Wimmer-Schweingruber and I. Zouganelis, First observations and performance of the RPW instrument on board the Solar Orbiter mission, A&A, 656 (2021) A41, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141271>

D. B. Graham, Yu. V. Khotyaintsev, A. Vaivads, N. J. T. Edberg, A. I. Eriksson, E. P. G. Johansson, L. Sorriso-Valvo, M. Maksimovic, J. Souček, D. Píša, S. D. Bale, T. Chust, M. Kretzschmar, V. Krasnoselskikh, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, A. Vecchio, T. S. Horbury, H. O'Brien, V. Evans and V. Angelini, Kinetic electrostatic waves and their association with current structures in the solar wind, A&A, 656 (2021) A23, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140943>

R. Gómez-Herrero, D. Pacheco, A. Kollhoff, F. Espinosa Lara, J. L. Freiherr von Forstner, N. Dresing, D. Lario, L. Balmaceda, V. Krupař, O. E. Malandraki, A. Aran, R. Bučík, A. Klassen, K.-L. Klein, I. Cernuda, S. Eldrum, H. Reid, J. G. Mitchell, G. M. Mason, G. C. Ho, J. Rodríguez-Pacheco, R. F. Wimmer-Schweingruber, B. Heber, L. Berger, R. C. Allen, N. P. Janitzek, M. Laurenza, R. De Marco, N. Wijsen, Y. Y. Kartavykh, W. Dröge, T. S. Horbury, M. Maksimovic, C. J. Owen, A. Vecchio, X. Bonnin, O. Krupařová, D.

Píša, J. Souček, P. Louarn, A. Fedorov, H. O'Brien, V. Evans, V. Angelini, P. Zucca, M. Prieto, S. Sánchez-Prieto, A. Carrasco, J. J. Blanco, P. Parra, O. Rodríguez-Polo, C. Martín, J. C. Terasa, S. Boden, S. R. Kulkarni, A. Ravanbakhsh, M. Yedla, Z. Xu, G. B. Andrews, C. E. Schlemm, H. Seifert, K. Tyagi, W. J. Lees and J. Hayes, First near-relativistic solar electron events observed by EPD onboard Solar Orbiter, *A&A*, 656 (2021) L3, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039883>

A. Vecchio, M. Maksimovic, **V. Krupař**, X. Bonnin, A. Zaslavsky, P. L. Astier, M. Dekkali, B. Cecconi, S. D. Bale, T. Chust, E. Guilhem, Yu. V. Khotyaintsev, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, **J. Souček**, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček and A. Vaivads, Solar Orbiter/RPW antenna calibration in the radio domain and its application to type III burst observations, *A&A*, 656 (2021) A33, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140988>

Yu. V. Khotyaintsev, D. B. Graham, A. Vaivads, K. Steinvall, N. J. T. Edberg, A. I. Eriksson, E. P. G. Johansson, L. Sorriso-Valvo, M. Maksimovic, S. D. Bale, T. Chust, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, **J. Souček**, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, A. Vecchio, T. S. Horbury, H. O'Brien, V. Evans and V. Angelini, Density fluctuations associated with turbulence and waves - First observations by Solar Orbiter, *A&A*, 656 (2021) A19, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140936>

F. Carbone, L. Sorriso-Valvo, Yu. V. Khotyaintsev, K. Steinvall, A. Vecchio, D. Telloni, E. Yordanova, D. B. Graham, N. J. T. Edberg, A. I. Eriksson, E. P. G. Johansson, C. L. Vásconez, M. Maksimovic, R. Bruno, R. D'Amicis, S. D. Bale, T. Chust, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, **J. Souček**, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, A. Vaivads, T. S. Horbury, H. O'Brien, V. Angelini and V. Evans, Statistical study of electron density turbulence and ion-cyclotron waves in the inner heliosphere: Solar Orbiter observations, *A&A*, 656 (2021) A16, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140931>

K. Steinvall, Yu. V. Khotyaintsev, G. Cozzani, A. Vaivads, E. Yordanova, A. I. Eriksson, N. J. T. Edberg, M. Maksimovic, S. D. Bale, T. Chust, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, **J. Souček**, M. Steller, Š. Štverák, A. Vecchio, T. S. Horbury, H. O'Brien, V. Evans, A. Fedorov, P. Louarn, V. Génot, N. André, B. Lavraud, A. P. Rouillard and C. J. Owen, Solar wind current sheets and deHoffmann-Teller analysis - First results from Solar Orbiter's DC electric field measurements, *A&A*, 656 (2021) A9, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140855>

