



TISKOVÁ ZPRÁVA

ze dne 7. února 2020

Solar Orbiter – evropská mise ke Slunci s českou účastí

Sonda Solar Orbiter Evropské kosmické agentury (ESA) se na cestu ke Slunci vydá v začátku příštího týdne. Je prvním a hned velmi viditelným úspěchem členství České republiky v ESA a také české účasti na vědeckých misích ESA. Podle plánu má odstartovat z Floridy 10. února v 5:03 našeho času (tedy 9. února ve 23:03 východoamerického času) pomocí nosné rakety Atlas V 411. Na přípravě čtyř z deseti přístrojů na palubě sondy se podílely české instituce.



Celková hmotnost sondy 1800 kg

Rozpětí (se slunečními panely) 18 m

10 vědeckých přístrojů, z toho na čtyřech najdeme český podíl

Ke Slunci se přiblíží na vzdálenost menší než obíhá planeta Merkur.

Start sondy Solar Orbiter, který byl původně plánován na rok 2017, byl po řadě odkladů stanoven na 6. února 2020 a v posledních 14 dnech ještě dvakrát posunut (mj. kvůli počasí na Floridě) na pondělní brzké ráno našeho času. Tato evropská sonda (ve spolupráci ESA s NASA) určená k pozorování a výzkumu Slunce, sluneční koróny a slunečního větru, bude následovat americkou sondu Parker Solar Probe (NASA), která se ke Slunci vydala již v roce 2018 a sluneční fyzikové právě analyzují první získaná data. Solar Orbiter doplní její měření slunečního větru především o pozorování Slunce kamerami a dalekohledy ve viditelné, ultrafialové i rentgenové části spektra z blízké vzdálenosti. Tento požadavek vědců značně ztížil přípravu sondy, protože sonda poletí do oblasti vysokého žáru a její tepelný štít ji musí nejenom chránit, ale zároveň umožňovat otevírání krytek pro přímé pozorování Slunce. Kamery Solar Orbiteru budou snímkovat naši hvězdu přes malé otvory v 30 cm tlustém tepelném štítu, který bude chránit sondu proti vysokým teplotám a nepřetržitému působení vysoce nabitých částic slunečního větru. Většinu materiálu štítu tvoří hliník, na čelní straně je pak titanová fólie. Štít se skládá z několika vrstev, přičemž z jeho 30 cm tloušťky zabírá nejvíce prostoru prázdné místo. Konstrukci tvoří čelní plát (hliník a titanová fólie), dále 25 cm mezera, další plát a boční radiátory, další menší mezera a teprve pak tělo sondy. Zatímco vnější část tepelného krytu bude odolávat teplotám 520 stupňů Celsia, vnitřní části budou pracovat při teplotě okolo 50 stupňů a okolní prostředí studeného vesmíru bude mít teplotu mínus 170 stupňů Celsia.

Naprostým unikátem, který vnese sonda Solar Orbiter do poznání naší nejbližší a životodárné hvězdy, bude pozorování obou slunečních pólů. To se stane v historii poprvé, dosud jsme neměli možnost je spatřit. Mise sondy Solar Orbiter bude znamenat zásadní posun ve výzkumu naší nejbližší hvězdy.

Americká sonda Parker Solar Probe a evropská sonda Solar Orbiter se tak velmi vhodně doplňují. Navíc sluneční fyzikové budou moci kombinovat data z nového a pro pozorování Slunce současně největšího pozemního teleskopu Daniela K. Inouye umístěného na Hawaji s těmito dvěma sondami.

Česká účast na Solar Orbiteru byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy, v rámci programu PRODEX a Ministerstvem dopravy (Odbor inteligentních dopravních systémů, kosmických aktivit a výzkumu, vývoje a inovací). V současné době jsou aktivity Akademie věd ČR na přípravě mise realizovány v rámci Strategie AV21 - programu "Vesmír pro lidstvo".

