

Zpráva AV21-VP 16 za rok 2020

I. Souhrn

a) Míra spolupráce mezi pracovišti AV ČR a spolupracujícími pracovišti

Kosmické projekty jsou často komplexní a vyžadují velkou míru spolupráce. V programu Vesmír pro lidstvo (dále jen VP 16) je velice široká míra spolupráce mezi pracovišti AV ČR (celkem 12 pracovišť v roce 2020) s mezinárodními partnery, univerzitami i průmyslovými subjekty. Tato spolupráce se na řešených kosmických projektech stále prohlubuje i rozšiřuje.

Hlavními mezinárodními partnery jsou Evropská kosmická agentura (ESA) a mezinárodní instrumentální konsorcia, do kterých jsou řešitelé programu VP 16 zapojeni. Nově se jedná o mezinárodní konsorcium velké mise ESA LISA (Laser Interferometer Space Antenna), dále přístroje X-IFU na velké rentgenové misi ESA Athena, konsorcium středně velkých misí ESA Ariel a Plato, Lagrange či eXTP (čínsko-evropské konsorcium). Kromě nových konsorcií pokračuje spolupráce ve stávajících projektech zahrnujících vědecké přístroje na misích Solar Orbiter (METIS, STIX, RPW), JUICE (přístroj RPWI), ExoMars 2022, TARANIS, experimenty měření radiace na ISS a další. Jedná se tedy v rámci VP 16 o desítky spolupracujících institucí s více než 15 různými zeměmi v Evropě, USA, Japonsku a Číně.

V rámci vývoje hardwarových částí vědeckých přístrojů pro kosmické mise výrazně spolupracujeme s průmyslovými subjekty v mnoha oblastech - jedná se o oblast mechanické výroby (například SAB Aerospace v projektu PLATO, Frentech v projektu eXTP), návrhu designu (L.K.E., Elya v projektech eXTP a LISA), elektroniky (G.L.Electronics, CSRC, Pragoboard Praha), palubního software (například Foxworks, ESC), testování (VZLU), atd. S novými projekty se prohlubuje míra spolupráce AV ČR s novými high-tech firmami.

Spolupráce mezi ústavami AV ČR je popsána v sekci b) Synergie součinnosti pracovišť AV ČR a spolupráce s univerzitami v části j) Spolupráce se vzdělávací sférou a s veřejnou správou.

b) Synergie součinnosti pracovišť AV ČR

Využití expertízy různých ústavů ve společném projektu otevírá širší možnosti zapojení ČR do významných kosmických misí. Na řešení projektu VP 16 se v roce 2020 podílely následující ústavy AV ČR: Astronomický ústav (ASU), Ústav fyziky atmosféry (ÚFA), Ústav fyziky plazmatu - TOPTEC (TOPTEC), Ústav jaderné fyziky (ÚJF), Ústav přístrojové techniky (ÚPT), Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského (ÚFCH-JH), Fyzikální ústav (FZÚ), Ústav termomechaniky (ÚT), Geofyzikální ústav (GFÚ), Mikrobiologický ústav (MBÚ) a Botanický ústav (BÚ).

Mezi úspěšné existující spolupráce patří spolupráce na misích Solar Orbiter či PROBA 3 mezi ASU, TOPTEC a ÚFA, na přístroji RPWI mise Juice (spolupráce ASU a ÚFA), přístroji WAM na ExoMars 2022 (spolupráce ÚFA a ÚPT). ÚJF a ÚFA úzce spolupracují na řešení otázek týkajících se detekce a dozimetrie záření kosmického či atmosférického původu při pozemních měření na Milešovce a Lomnickém Štítu pomocí speciálně vyvinutých širokopásmových antén (ÚFA) a detektorů kosmického záření (ÚJF). Mezi nedávno vzniklé spolupráce patří spolupráce mezi ASU a ÚFA v projektu Athena X-IFU nebo ÚFCH-JH na přípravě mise ARIEL s centrem TOPTEC a s ASU.

Nově (v roce 2020) vzniklé konsorcium ze 4 ústavů AV ČR (ASU, FZÚ, ÚFA a ÚT) podalo návrh hardwarového příspěvku do mise LISA, který je předmětem hodnocení Českého výboru PRODEX. Synergie mezi ústavu AV ČR v rámci VP 16 může zajistit účast ČR na této vysoce prestižní velké misi ESA na měření gravitačních vln z vesmíru (za to pozemské byla nedávno udělena Nobelova cena).