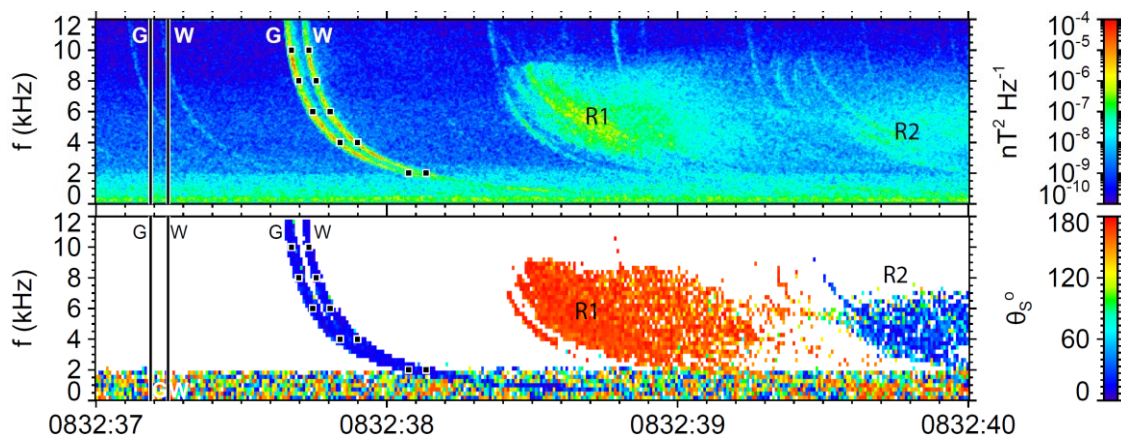
D. Telloni, C. Scolini, C. Möstl, G. P. Zank, L.-L. Zhao, A. J. Weiss, M. A. Reiss, R. Laker, D. Perrone, Y. Khotyaintsev, K. Steinvall, L. Sorriso-Valvo, T. S. Horbury, R. F. Wimmer-Schweingruber, R. Bruno, R. D'Amicis, R. De Marco, V. K. Jagarlamudi, F. Carbone, R. Marino, M. Stangalini, M. Nakanotani, L. Adhikari, H. Liang, L. D. Woodham, E. E. Davies, H. Hietala, S. Perri, R. Gómez-Herrero, J. Rodríguez-Pacheco, E. Antonucci, M. Romoli, S. Fineschi, M. Maksimovic, **J. Souček**, T. Chust, M. Kretzschmar, A. Vecchio, D. Müller, I. Zouganelis, R. M. Winslow, S. Giordano, S. Mancuso, R. Susino, S. L. Ivanovski, M. Messerotti, H. O'Brien, V. Evans and V. Angelini, Study of two interacting interplanetary coronal mass ejections encountered by Solar Orbiter during its first perihelion passage - Observations and modeling, *A&A*, 656 (2021) A5, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140648>

P. Kajdič, Y. Pfau-Kempf, L. Turc, A. P. Dimmock, M. Palmroth, K. Takahashi, E. Kilpua, **J. Souček**, N. Takahashi, L. Preisser, X. Blanco-Cano, D. Trotta, D. Burgess (2021), ULF Wave Transmission Across Collisionless Shocks: 2.5D Local Hybrid Simulations, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2021JA029283. <https://doi.org/10.1029/2021JA029283>

2. Vícebodová měření vln ve hvizdovém módu v magnetosféře Země: sykot vznikající z hvizdů

Plazma nalzááme nejen ve vzdáleném vesmíru, ale vyplňuje i v blízký kosmický prostor v okolí Země a ve Sluneční soustavě. Elektricky nabitě částice, které plazma obsahuje, silně ovlivňují šíření elektromagnetických vln v tomto prostředí. Přímá měření elektromagnetických vln v kosmickém plazmatu pomocí přístrojů na umělých družicích jsou proto velmi důležitá: postupně nám odhalují vlastnosti fyzikálních procesů v tomto rozlehlém médiu a jsou tak vynikajícím nástrojem pro to, abychom těmto spletitým dějům lépe porozuměli.

Použili jsme vícebodová měření fluktuací elektromagnetického pole na palubě družic ESA Cluster pro analýzu příspěvku hvizdů k plazmasférickému sykotu, který ovlivňuje dynamiku elektronů v radiačních páslech Země. Ukázali jsme, že sykot ve vnější plazmosféře může na denní straně vznikat působením nevedených hvizdů pocházejících ze silných bleskových výbojů. Frekvenční spektra magnetosfericky odrážených hvizdů a s nimi souvisejícího sykotu závisí na geografické poloze zdrojových bouří. Další výsledky, které jsme obdrželi během těsného přiblížení umělých družic NASA Van Allen Probes a japonské Arase na jejich oběžných drahách, jsme použili ke vzájemné kalibraci jejich měření.



Pozorování silných hvizdů na umělé družici Van Allen Probe B. Nahoře: celková spektrální výkonová hustota proměnného magnetického pole získaná jako stopa třírozměrné spektrální matice; dole: úhel mezi spektrálním odhadem Poyntingova vektoru a směrem místní magnetické siločáry.