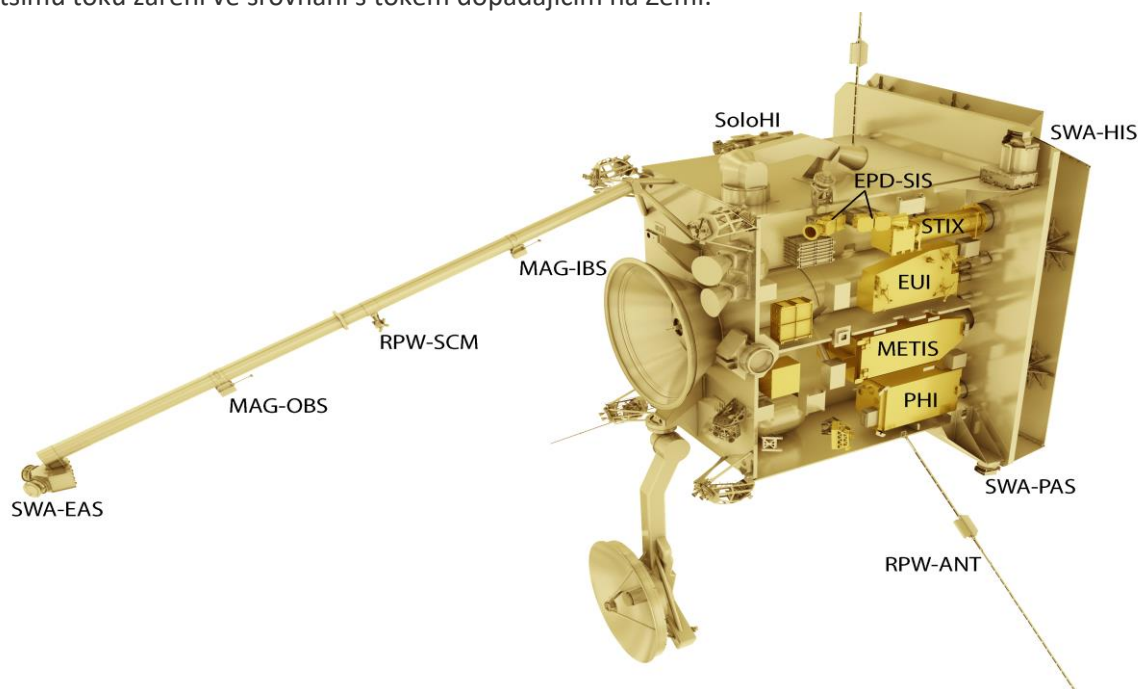
O českém podílu na přístrojích STIX, RPW, METIS a SWA, jejichž letové kusy byly úspěšně předány do ESA již v roce 2017 (http://www.vesmírpolidstvo.cz/opencms/export/sites/vesmír-pro-lidstvo/.content/galerie-souboru/tiskove-zpravy/TZ_Solar_Orbiter_19072017.pdf), referujeme níže.

Základní fakta o misi ESA Solar Orbiter - cíle a vědecký program

Tato vědecká mise Evropské kosmické agentury (ESA) je součástí programu pod názvem Cosmic Vision (2015-2025) jako mise střední velikosti (M-class). Její realizace byla schválena v roce 2011 a její start je nyní plánován na únor 2020.

Cílem kosmické sondy Solar Orbiter je komplexní studium Slunce a vnitřní heliosféry z bezprostřední vzdálenosti a tedy s vysokým rozlišením. Ke Slunci se má každého půl roku přibližovat až na vzdálenost asi 60 slunečních poloměrů (0.28 astronomické jednotky), tedy blíže než planeta Merkur. Pomocí opakovaných průletů kolem Země a planety Venuše se bude sklon oběžné dráhy sondy postupně zvětšovat až na velikost 30 stupňů k ekliptice. Solar Orbiter tak získá světové prvenství unikátním pozorováním oblastí kolem obou slunečních pólů se současným měřením vlastností prostředí, kterým bude prolétat. V okamžicích největšího přiblížení bude sonda nucena odolávat 13x

většímu toku záření ve srovnání s tokem dopadajícím na Zemi.



Deset palubních přístrojů sondy má objasnit tyto čtyři základní otázky:

- **Co způsobuje sluneční vítr a jak vzniká koronální magnetické pole?**
- **Jak sluneční jevy řídí heliosférickou variabilitu?**
- **Jak sluneční erupce produkují energetické částice, které se šíří heliosférou?**
- **Jak pracuje sluneční dynamo a řídí spojení mezi Sluncem a heliosférou?**