Na podzim 2020 je plánované vyhlášení výzvy pro český ambiciózní kosmický projekt, který plánuje Ministerstvo dopravy ve spolupráci s ESA. O možných návrzích probíhá společná diskuze mezi ústavu AV ČR i v rámci programu VP 16.

c) Společenská relevance výstupů

Společenskou relevanci výstupů vidíme v několika rovinách:

- (i) Podíl technologické a výrobní sféry (HW i SW) na kosmických misích, zejména misích ESA, což vede k postupnému zvyšování kvalifikace firem a dalších subjektů požadované pro kosmický výzkum.
- (ii) Mise ESA patří mezi světově nejvýznamnější vědecké projekty, které přinášejí jednak nové objevy v našem vědeckém poznání, ale také v praktické oblasti. Například v oblasti výzkumu Slunce a heliosféry mají kosmické mise přímou vazbu na problematiku kosmického počasí, tj. vlivy sluneční aktivity (erupce, CME) na Zemi a další planety Sluneční soustavy.
- (iii) Zvyšování povědomí české veřejnosti o významu programu AV ČR v oblasti výzkumu a využití kosmu (viz též bod h).

Vzájemná spolupráce mezi akademickými pracovišti a průmyslovou sférou umožňuje českému průmyslu účastnit se na vývoji špičkových kosmických technologií, seznámit se se způsobem práce zahraničních partnerů, zdokonalit se ve schopnosti mezinárodní spolupráce a konkurenceschopnosti a umožňuje transfer technologií do aplikovaného průmyslu. Účast ČR v instrumentálních konsorciích strategických vědeckých misí ESA umožňuje ČR podílet se na vývoji a přípravě špičkových kosmických technologií. Tato skutečnost má význam pro rozšíření povědomí o kosmických projektech ESA i v české společnosti. To umožní větší angažovanost a otevře příležitosti pro další mezinárodní spolupráce ve velmi inovativním odvětví průmyslu, který kosmické technologie představují.

Kosmické záření, společně s mikrogravitací a psychologickými problémy, představuje jedno z hlavních zdravotních rizik pro posádky vesmírných lodí (ať už během jejich pobytu na ISS nebo při plánovaných letech na Měsíc či Mars). Úroveň ozáření ve vesmíru / na palubách

vesmírných plavidel může být až několik set krát vyšší než na zemském povrchu; v případě silných slunečních erupcí mohou být obdržené dávky letální. Kromě toho je záření nebezpečné i pro techniku, kterou může nenávratně poškodit nebo změnit její funkci. Úroveň ozáření je tedy potřeba co nejpřesněji stanovit a pokusit se radiční zátěž (posádek i zařízení) snížit. Kosmické záření představuje i zvýšené riziko pro posádky letadel.

Družicový projekt Lagrange je určen k pozorování a detekci slunečních erupcí s potenciálem zasáhnout Zemi a vyvolat silné geomagnetické bouře. Tento projekt je primárně operačního charakteru, má tedy kromě vědeckého výzkumu sloužit jako součást systému včasného varování před riziky spojenými s extrémními projevy sluneční aktivity.

d) Přínos pro řešení aktuálních vědeckých a společenských problémů

VP 16 se zaměřuje na aktuální výzvy a na včasné zapojení ČR do významných kosmických misí, zejména v rámci ESA. Program PRODEX MŠMT umožňuje finanční podporu vývoje vědeckých přístrojů, ale typicky až od tzv. fáze B, kdy je mise adoptována a veškeré činnosti jsou rozvrženy v rámci mezinárodního instrumentálního konsorcia. V této fázi již bývá pozdě dostat se k zajímavým hardwarovým příspěvkům pro vědecké přístroje na kosmických misích. VP 16 se proto zaměřuje na podporu synergie mezi ústavu a jejich včasné zapojení do plánovaných misí s cílem přinést i českému průmyslu zajímavé projekty technologického vývoje.