Reference:

Santolík, O., Kolmašová, I., Pickett, J. S., & Gurnett, D. A. (2021). Multi-point observation of hiss emerging from lightning whistlers. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2021JA029524. <https://doi.org/10.1029/2021JA029524>

Santolík, O., Miyoshi, Y., Kolmašová, I., Matsuda, S., Hospodarsky, G. B., Hartley, D. P., et al. (2021). Inter-calibrated measurements of intense whistlers by Arase and Van Allen Probes. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2021JA029700. <https://doi.org/10.1029/2021JA029700>

Související reference:

Němec, F., Hajoš, M., Parrot, M., & Santolík, O. (2021). Quasiperiodic emissions and related particle precipitation bursts observed by the DEMETER spacecraft. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2021JA029621. <https://doi.org/10.1029/2021JA029621>

Martinez-Calderon, C., Katoh, Y., Manninen, J., Santolík, O., Kasahara, Y., Matsuda, S., et al. (2021). Multi-event study of characteristics and propagation of naturally occurring ELF/VLF waves using high-latitude ground observations and conjunctions with the Arase satellite. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2020JA028682. <https://doi.org/10.1029/2020JA028682>

Millan, R. M., Ripoll, J-F., Santolík, O., Kurth, W. S. (2021). Early-time Non-equilibrium Pitch Angle Diffusion of Electrons by Whistler-mode Hiss in a Plasmaspheric Plume Associated with BARREL Precipitation. *Front. Astron. Space Sci.* 8, 776992. <https://doi.org/10.3389/fspas.2021.776992>

Němec, F., Santolík, O., & Parrot, M. (2021). Doppler shifted Alpha transmitter signals in the conjugate hemisphere: DEMETER spacecraft observations and raytracing modeling. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2020JA029017. <https://doi.org/10.1029/2020JA029017>

Pierrard, V., Ripoll, J.-F., Cunningham, G., Botek, E., Santolík, O., Thaller, S., et al. (2021). Observations and simulations of dropout events and flux decays in October 2013: Comparing MEO equatorial with LEO polar orbit. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2020JA028850. <https://doi.org/10.1029/2020JA028850>

Ripoll, J.-F., M.H. Denton, D.P. Hartley, G.D. Reeves, D. Malaspina, G.S. Cunningham, O. Santolík, S.A. Thaller, V. Loidan, J.F. Fennell, D.L. Turner, W.S. Kurth, C.A. Kletzing, M.G. Henderson, A.Y. Ukhorskiy (2021), Scattering by whistler-mode waves during a quiet period perturbed by substorm activity, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 215, 105471, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2020.105471>.

3. Faradayova rotace pozorovaná sondou Cassini v kilometrickém záření planety Saturn

Na netermálních radiových emisích pocházejících z planety Saturn, které jsou také známy jako kilometrické záření, jsme pozorovali vliv Faradayovy rotace. Použili jsme data zaznamenaná vysokofrekvenčním přijímačem HFR přístroje RPWS na palubě sondy Cassini. Faradayova rotace ovlivňuje nízkofrekvenční část kilometrického záření planety Saturn. Tento jev je charakterizován frekvenční závislostí rotace hlavní poloosy polarizační elipsy vlny během jejího šíření v anizotropním plazmatu. Zkoumali jsme podmínky nezbytné pro vznik Faradayovy rotace v závislosti na vlastnostech anizotropního media a přítomnosti gradientů hustoty plazmatu, kde se vlny rozdělují na dva módy šíření R-X a L-O.

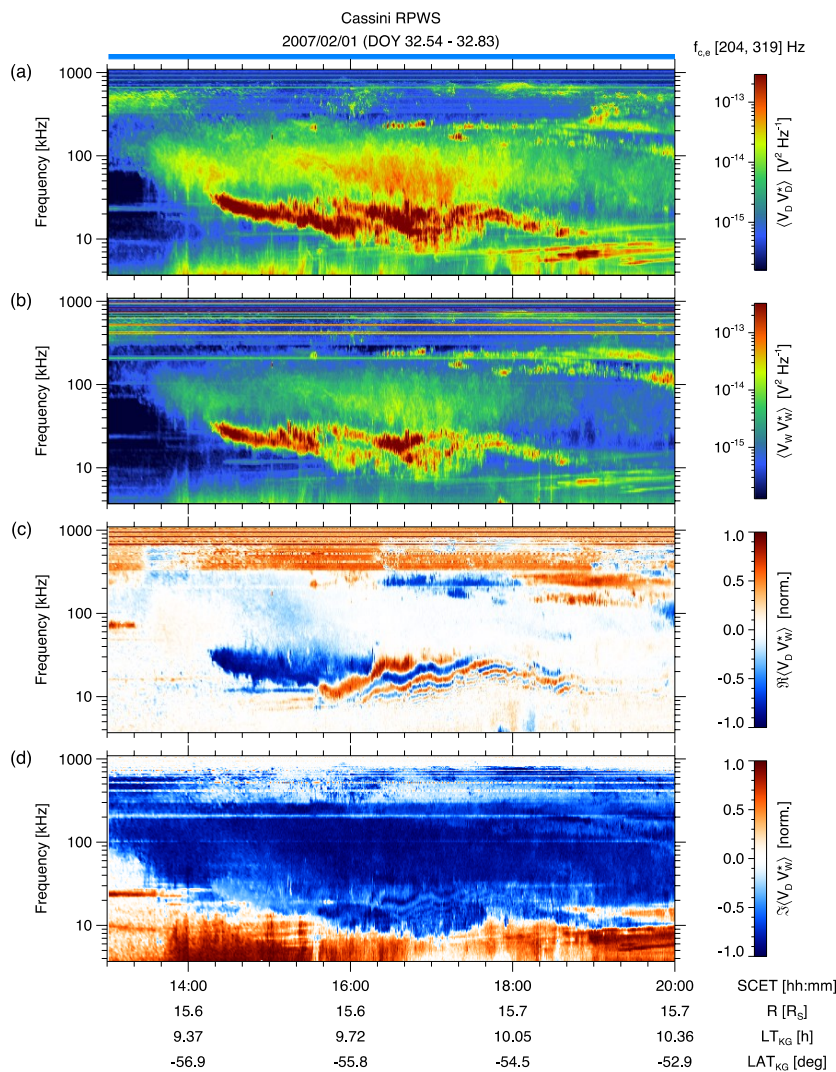
Reference:

Taubenschuss, U., Lamy, L., Fischer, G., Píša, D., Santolík, O., Souček, J., Kurth, W. S., Cecconi, B., Zarka, P., Rucker, H. O. (2021). The Faraday rotation effect in Saturn Kilometric Radiation observed by the CASSINI spacecraft. *Icarus*, 370, 114661. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114661>

Související reference:

Menietti, J. D., Averkamp, T. F., Kurth, W. S., Imai, M., Faden, J. B., Hospodarsky, G. B., **Santolík, O.**, Clark, G., Allegrini, F., Elliott, S. S., Sulaiman, A. H., Bolton, S. J. (2021). Analysis of Whistler-Mode and Z-Mode Emission in the Juno Primary Mission. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Volume 126, e29885. <https://doi.org/10.1029/2021JA029885>

Goetz, C., Gunell, H., Volwerk, M., A. Beth, A. Eriksson, M. Galand, P. Henri, H. Nilsson, C. Simon Wedlund, M. Alho, L. Andersson, N. Andre, J. De Keyser, J. Deca, Y. Ge, K.-H. Glassmeier, R. Hajra, T. Karlsson, S. Kasahara, **I. Kolmašová**, K. Llera, H. Madaian, I. Mann, C. Mazelle, E. Odelstad, F. Plaschke, M. Rubin, B. Sanchez-Cano, C. Snodgrass & E. Vigren, Cometary plasma science. *Exp Astron* (2021). <https://doi.org/10.1007/s10686-021-09783-z>



Souhrnné pozorování sondy Cassini 1. února 2007. (a) Výkonová spektrální hustota z měření dipólové antény, (b) výkonová spektrální hustota z monopólové antény, (c) reálná část komplexní křížové spektrální výkonové hustoty mezi oběma anténami s typickými "Faradayovými pruhy" a (d) imaginární část komplexní křížové spektrální výkonové hustoty.

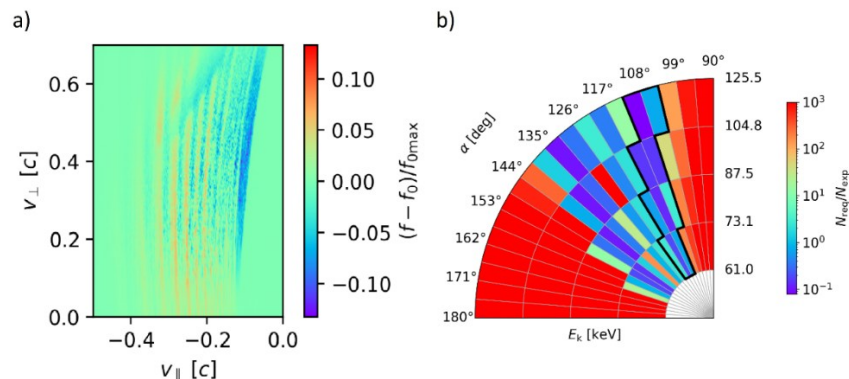
4. Měřitelnost nelineární odezvy elektronového rozdělení na emisi typu chorus v radičním pásu Země

Chorus, typ elektromagnetických vln šířících se ve hvizdovém módu, sehrává důležitou roli při urychlování elektronů v radičních pásách a jejich vysypávání do zemské atmosféry. V tomto článku jsme zkoumali proveditelnost analýzy nelineárních vlastností choru skrze měření perturbací v rychlostním rozdělení horkých elektronů, jež vznikají interakcí s těmito vlnami. Vycházeli jsme z nedávno navrženého modelu osamocenému elementu choru s rostoucí frekvencí, perturbované rozdělení jsme získali simulací pohybu testovacích částic zpět v čase. Poté jsme analyzovali charakter a sílu perturbací a vyhodnotili jejich měřitelnost.

Potvrdili jsme, že nelineární interakcí krátkých vlnových balíčků, z nichž je element choru složen, spolu s horkými elektrony dochází ke vzniku pruhů se zvýšenou či sníženou fázovou hustotou. Tyto pruhy jsou zarovnané podél křivek rezonanční rychlosti, avšak postupně se pokrývují kvůli adiabatickému pohybu elektronů, a spolu s rostoucí vlnovou frekvencí elementu choru se dále rozpadají a mísí. Na čele perturbované oblasti je patrný výrazný pokles ve fázové hustotě, související s výskytem elektromagnetické elektronové díry. Vypočetli jsme částicové toky odpovídající simulované distribuci a odhadli počty částic, které by naměřily elektrostatische analyzátoři částic na současných družicích. Podle našich závěrů nemá žádný z dostupných analyzátorů dostatečné rozlišení v pitch-úhlu a dostatečný geometrický faktor na to, aby provedl signifikantní měření. K experimentální identifikaci perturbací předpovězených naší simulací by byl potřeba nový přístroj s navýšeným úhlovým rozlišením. Úspěšné měření by jednak potvrdilo pravdivost dosavadních teoretických předpovědí, a také by mohlo propojit dvě nejvýznamnější současné teorie zabývající se růstem choru, nelineární růstovou teorií a teorií založenou na zpětném vlnovém oscilátoru.