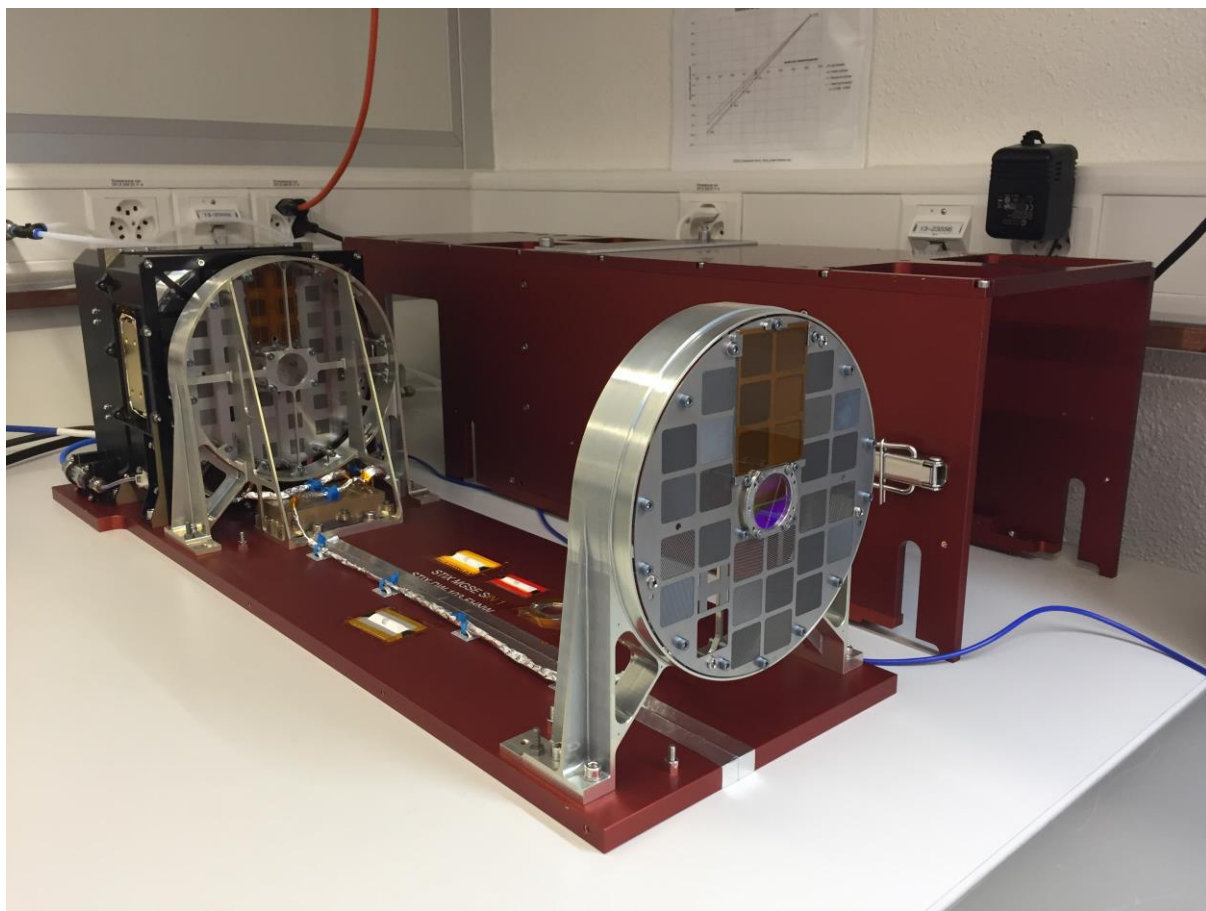
Aby bylo možno naměřit dostatečné množství nových fyzikálních údajů (nominální pozorovací fáze bude trvat 6 let s možností prodloužení o dalších až 5 let), musí sonda i přístroje “přežít” obrovské teplotní zatížení i vysokou radiaci nabitých částic. Cesta od startu na finální dráhu kolem Slunce potrvá téměř 2 roky a během této doby bude probíhat pouze “in situ” pozorování částic slunečního větru, polí a vln v okolí sondy. Následně, po dosažení cílové dráhy, se přidají další přístroje, které budou opakovaně snímkovat celý sluneční disk, ale i jeho vybrané oblasti nebo sluneční korónu. Rychlost pohybu sondy se na určitých úsecích dráhy bude blížit k rotační rychlosti Slunce (bude ko-rotovat se Sluncem, ale rychlost oběhu bude větší než rychlost rotace Slunce). To umožní delší stabilní pozorování vybraných oblastí a zároveň přímé měření vlastností slunečního větru, který v těchto oblastech vzniká. Pravidelná měření lokálního prostředí budou zahájena v březnu až květnu 2020, fotografování Slunce až o dva roky později, až se sonda dostatečně přiblíží ke Slunci.