V roce 2019 se týmy z VP 16 staly novými členy instrumentálních konsorcií misí Athena (přístroj X-IFU), eXTP (přístroj LAD), PLATO a Lagrange. V roce 2020 se týmy z VP 16 staly členy konsorcia ARIEL. Návrh k zapojení do mise LISA byl kladně hodnocen Českým výborem PRODEX i ESA a jeho financování se očekává po formálním stvrzení smluvní spolupráce mezi ESA a ústavu AV ČR.

Vědecké mise ESA řeší aktuální vědecké i společenské cíle, mezi které patří pochopení podstaty vesmíru (mise studující hluboký vesmír jako jsou Athena, LISA), řešení otázky možnosti života mimo Zemi (mise Plato a Ariel pro studium exoplanet) či měnící se klima na Zemi nebo vývoj kosmického počasí. VP 16 tak zahrnuje průřezově několik témat, od výzkumu hlubokého vesmíru a základních fyzikálních teorií až po velmi praktické a pro lidstvo až životně důležité otázky, jako jsou např. měnící se klima, projevy sluneční činnosti nebo pochopení bouřkové činnosti v atmosféře Země, výzkum Marsu jako nejpodobnější planety naší Zemi či ochranu astronautů před kosmickým zářením.

e) Soulad výzkumného programu s cíli Národních priorit orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací a zapojení do evropských a mezinárodních programů

Zapojováním do kosmických projektů je náš program Vesmír pro lidstvo v souladu s národními prioritami, zejména s cíli

- 3.1.2 Pokročilé materiály pro konkurenceschopnost,
- 3.1.3 Inovace a udržitelnost klasických materiálů,
- 3.1.4 Využití nanomateriálů a nanotechnologií.

Kosmické projekty řešené v tomto VP 16 jsou zejména orientované na spolupráci v rámci Evropské kosmické agentury ESA. Téma kosmických projektů je také identifikováno jako jedna z důležitých oblastí výzkumu, podporovaného Evropskou unií a bude podporováno také v rámci programu Horizon2020.

VP 16 je rovněž plně v souladu s cíli Národního kosmického plánu (NKP), který schválila vláda ČR. Za přímé účasti expertů AV ČR a vysokých škol proběhla v roce 2019 příprava nového NKP na ministerské úrovni.

Zapojení do evropských a mezinárodních programů je prakticky ve všech případech nutnou podmínkou účasti AV ČR v kosmických misích, neboť jen takové - a zejména program ESA - lze financovat v rámci programu PRODEX, kde se jedná o prostředky v řádu milionů EUR. Navíc jsou tyto mise připravovány v rámci širokých mezinárodních konsorcií, do nichž je AV ČR přizvána na základě vysoké expertní úrovně a již dříve získaných výsledků.

f) Přínos pro reflexi otázek aktuálně rezonujících ve společnosti

Jedním z velmi aktuálních témat je vypouštění satelitů v mnoha-početných konstelacích, jakým je například projekt Starlink soukromé americké společnosti SpaceX. V roce 2020 bylo vypuštěno celkem asi 600 satelitů Starlink na nízké oběžné dráze, čímž byl mnohonásobně překonán počet vypuštěných komerčních satelitů jedné společnosti. Během příštích osmi let by mělo být rozmístěno na 12 000 družic. Tyto nové konstelace mají negativní vliv na astronomická pozorování, zaplňují nízké oběžné dráhy a zvyšují tak riziko kolizí a vzniku kosmického smetí. V rámci programu VP16 se tomuto tématu věnujeme, abychom kriticky zhodnotili klady a záporné aspekty těchto komerčních projektů (publikace "Tlačeni na nízkých oběžných drahách", Vesmír 07/2020).

Stále jednou z nejvíce rezonujících otázek ve společnosti jsou klimatické změny (na světové úrovni se například jednalo o hlavní téma summitu OSN v září 2019, na lokální úrovni v Česku se zejména v posledních letech řešil problém s již několik let trvajícím suchem). Pozorování Země pomocí vesmírných družic výrazně přispělo a přispívá k našemu chápání klimatických změn. Jedná se o jedno z témat a zaměření programu VP 16.