Reference:

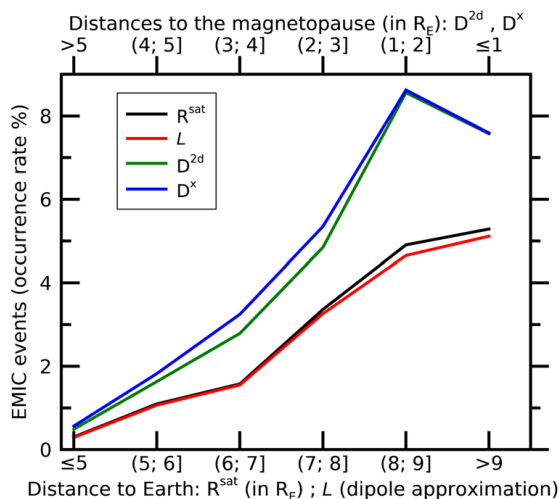
Hanzelka, M., Santolík, O., Omura, Y., & Kolmašová, I. (2021). Measurability of the nonlinear response of electron distribution function to chorus emissions in the Earth's radiation belt. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2021JA029624. <https://doi.org/10.1029/2021JA029624>



a) Perturbace rychlostního rozdělení horkých elektronů po interakci s elementem choru, zachycena na magnetickém rovníku, ihned po prošíření posledního vlnového balíčku. Obrázek ukazuje normalizovaný rozdíl mezi perturbovaným a počátečním rozdělením. b) Polární graf v prostoru energie a pitch-úhlů, na němž je vyneseno poměr N_{req} / N_{exp} , kde N_{req} představuje počet částic potřebných k 1-sigma signifikantnímu měření nejsilnější perturbace, a N_{exp} je počet částic které by zachytil elektrostatische analyzátoři.

5. Výskyt elektromagnetických iontově cyklotronových vln v závislosti na vzdálenosti od magnetopauzy

Růst elektromagnetických iontově cyklotronových vln ve vnější magnetosféře Země je silně ovlivněn stlačováním magnetosféry v důsledku tlakových pulsů ve slunečním větru. Z toho vyplývá, že by jejich růst mohl být největší v blízkosti magnetopauzy. Přesto byly v předešlých studiích tyto vlny charakterizovány jejich vzdáleností od Země. Podařilo se nám mapovat soubor pozorování elektromagnetických iontově cyklotronových vln na sondách NASA THEMIS do souřadnicového systému spojeného s modelem magnetopauzy a zjistili jsme, že výskyt těchto vln je největší ve vzdálenostech do dvou poloměrů Země od modelové magnetopauzy a poté se vzdáleností od ní klesá, zejména na polední straně.



Výskyt elektromagnetických iontově cyklotronových vln v závislosti na McIlwainově parametru L (červeně), na vzdálenosti od středu Země (černě) a vzdálenosti k modelové magnetopauze (zeleně), nebo jako průmět této vzdálenosti do spojnice Země-Slunce.

Reference:

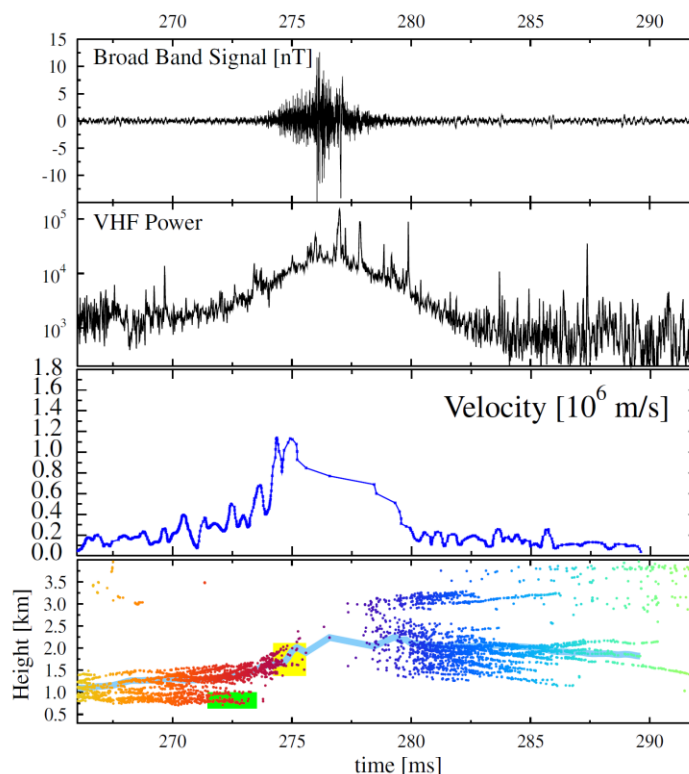
Grison, B., Santolík, O., Lukačevič, J., & Usanova, M. E. (2021). Occurrence of EMIC waves in the magnetosphere according to their distance to the magnetopause. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL090921. <https://doi.org/10.1029/2020GL090921>

6. Atmosférická elektřina: Specifický mód šíření negativního vnitrooblačového výboje

Studovali jsme projevy atmosférické elektřiny na malých i velkých škálách. Prozkoumali jsme detailně šíření vznikajícího bleskového výboje uvnitř bouřkového oblaku (Scholten et al., 2021 a, b). Představili jsme také novou metodu pro automatickou detekci atmosférické a tzv. tweeků. Tato metoda může být použita pro monitorování denních, nočních a sezónních změn ionosférické D-vrstvy (Maslej-Křešňáková et al., 2021).