Česká republika se prostřednictvím vědeckých pracovišť a vybraných firem podílela na vývoji a výrobě čtyř vědeckých přístrojů z deseti umístěných na palubě této sondy – METIS, STIX, RPW a SWA.

Samotná meziplanetární sonda byla konstruována a testována ve společnosti Airbus Space and Defence ve Velké Británii.

Přístroj STIX

STIX = Spektrometr - teleskop pro zobrazení rentgenových zdrojů. Je jedním z deseti vědeckých přístrojů na palubě sondy Solar Orbiter. STIX umožňuje zobrazení těchto zdrojů v tvrdé rentgenové oblasti (5-150 keV) s vysokým prostorovým, spektrálním i časovým rozlišením. Využívá k tomu mozaiku 32 speciálních mřížek z wolframu spolu se stejně velkou mozaikou cadmium-teluridových detektorů. V tomto uspořádání je obraz rozložen do Fourierovských komponent a telemetricky přenesen na Zemi, kde se počítačově vytváří obraz zdroje. **Zaměřením na Slunce je takto vytvořen výkonný přístroj, umožňující studium fyzikálních procesů ve slunečních erupcích a v dalších energetických jevech ve sluneční atmosféře.**



STIX těsně před integrací do sondy

Přístroj Metis

Jedná se o koronograf pro studium koróny, eruptivních procesů v koróně (tzv. výrony koronální hmoty - CME) a slunečního větru. Jeho koncepce navazuje na velmi úspěšný koronograf UVCS ještě donedávna pracující na satelitu ESA SOHO a na další kosmický koronograf LASCO též umístěný na SOHO. Původně měl Metis obsahovat i UV spektrograf, bohužel ale z důvodu velké finanční náročnosti byla jeho koncepce omezena na zobrazovací techniku v UV oblasti pomocí filtru ve spektrální čáře vodíku Lyman-alfa a v optické oblasti pomocí širokopásmového filtru. **Simultánní pozorování koróny a procesů v ní pomocí těchto dvou filtrů bude první svého druhu a mělo by poskytnout unikátní data.** Pro jejich analýzu se již dnes připravuje komplexní vědecká metodika, na níž se aktivně podílí i Astronomický ústav AV ČR. Koronograf je v podstatě dalekohled, který zastíní

světlo slunečního disku a tím se docílí daleko vyššího kontrastu při pozorování slabě zářící koróny. Klíčové optické elementy tohoto dalekohledu, tj. zobrazovací zrcadla, byla vyvinuta a vyrobena v České republice v laboratořích TOPTEC (Turnov), které jsou součástí Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. Zejména v UV oblasti jsou na přesnost této optiky kladeny mimořádné nároky. Česká účast v mezinárodním konsorciu Metis byla a je nadále koordinována Astronomickým ústavem AV ČR, který garantuje vědeckou stránku projektu. Na české straně je projekt financován v rámci programu ESA-PRODEX.