Jiným společenským tématem je úvaha o možnostech existence života mimo Zemi. V září 2020 byly publikovány nové výsledky o čerstvém ledu na měsíci Enceladus, obíhajícího okolo planety Saturn, či detekce fosfanu v atmosféře Venuše. Možnost života v podpovrchových ledových oceánech u vzdálených planet bude studovat mise JUICE, která bude zkoumat měsíce Jupitera, kolem kterého obíhá Europa s podobným potenciálem podpovrchového oceánského života jako na měsíci Enceladus. Výskyt plynů v atmosférách planet zkoumá v rámci VP 16 tým ÚFCH-JH společně s ASU a Martin Ferus se v médiích vyjadřoval k významu detekce fosfanu na Venuši (existenci života v atmosféře to nezaručuje).

S možností života mimo naší Sluneční soustavu souvisí i další objevování extrasolárních planet (tj. planet v okolí jiných Slunci podobných hvězd). Podmínkou ke vzniku života je to, aby se planety nacházely v tzv. obyvatelné zóně, tedy v oblasti, kde může existovat voda v kapalném skupenství a radiace mateřské hvězdy není příliš silná. Na hledání "nových Zemí" mimo Sluneční soustavu se zaměřuje družice PLATO, jejíž součástí se tým, který je součástí VP 16, stal v loňském roce. V roce 2020 se staly členy konsorcia mise ARIEL spolupracující týmy z ÚFCH-JH (Co-PI mise ARIEL v rámci ČR, vedení WG Prebiotic chemistry and Astrobiology a příspěvek do WG Molecular Opacities), TOPTEC (technická část, zajištění

výroby optických elementů) a ASU (pozemní podpora). Mise ARIEL bude vycházet z objevů mise PLATO. Cílem je charakterizovat exoplanetární atmosféry.

g) Aplikační potenciál výsledků výzkumného programu

Kosmický výzkum vede k rozvoji nových metod a technologií, které pak nacházejí uplatnění v praxi. Pro řadu technických postupů musí získat firmy speciální certifikaci ESA. Dostávají se pak k možnostem, které běžné firmy bez této kosmické certifikace nemají.

Výsledkem spolupráce mezi akademickými pracovišti a průmyslovými partnery je tak transfer technologií do aplikační sféry. U témat VP 16 T3 a T4 se jedná o spolupráci s firmami při výrobě letových modelů přístrojů určených pro kosmické mise. Podobně jsou v tématu T5 vyvíjeny nové detekční metody a detektory ve spolupráci s firmami.

Vývoj "data processing unit" pro projekt Lagrange (ÚFA), stejně jako vývoj monitorovací jednotky pro přístroj XIFU na kosmickém dalekohledu ATHENA ve spolupráci ÚFA a ASU jsou významné z hlediska získávání technologického dědictví (takzvaného "heritage") pro budoucí vývoj. Podobná zařízení jsou nutná pro naprostou většinu kosmických projektů a stávající vývoj tak nabízí potenciál pro opakované použití na vědeckých i nevědeckých družicích. Podobnou "heritage" jsme získali již při vývoji a výrobě napájecích zdrojů pro palubní přístroje (počítače). Kromě transferu technologií z pracovišť AV ČR do průmyslu, kosmické projekty umožňují i spolupráci se zahraničními pracovišti a získání jejich znalostí pro české instituce a firmy.

h) Přínos pro zprostředkování vědeckých poznatků vůči veřejnosti (popularizace vědy)

Popularizaci vědy věnujeme značnou pozornost. Provozujeme a udržujeme aktuální webové stránky VP 16 Vesmír pro lidstvo - www.vesmirprolidstvo.cz, kde zprostředkováváme všechny informace o VP 16 veřejnosti srozumitelnou formou. Zájemci, ale i novináři nebo úředníci příslušných ministerstev se zde dostanou k informacím o jednotlivých kosmických misích a uveřejňujeme zde také aktuality a pozvánky na akce pro veřejnost. Částečně také průběžně využíváme další média – např. facebook Astronomického ústavu AV ČR a velmi čtený web České astronomické společnosti www.astro.cz.

V roce 2020 byly zásadním způsobem omezeny významné akce pro veřejnost - zrušen byl červnový Veletrh vědy, zářijový Festival vědy, rozsáhlé květnové Dny otevřených dveří Astronomického ústavu AV ČR. Je tedy samozřejmé, že jsme se v rámci programu VP 16 zaměřili více na virtuální přednášky. Řešitelé se zapojili do výzvy Věda na doma, virtuální přednášky jsme měli v září na Evropském festivalu filozofie a na listopad plánujeme v rámci Czech Space Week sérii přednášek pro veřejnost. Vše zároveň zprostředkováváme na našem webu. Veřejnost má na webu také možnost přihlásit se k odběru novinek.