Zkombinovali jsme úzkopásmové měření radioteleskopu LOFAR (Low-Frequency Array), určeného primárně pro radioastronomická pozorování, s variacemi magnetického pole zaznamenanými širokospektrální stíněnou smyčkovou anténou (SLAVIA - Shielded Loop Antenna with a Versatile

Integrated Amplifier). Zaměřili jsme se na detailní analýzu šíření negativních bleskových leaderů. Zjistili jsme, že se běžný mód šíření negativního vnitrooblakového leaderu může poměrně náhle přeměnit do módu, kdy vyzařuje 100krát více radiace na velmi vysokých (VHF) frekvencích a šíří se rychleji než typické negativní leadery. Po několika milisekundách se intenzivně vyzařující leader rozpadl na velké množství typických negativních leaderů. Tento specifický mód jsme pozorovali během počáteční fáze všech 25 blesků, které jsme zkoumali. U některých blesků se specifický mód šíření vyskytoval i dlouho po vzniku bleskového výboje. Ukázali jsme jeden případ, kdy se specifický mód objevil dokonce dvakrát, a to s odstupem asi 100 ms. Předpokládáme, že se tento specifický mód rychlého šíření vyskytuje pouze v případech, kdy se leader dostane do blízkosti malé (řádově 5 km²), ale husté nábojové kapsy, a že bleskový výboj může vzniknout pouze za přítomnosti takových malých oblastí s velkou hustotou náboje v bouřkovém oblaku.



a) Variace magnetického pole emitované při šíření bleskového leaderu vnitrooblakovým bleskovým kanálem, b) VHF výkon detekovaný na jedné z centrálních stanic pole LOFAR, c) rychlost šíření leaderu podél trajektorie znázorněné v panelu d) světle modrou čarou, d) zdroje VHF radiace vyzářené postupujícím leaderem a lokalizované polem LOFAR. Záznam začíná 19 dubna 2019 v 21:03:06.757 UTC.

Reference:

Scholten, O., Hare, B.M., Dwyer, J., Liu, N., Sterpka, C., **Kolmašová, I., Santolík, O., Lán, R, Uhlíř, L**, et al., 2021: A distinct negative leader propagation mode, Scientific Reports, 11, 16256

Scholten, O., Hare, B. M., Dwyer, J., Sterpka, C., **Kolmašová, I., Santolík, O., Lán, R, Uhlíř, L**, et al., 2021: The initial stage of cloud lightning imaged in high-resolution, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 126,4, e2020JD033126

Maslej-Křešňáková, V., Kundrát, A., Mackovjak, Š., Butka, P., Jaščur, S., **Kolmašová, I., Santolík, O.**, 2021: Automatic detection of atmospheric and tweek atmospheric in radio spectrograms based on a deep learning approach, *Earth and Space Science*, 8, 11, e2021EA002007

Související reference:

Chum, Jaroslav, Kollárik, M., **Kolmašová, I.**, Langer, R., Ruzs, Jan, Saxonbergová, Dana, Strhářský, I., 2021: Influence of Solar Wind on Secondary Cosmic Rays and Atmospheric Electricity, *Frontiers in Earth Science*, 9, 671801

Strumik, M., J. Slominski, E. Slominska, J. Mlynarczyk, J. Blecki, R. Haagmans, A. Kulak, **M. Popek**, K. Martynski, R. Wronowski (2021). Experimental evidence of a link between lightning and magnetic field fluctuations in the upper ionosphere observed by swarm. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091507. <https://doi.org/10.1029/2020GL091507>

7. Radiové a plazmové vlny v blízkosti Venuše a vlny hvizdového módu ve slunečním větru.

Solar Orbiter provedl svůj první gravitační manévru u Venuše 27. prosince 2020. Tento průlet umožnil sondě upravit její rychlost potřebnou pro větší přiblížení ke Slunci a pro snadnější pozorování jeho pólů. Přístroj Radio and Plasma Wave (RPW) měl možnost provést měření s vysokým časovým rozlišením v plazmatu indukované magnetosféry Venuše (Hadid et al 2021). Tato pozorování zahrnují bližší určení magnetosférických vlnových módů, měření elektronových hustot, pozorování dopadu prachových částic, kinetických solitárních struktur nebo prostorových struktur poblíž rázové vlny. V neposlední řadě byla provedena validace analýzy vlnových normál, které provádí palubní algoritmus modulu Low Frequency Receiver (LFR). Náš příspěvek k vývoji algoritmů pro tento modul se též odrazil ve výzkumu vln hvizdového módu ve slunečním větru (Chust et al, 2021; Kretzschmar et al, 2021).