Přístroj Metis během laboratorních testů

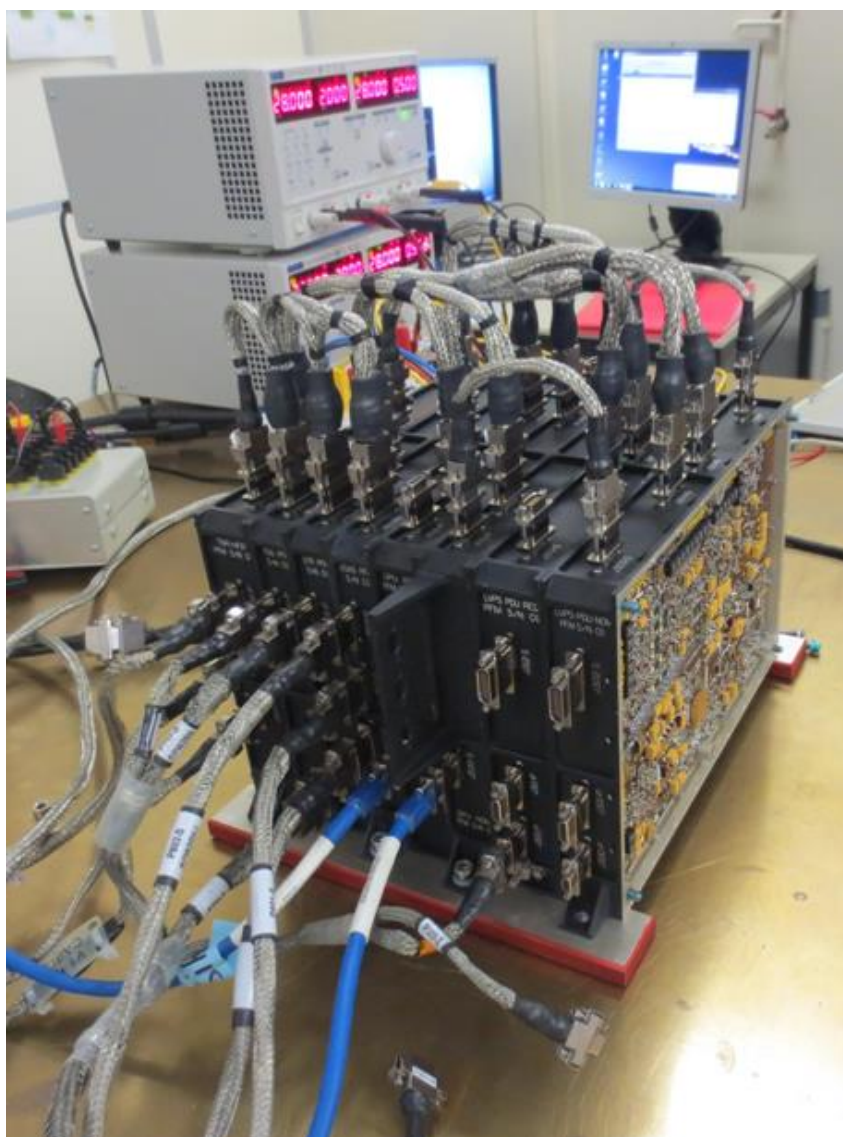
Přístroj RPW

Přístroj RPW (Radio and Plasma Waves) je určen k měření elektromagnetického pole, plazmových a rádiových vln ve slunečním větru obklopujícím sondu Solar Orbiter. K tomuto účelu zaznamenává a zpracovává signály ze tří elektrických antén a cívkového magnetometru pomocí specializované elektroniky.

Dva ústavy Akademie věd ČR (Ústav fyziky atmosféry a Astronomický ústav) ve spolupráci s českými firmami CSRC a G. L. Electronic vyvinuly a vyrobily dvě zásadní komponenty pro tento přístroj, které v roce 2017 dodaly francouzské laboratoři LESIA se sídlem v Pařížské Observatoři v Meudonu, která projekt vede a za dodání a provoz přístroje RPW odpovídá. Kolektiv z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR vyvinul pro přístroj RPW digitální přijímač elektromagnetických vln TDS (Time Domain Sampler), který bude zaznamenávat elektromagnetický signál a v naměřených

digitalizovaných datech dokáže samostatně identifikovat zajímavé úseky, kdy přístroj zachytil například plazmové vlny nebo dopady částic meziplanetárního prachu. Tyto úseky potom odešle na zem pro další analýzu a tak dokáže podstatně lépe využít omezený objem dat, který může sonda na zem odeslat.

Druhou elektronickou jednotkou přístroje RPW vyvinutou v Akademii věd, tentokrát v Astronomickém ústavu, je zdroj napájení LVPS-PDU (Low Voltage Power Supply - Power Distribution Unit). Jejím úkolem je regulovat dodávky elektrické energie ze solárních panelů, měřit telemetrické údaje o spotřebě celého experimentu RPW a především filtrovat škodlivé elektromagnetické rušení. Přístroje umístěné na sondě jsou natolik citlivé, že v případě nasazení standardních modulárních napájecích zdrojů běžně používaných pro telekomunikační satelity by jejich silné rušení zcela znehodnotilo vlastní vědecká měření. Mnoho částí napájecí jednotky (LVPS-PDU) je rovněž z důvodů zvýšení spolehlivosti zdvojených nebo elektricky izolovaných tak, aby v případě selhání ostatních systémů mohlo k měření docházet alespoň s omezeným počtem vědeckých senzorů.



Letový model přístroje pro studium kosmického plazmatu RPW, dvě jednotky LVPS-PDU jsou patrné v pravé části sestavy a jednotka TDS je třetí karta zleva.