Velmi výraznou událostí v červenci 2020 bylo zveřejnění prvního objevu sondy Solar Orbiter, první mise Evropské kosmické agentury, na které se velmi významně podílela také Česká republika. Nejen koordinované vydání tiskové zprávy ESA v celé Evropě a tedy i u nás, ale především velký mediální ohlas v našem i mezinárodním prostředí přinesl velké množství článků a reportáží pro veřejnost. Odkaz na tiskovou zprávu -

http://www.vesmirprolidstvo.cz/opencms/export/sites/vesmir-pro-lidstvo/.content/galerie-souboru/tiskove-zpravy/TZ-Solar-Orbiter-first-images_CZ_final.pdf.

I přes složitou situaci letošního roku jsme navázali vynikající spolupráci s výstavou Cosmos Discovery na Výstavišti Holešovice. Ve dvou etapách vznikly postupně dvě expozice připomínající současnou českou stopu v kosmickém výzkumu, diváci si aktuálně mohou ve 4 vitrínách prohlédnout modely Solar Orbiteru a TARANIS a dozimetr Spacedos (ÚJF AV), absorpční jodovou kyvetu pro LISA (ÚPT AV) a asférická zrcadla z koronografu METIS na Solar Orbiteru (TOPTEC). Na výstavě jsou dva velké postery věnované současnému zapojení ČR do kosmického výzkumu pod koordinací VP 16. Zúčastnili jsme se jako zástupci vědecké sféry dvou tiskových konferencí na této výstavě. Výstava byla prodloužena do konce října 2020.

i) Uplatnění výsledků výzkumného programu v praxi

Účast na kosmických projektech má význam pro inovace v českém průmyslu a transferu technologií. Má obrovský význam pro mladé vědce a inženýry, kterým umožňuje podílet se na mezinárodních výzkumných a technologických projektech. Výsledky se však zpravidla uplatňují s určitým časovým zpožděním.

Pro zapojení do instrumentálních konsorcií vědeckých přístrojů je často nutná spolupráce mezi ústavu AV ČR a jejich partnery. VP 16 hraje klíčovou roli v provázání aktivit napříč ústavu AV ČR, vede k větší vzájemné informovanosti o expertíze a zájmu v oblasti kosmických projektů na různých pracovištích a také finančně podporuje počáteční účast při vyjednávání s mezinárodními partnery, kterou v současné době není možné dotovat z jiných zdrojů. Úspěchem VP 16 je zajištění zapojení pracovišť AV ČR do několika nových významných misí v posledních dvou letech, konkrétně Athena X-IFU, eXTP, PLATO, Ariel, Lagrange či LISA. Další financování samotného vývoje a výroby vědeckých přístrojů pro tyto kosmické mise je pak zajištěno z programu MŠMT PRODEX.

j) Spolupráce se vzdělávací sférou a s veřejnou správou

V programu VP 16 máme velmi úzkou spolupráci se vzdělávací sférou a veřejnou správou. Spolupracujeme s předními univerzitami (Univerzita Karlova, ČVUT, Masarykova univerzita v Brně, Slezská univerzita v Opavě), ale i se středními školami a středoškolskými učiteli prostřednictvím spolupráce s kanceláří ESERO (European Space Education Resources Office). V oblasti vládní strategie pro kosmické aktivity spolupracujeme s Ministerstvem dopravy (dále MD), Ministerstvem školství, tělovýchovy a mládeže (dále MŠMT) a dalšími ministerstvy a státními úřady na jednotlivých projektech.