Reference

L. Z. Hadid, N. J. T. Edberg, T. Chust, **D. Píša**, A. P. Dimmock, M. W. Morooka, M. Maksimovic, Yu. V. Khotyaintsev, **J. Souček**, M. Kretzschmar, A. Vecchio, O. Le Contel, A. Retino, R. C. Allen, M. Volwerk, C. M. Fowler, L. Sorriso-Valvo, T. Karlsson, **O. Santolík, I. Kolmašová**, F. Sahraoui, K. Stergiopoulou, X. Moussas, K. Issautier, R. M. Dewey, M. Klein Wolt, O. E. Malandraki, E. P. Kontar, G. G. Howes, S. D. Bale, T. S. Horbury, M. Martinović, A. Vaivads, V. Krasnoselskikh, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, H. O'Brien, V. Evans, V. Angelini, M. C. Velli and I. Zouganelis, Solar Orbiter's first Venus flyby: Observations from the Radio and Plasma Wave instrument, *A&A*, 656 (2021) A18, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140934>

Související reference:

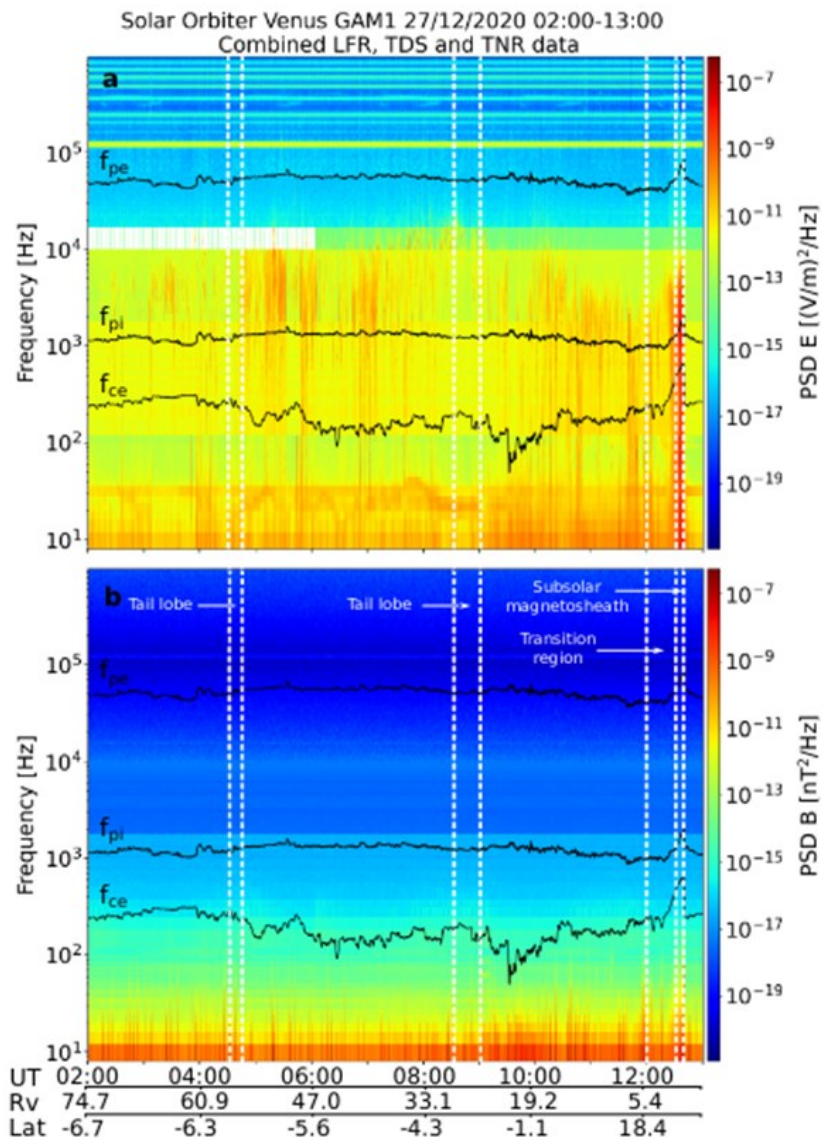
R. C. Allen, I. Cernuda, D. Pacheco, L. Berger, Z. G. Xu, J. L. Freiherr von Forstner, J. Rodríguez-Pacheco, R. F. Wimmer-Schweingruber, G. C. Ho, G. M. Mason, S. K. Vines, Y. Khotyaintsev, T. Horbury, M. Maksimovic, L. Z. Hadid, M. Volwerk, A. P. Dimmock, L. Sorriso-Valvo, K. Stergiopoulou, G. B. Andrews, V. Angelini, S. D. Bale, S. Boden, S. I. Böttcher, T. Chust, S. Eldrum, P. P. Espada, F. Espinosa Lara, V. Evans, R. Gómez-Herrero, J. R. Hayes, A. M. Hellín, A. Kollhoff, V. Krasnoselskikh, M. Kretzschmar, P. Kühl, S. R. Kulkarni, W. J. Lees, E. Lorfèvre, C. Martin, H. O'Brien, D. Plettemeier, O. R. Polo, M. Prieto, A. Ravanbakhsh, S. Sánchez-Prieto, C. E. Schlemm, H. Seifert, **J. Souček**, M. Steller, Š. Štverák, J. C. Terasa, P. Trávníček, K. Tyagi, A. Vaivads, A. Vecchio and M. Yedla, Energetic ions in the Venusian system: Insights from the first Solar Orbiter flyby, *A&A*, 656 (2021) A7, DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140803>