Spolupráce Akademie věd s Univerzitou Karlovou, přístroj SWA na palubě Solar Orbiteru

SWA je anglickou zkratkou pro Solar Wind Analyzer, tedy analyzátor slunečního větru. Sluneční vítr je proud nabitých částic (iontů - především protonů a alfa částic, a elektronů), které rychlostí několika set kilometrů za sekundu unikají z horké sluneční koróny do meziplanetárního prostoru. Solar Wind Analyzer je tvořen třemi základními bloky sensorů a společnou jednotkou pro zpracování dat (DPU), které vyvinulo a dodalo konsorcium vědeckých institucí pod vedením *Mullard Space Science Laboratory, University College London* (MSSL) z Velké Británie.

Blok PAS (Proton and Alpha Sensor) bude měřit 2D a 3D rychlostní rozdělení protonů a alfa částic o energiích 70 eV až 20 keV s časovým rozlišením 4 s (v omezených časových intervalech až 67 ms), jeho garantem je francouzský Ústav pro astrofyzikální a planetární výzkum (*Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie*, IRAP) v Toulouse. Skupina kosmické fyziky *Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy* pro blok PAS vyvinula desku vstupní elektroniky detektorů a vysokonapěťových zdrojů. Blok EAS (Electron Analyzer Systems) určený ke studiu rychlostního rozdělení elektronů ve slunečním větru s energiemi 1 eV – 5 keV s vysokým rozlišením (1 s pro 3D rozdělení, 125 ms pro pitch-úhlové rozdělení) dodala MSSL. Blok HIS (Heavy Ion Sensor) vyvinula skupina amerických institucí pod vedením *Southwest Research Institute* a bude sloužit ke studiu prvkového složení, ionizačních stavů a 3D rychlostního rozdělení těžších iontů slunečního větru (He – Fe, 0,5 – 18 keV/q, u klíčových iontů He, C, O, Fe až do supratermálních energií 70 keV/q). Konečně řídicí jednotku DPU dodalo sdružení italských firem a institucí pod vedením *Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali* (IAPS).

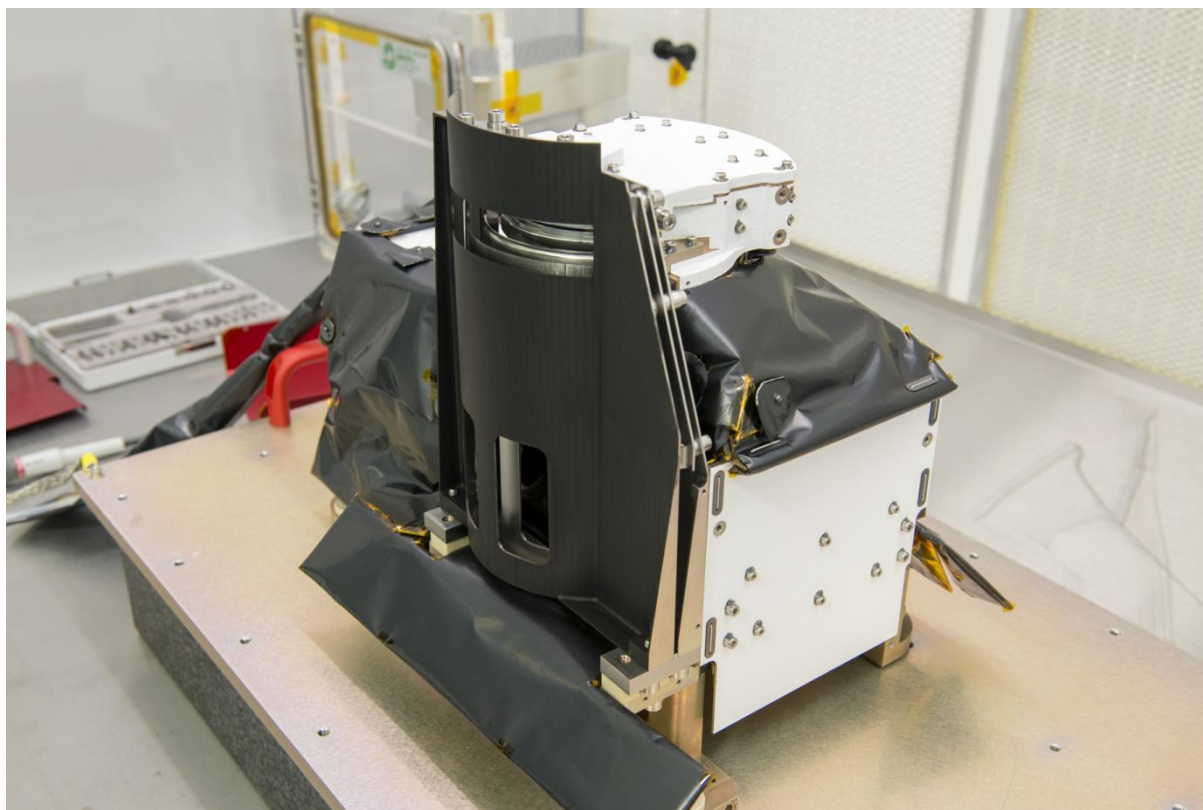
Protože unášivá rychlost iontů slunečního větru je několikanásobně vyšší než rychlost družice, postačuje blokům PAS a HIS jen menší zorné pole s výhledem na Slunce. Aby byly bloky chráněny před spalujícím tepelným zářením Slunce, jsou namontovány na přední straně sondy za jejím tepelným štítem a jejich vstupní štěrby jen vyhlížejí zpoza výřezů v rozích štítu. Vstupní části opatřené pomocnými tepelnými štíty pak propouštějí samotné sluneční paprsky volně skrz přístroje, zatímco ionty jsou elektrickým polem odkláněny dovnitř analyzátorů. V tom je koncepce bloků zcela nová proti předchozím řešením obvykle montovaných na rotující družice.