AV ČR má svého stálého zástupce (prof. Santolík) v Koordinační radě ministerstva dopravy pro kosmické aktivity ČR, což je centrální koordinační orgán zřízený vládou ČR. V této Radě se projednávají veškeré strategické otázky v oblasti kosmických aktivit ČR a zejména pak otázky působení ČR v ESA. Někteří další pracovníci zapojení do VP 16 jsou členy Výboru pro vědecké aktivity při MD, kde se projednává zapojení ČR zejména do vědeckých misí. Tento ministerský výbor využívá expertní potenciál pracovníků AV ČR a univerzit při

formulování strategie v oblasti výzkumu a využití kosmu a přispívá k formulaci Národního kosmického plánu ČR (dále NKP). Svými texty a připomínkami jsme přispěli do nového NKP, který byl nedávno schválen vládou ČR. Dr. Souček z ÚFA je odborným poradcem české delegace v ESA Science Program Committee (SPC), která je složena z národních delegací na ministerské úrovni a má pravomoc rozhodovat o realizaci a rozpočtu vědeckých projektů. Dr. Souček je poradcem jmenovaným MŠMT a toto zapojení umožňuje lépe prosazovat zájmy AV ČR a české vědecké komunity v této oblasti.

Zapojení AV ČR do kosmických misí, zejména pak misí ESA, vyžaduje systematickou přípravu mladých expertů, jak vědeckých pracovníků, tak techniků podílejících se na vývoji a konstrukci přístrojů pro kosmické mise. Přednášíme na vysokých školách (pravidelné přednášky, semináře) a snažíme se o zapojení studentů do kosmických projektů. Ke spolupráci při české účasti na mezinárodních misích jsou zváni i akademičtí pracovníci předních českých univerzit a jejich studenti. Příkladem může být letošní společný návrh PRODEX k zapojení do mise eXTP, kde je Slezská univerzita jedním z partnerů.

k) Perspektiva pokračování a růstu synergických efektů spolupráce pracovišť AV ČR

K výraznému rozšíření spolupráce s dalšími ústavů Akademie věd došlo v loňském roce, kdy se nově do VP 16 zapojily Ústav přístrojové techniky v Brně, Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského, Fyzikální ústav, Ústav termomechaniky, Geofyzikální ústav, Botanický ústav a Mikrobiologický ústav. Jednalo se o největší rozšíření programu od jeho začátku, dokládající velký zájem ústavů o téma VP 16. V letošním roce došlo k jejich zapojení do nových projektů a ke vzniku zcela nového tématu - Lasery pro kosmický výzkum, na kterém se budou podílet ÚFCH-JH, FZÚ, ÚFP, ÚPT a TOPTEC. Rozšiřování programu je velmi užitečné vzhledem k hlavnímu cíli programu, kterým je hledání možné spolupráce mezi pracovišti AV ČR v rámci komplexních kosmických misí. To umožňuje větší zapojení do nových misí a také snadnější nalezení technologicky zajímavého příspěvku do hardwarového vybavení těch nejkompaktnějších vědeckých přístrojů, určených ke zkoumání vesmíru. VP 16 poskytuje jednotlivým řešitelům informace, jak se do kosmických projektů zapojit, například prostřednictvím programu PRODEX. Společnými semináři dochází ke vzájemné informovanosti o již existující expertize jednotlivých ústavů.

V roce 2020 díky tomu vznikl nový projekt ve spolupráci 4 ústavů AV ČR v rámci programu VP 16, který podal společný návrh na vývoj klíčových mechanismů pro optickou lavici na misi LISA. VP 16 hrál klíčovou roli pro nalezení mezioborové spolupráce dvou různých ústavů AV ČR a také pro počáteční vyjednávání s mezinárodním konsorciem mise LISA. Na vlastní realizaci projektu (která se pohybuje v řádu milionů EUR pro vývoj, výrobu a důkladné otestování až po vlastní start mise) poskytne finanční podporu česká vláda prostřednictvím programu PRODEX spravovaného MŠMT. Tyto projekty bývají mnohaleté (například start ATHENY je plánovaný na rok 2034) a zaručují tak perspektivu dlouhodobé spolupráce pracovišť AV ČR.

Nově přistupujícím ústavem do programu VP 16 je Psychologický ústav, který se zaměřil na výzkum chování a změn v psychických procesech člověka vlivem dlouhodobého pobytu v izolaci a omezení, radiaci a mikrogravitaci. Právě vliv radiace na posádku ISS již v rámci

VP 16 studovali odborníci z ÚJF. Nově tak bude toto téma rozšířeno o komplexní zkoumání vlivu kosmického prostředí na astronauty a jejich dlouhodobý pobyt nejen na ISS, ale potenciálně i při možné budoucí pilotované cestě na Mars.