T. Chust, M. Kretzschmar, D. B. Graham, O. Le Contel, A. Retinò, A. Alexandrova, M. Berthomier, L. Z. Hadid, F. Sahraoui, A. Jeandet, P. Leroy, J.-C. Pellion, V. Bouzid, B. Katra, R. Piberne, Yu. V. Khotyaintsev, A. Vaivads, V. Krasnoselskikh, **J. Souček**, **O. Santolík**, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, A. Vecchio, M. Maksimovic, S. D. Bale, T. S. Horbury, H. O'Brien, V. Evans and V. Angelini, Observations of whistler mode waves by Solar Orbiter's RPW Low Frequency Receiver (LFR): In-flight performance and first results, *A&A*, 656 (2021) A17 DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140932>

M. Kretzschmar, T. Chust, V. Krasnoselskikh, D. Graham, L. Colombari, M. Maksimovic, Yu. V. Khotyaintsev, **J. Souček**, K. Steinvall, **O. Santolík**, G. Jannet, J.-Y. Brochot, O. Le Contel, A. Vecchio, X. Bonnin, S. D. Bale, C. Froment, A. Larosa, M. Bergerard-Timofeeva, P. Ferreau, E. Lorfèvre, D. Plettemeier, M. Steller, Š. Štverák, P. Trávníček, A. Vaivads, T. S. Horbury, H. O'Brien, V. Evans, V. Angelini, C. J. Owen and P. Louarn, Whistler waves observed by Solar Orbiter/RPW between 0.5 AU and 1 AU, *A&A*, 656 (2021) A24, DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140945>

V. Génot, E. Budnik, C. Jacquy, M. Bouchemit, B. Renard, N. Dufourg, N. André, B. Cecconi, F. Pitout, B. Lavraud, A. Fedorov, M. Ganfloff, I. Plotnikov, R. Modolo, N. Lormant, H. Si Hadj Mohand, C. Tao, B. Besson, D. Heulet, D. Boucon, J. Durand, N. Bourrel, Q. Brzustowski, N. Jourdane, R. Hitier, P. Garnier, **B. Grison**, N. Aunai, A. Jeandet, F. Cabrolie, *Automated Multi-Dataset Analysis (AMDA): An on-line database and analysis tool for heliospheric and planetary plasma data*, *Planetary and Space Science*, Volume 201, 2021, 105214, ISSN 0032-0633, <https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105214>.

E. Chané, B. Schmieder, S. Dasso, C. Verbeke, **B. Grison**, P. Démoulin and S. Poedts, Over-expansion of a coronal mass ejection generates sub-Alfvénic plasma conditions in the solar wind at Earth, *A&A*, 647 (2021) A149, DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039867>



Kombinace měření spektrální výkonové hustoty pomocí různých modulů přístroje Radio and Plasma Wave sondy Solar Orbiter během jejího prvního průletu okolo Venuše. (a) Výkonové spektrum měření elektrického pole složené z pozorování moduly LFR, TDS a TNR. (b) Výkonové spektrum magnetického pole měřeného přijímači LFR a TDS. Lokální elektronová cyklotronová (f_{ce}), iontová (f_{pi}) a elektronová (f_{pe}) plazmová frekvence jsou zobrazeny černými čarami ($f_{ce} < f_{pi} < f_{pe}$). Vertikální čárkované čáry oddělují jednotlivé regiony indukované magnetosféry planety Venuše.

Oddělení kosmické fyziky Ústavu fyziky atmosféry AV ČR v roce 2021

1. Radka Balková, administrativní pracovník, částečný úvazek 50%
2. Sampath Bandara, postdoktorand, od 16. července 2021
3. Zdeněk Griebel, technik, částečný úvazek 40%
4. Benjamin Grison, vědecký pracovník
5. Michajlo Hajoš, vědecký pracovník
6. Miroslav Hanzelka, PhD student, částečný úvazek 70%
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. Jan Lukačevič, PhD student, částečný úvazek 70%, *do 31. ledna 2021*
15. David Píša, vědecký pracovník
16. Martin Popek, pozorovatel TLE, částečný úvazek 25%
17. Ondřej Santolík, vedoucí vědecký pracovník, vedoucí oddělení
18. Jan Snížek, odborný pracovník výzkumu a vývoje, částečný úvazek 50%
19. Jan Souček, vedoucí vědecký pracovník, zástupce vedoucího oddělení
20. Hana Špačková, PhD student, částečný úvazek 70%, *od 20. září 2021 mateřská a rodičovská dovolená*
21. Ulrich Taubenschuss, vědecký pracovník
22. *Alexander Tomori, PhD student, rodičovská dovolená*
23. Marie Turčičová, PhD student od 6. dubna 2021
24. Luděk Uhlíř, odborný pracovník výzkumu a vývoje