Elektrony jsou naopak mnohem rychlejší než sonda Solar Orbiter a přicházejí ze všech směrů. Proto blok EAS potřebuje výhled do plného prostorového úhlu. Aby samotná sonda nestínila příchozí elektrony a zároveň blok EAS byl chráněn před slunečním zářením, jsou dva jeho analyzátory namontovány na konci výklopného ramene ve stínu sondy.

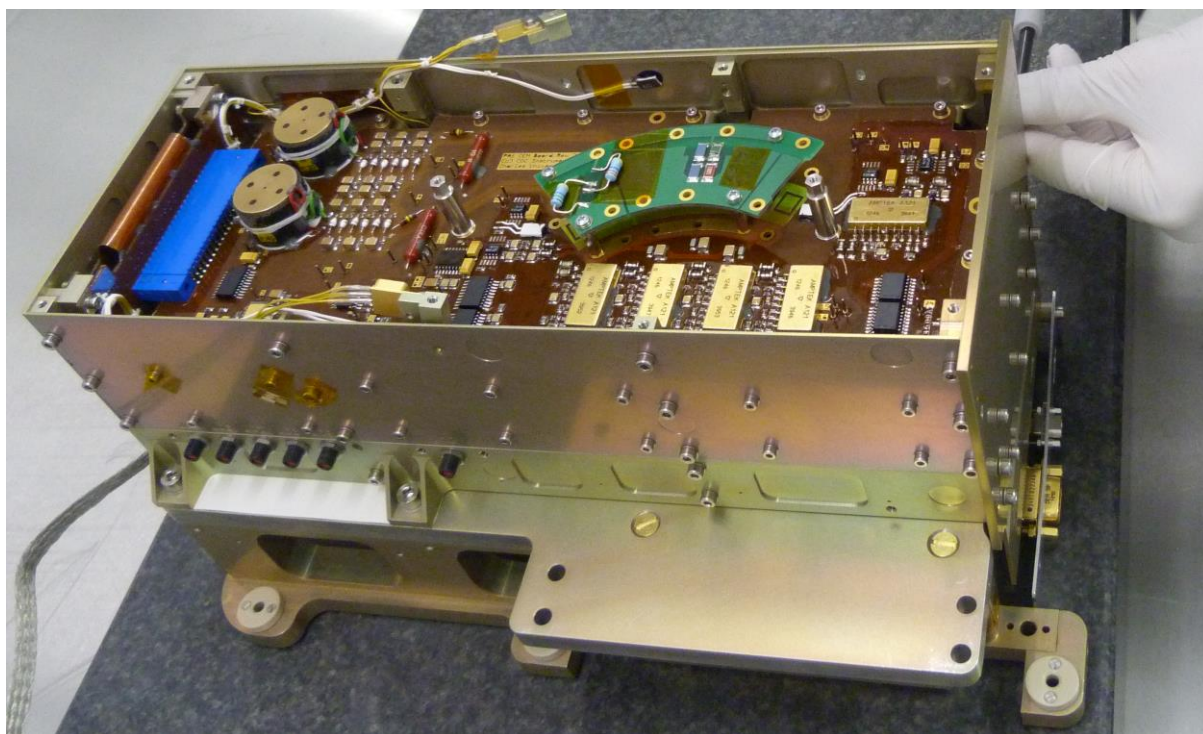
Deska vstupní elektroniky SWA-PAS vyvinutá na MFF UK ve spolupráci s CGC-Instruments zahrnuje nosné prvky, kolektory a nábojově citlivé vstupní zesilovače pro 11 keramických kanálotronů (CEM, Channel Electron Multiplier) – detektorů nabitých částic, a také dvojici vysokonapěťových zdrojů 300 V – 4 kV pro napájení CEM. Na výrobě a testování se podílely i české společnosti G.L. Electronic a Výzkumný a zkušební letecký ústav. Ostatní součásti bloku PAS (deflektor a elektrostatický analyzátor s příslušnými vysokonapěťovými zdroji, elektroniku nízkonapěťového měniče a číslicového řízení) zabezpečoval IRAP.