I) Soulad nákladů VP a výsledků

Účelová podpora VP 16 byla využita zejména na:

- 1) rozšíření aktivit v oblasti kosmických projektů v ČR
- 2) zvýšení informovanosti o expertíze jednotlivých ústavů, řešených a plánovaných kosmických projektů, expertíze českého průmyslu i o tom, jak se nové ústavy mohou zapojit například prostřednictvím programu PRODEX
- 3) nalezení nové spolupráce mezi ústavu AV ČR a mezi AV ČR a průmyslovými partnery
- 4) prohloubení spolupráce se státní sférou
- 5) prohloubení spolupráce AV ČR s univerzitami
- 6) prohloubení spolupráce se zahraničními partnery a zejména Evropskou kosmickou agenturou ESA
- 7) popularizace kosmických projektů

V rámci rozšíření aktivit v oblasti kosmických projektů v ČR VP 16 podporuje zejména počáteční fáze zapojení do těchto projektů. Přestože se jedná o klíčovou část vyjednání české účasti, pro tyto účely není v ČR možné získat finanční podporu z jiných zdrojů. Program PRODEX se zaměřuje až na financování následných fází (tzv. Fáze B - D). Velmi pozitivním výsledkem VP 16 je schválené nové zapojení ČR do mise ARIEL a očekává se v nejbližších dnech až týdnech i formální podpora projektu LISA. Po třech vědeckých misích z loňského roku (ATHENA X-IFU, eXTP a PLATO) se tak jedná o velmi úspěšný pokračující trend.

Podpora z programu VP 16 v bodech 2 až 6 spočívala v organizaci pravidelných společných setkání, seminářů a workshopů, které v letošním roce navzdory zdravotní krize proběhly, i když hybridní nebo zcela virtuální formou. Výsledkem snahy v těchto oblastech je velký zájem dalších ústavů o přidružení do programu VP 16 a rozšíření vzájemné spolupráce v oblasti kosmických projektů.

Celkově lze jednoznačně shrnout, že výsledky VP 16 jsou ve velmi dobrém souladu s vynaloženými náklady.

II. Zpráva o činnosti říjen 2019 - září 2020

Výzkumný program Strategie AV 21 VP 16 se v posledním roce rozrostl v rámci již existujících témat a vzniklo také nové téma T12 Lasery pro kosmický výzkum. Rozšiřování programu je dáno společnou koordinovanou činností, která se snaží stimulovat nově vznikající spolupráce napříč ústavy AV ČR a jejich zapojení do kosmických projektů.

Mezi hlavní koordinační činnosti patří organizace společných setkání v rámci VP 16 (4 x ročně), udržování aktuálního obsahu na webových stránkách <http://www.vesmirprolidstvo.cz> a příprava společných aktivit jako účast na výstavě Cosmos Discovery nebo plánovaný Czech Space Week na listopad 2020.

V další části Zprávy shrnujeme hlavní činnosti v rámci jednotlivých řešitelských témat.

T1: Horký a energetický vesmír - za hranice možností pozemských laboratoří

Řešitelé tématu Horký a energetický vesmír se aktivně podíleli na rozvoji české účasti na několika plánovaných významných rentgenových kosmických misích, určených ke studiu horkého a energetického vesmíru. Jednalo se zejména o velkou misi ESA ATHENA (Advanced Telescope for High ENergy Astronomy) a její hlavní vědecký přístroj X-IFU (X-ray Integral Field Unit), dále čínská mise s plánovanou evropskou účastí eXTP (enhanced X-ray, Timing and Polarimetry) a mise NASA IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer). Nově jsme se zapojili do vyjednávání o českém hardwarovém příspěvku do druhého vědeckého přístroje na misi ATHENA, Wide Field Imager (WFI).

ATHENA

V rámci velké mise ESA ATHENA jsme se v roce 2019 stali součástí mezinárodního konsorcia jejího hlavního vědeckého přístroje X-IFU (X-ray Integral Field Unit). Naši účast umožňuje společný projekt ASU a ÚFA. Předmětem hardwarového zapojení je návrh a výroba elektronické jednotky Remote Terminal Unit. Jednou z hlavních úloh tohoto přístroje bylo měření teploty uvnitř kryostatu. V roce 2020 ale došlo ke změnám v odpovědnosti za jednotlivé části přístroje, kdy odpovědnost za kryostat přešla od konsorcia k průmyslu. V současnosti tak dochází k předefinování českého příspěvku. V rámci vědeckého týmu se Jiří Svoboda stal členem X-IFU Science Advisory Team a X-IFU Consortium Board. Jan Souček z ÚFA byl jmenován do Project Manager Board a je technický Co-I přístroje. Aktivity spojené s vývojem této komponenty jsou dále financovány z programu PRODEX řízeného MŠMT.