Podílem na bloku SWA-PAS financovaným z českého příspěvku do programu ESA PRODEX získala Česká republika přímou účast v prestižním mezinárodním projektu/vědeckém konsorciu, rozšířila se spolupráce českých vědců s novými zahraničními i tuzemskými vědeckými laboratořemi a průmyslovými subjekty. Tato kooperace přinesla i další zkušenosti s vývojem kosmických přístrojů dle standardů ESA a CNES, možnost uplatnění nových technologií v návrhu kosmických přístrojů (konstrukce VN zdrojů s vysokou účinností) a sdílení know-how se zahraničními partnery.

V neposlední řadě jsme získali pozvání k účasti na dalších kosmických projektech. Při zpracování a interpretaci dat sondy Solar Orbiter vědci z Matematicko-fyzikální fakulty UK počítají i s pokračováním přímé spolupráce s dalšími účastníky mise Solar Orbiter z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a Astronomického ústavu AV ČR.



Letový model SWA-PAS



Deska vstupní elektroniky kvalifikačního modelu SWA-PAS během montáže bloku v IRAP

Odkazy:

Informace o sondě Solar Orbiter (v češtině)

<http://www.vesmirprolidstvo.cz/cs/mise-a-projekty/Solar-Orbiter-ke-Slunci/zakladni-informace/index.html>

Informace o sondě Solar Orbiter – Evropská kosmická agentura (v angličtině) včetně odkazů na videa a obrázky

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Solar_Orbiter

<https://sci.esa.int/web/solar-orbiter>

Grafika ESA (průběh startu – bohužel se starým datem startu 7./8. února, rozmístění přístrojů na sondě, ... v angličtině)

<https://www.flickr.com/photos/europeanspaceagency/49449102356/in/photostream/lightbox/>

Video NASA (v angličtině)

https://www.youtube.com/watch?v=s-ax7_L2aM

Krátké popularizační video Akademie věd (v češtině) -

<https://www.facebook.com/129169800432349/posts/3272707866078511/>

Krátké popularizační video Ústavu fyziky atmosféry AV ČR (v češtině)

<https://www.youtube.com/watch?v=CamwDvJ0yaM>

Přenos startu sondy (v angličtině)

<https://www.youtube.com/watch?v=pTHJGGxNVhM>

Přenos startu sondy - Kosmonautix.cz na mall.tv (v češtině)

<https://www.facebook.com/events/608495326657314/>

Twitter (v angličtině)

<https://twitter.com/esasolarorbiter>

Tisková zpráva z roku 2017, kdy byly předány letové součástky z České republiky

http://www.vesmirprolidstvo.cz/opencms/export/sites/vesmir-pro-lidstvo/.content/galerie-souboru/tiskove-zpravy/TZ_Solar_Orbiter_19072017.pdf

Související výzkum Slunce (tisková zpráva)

<http://www.vesmirprolidstvo.cz/opencms/export/sites/vesmir-pro-lidstvo/.content/galerie-souboru/tiskove-zpravy/TZ-slunecni-erupce-2020-final.pdf>

Další česká účast na programu ESA – www.vesmirprolidstvo.cz

Kontakt a bližší informace:

Pavel Suchan

tiskový mluvčí, Astronomický ústav AV ČR a tiskový tajemník programu Vesmír pro lidstvo

suchan@astro.cz, 737 322 815 (poskytne spojení na jednotlivé respondenty)