S blížícím se termínem adopce mise začíná intenzivní příprava tzv. Red Book, která popíše vědecké cíle mise. Michal Dovčiak je místopředsedou panelu Close Environments of Supermassive Black Holes v Athena Science Study Team a podílí se na organizaci této publikace, kam budou přispívat i čeští vědci.

V roce 2020 jsme také připravili nový návrh k zapojení do druhého přístroje mise ATHENA, kterým je Wide Field Imager (WFI). S hlavními navrhovateli tohoto přístroje z Německa jsme se domluvili na možném českém hardwarovém příspěvku a vypracovali technický návrh k zapojení do vývoje tzv. Galvanic Isolation Module, který bude zdrojem napětí pro přístroj WFI. Návrh pod vedením Michala Dovčiaka bude v nejbližších dnech podán k projednání na výboru PRODEX. V případě kladného posouzení vstoupíme do konsorcia i tohoto druhého vědeckého přístroje pro misi ATHENA.

eXTP

Mise eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarimetry) je čínská rentgenová mise se dvěma plánovanými evropskými přístroji. Hlavním evropským přístrojem, využívajícím novou technologii, je LAD (Large Area Detector). Ve spolupráci s průmyslovými partnery jsme úspěšně vypracovali návrh k českému hardwarovému zapojení, jehož cílem je vývoj a výhledově i výroba tzv. Detector a Collimator Frames. Český výbor PRODEX a posléze MŠMT projekt doporučili v roce 2019 k realizaci. Protože se ale jednalo o návrh s okamžitým zapojením průmyslu, bylo potřeba vypracovat detailní zadání pro ESA k vypsání otevřené soutěže pro výběr průmyslového partnera. Příprava tohoto detailního zadání probíhala několik měsíců v první polovině roku 2020 a vyžadovala konzultace se zahraničními partnery i průmyslem. Zajištění technické podpory bylo financováno z programu VP 16. Proces výběrového řízení stále ještě není zcela ukončen, a proto teprve v těchto dnech dochází k uzavírání oficiálních kontraktů s ESA. Dále již bude projekt finančně pokrytý ze schváleného programu PRODEX.

IXPE

Pokračují také aktivity v rámci přípravy mise IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer), která je misí NASA a kde se zapojujeme v rámci vědecké přípravy mise a vytváření nástrojů pro následnou analýzu dat. Michal Dovčiak z ASU je předsedou Topical Working Group "Accreting stellar-mass black holes". V této pracovní skupině sestavujeme přípravu pozorování příslušných rentgenových dvojhvězd a zároveň připravujeme nové relativistické modely pro zpracování získaných měření. Na projektu úzce spolupracujeme s italským týmem vyvíjícím nástroj IXPEobssim na simulaci dat s IXPE, které budou využity v budoucnu také pro eXTP. IXPE je menší "exploratory" mise s plánovaným vypuštěním v roce 2021, zatímco eXTP je velká observatoř, jejíž kompletní vývoj potrvá minimálně do roku 2027.

T2: Evropská vesmírná mise ke Slunci

Po mnohaletém vývoji a přípravě vědecké sondy **Solar Orbiter** do blízkosti Slunce, která byla plánována a realizována Evropskou kosmickou agenturou (ESA) ve spolupráci s NASA, došlo k jejímu úspěšnému **vypuštění dne 10. února 2020** z Kennedyho kosmického střediska na Floridě. Start proběhl zcela podle plánu a bez nejmenších problémů. Několik vědeckých pracovišť v České republice se podílelo na vývoji a výrobě čtyř vědeckých palubních přístrojů - Astronomický ústav AV ČR, Ústav fyziky atmosféry AV ČR a Ústav fyziky plazmatu AV ČR v laboratořích TOPTEC (přístroje STIX, RPW a Metis) a Univerzita Karlova (přístroj SWA). Krátce po úspěšném startu probíhalo testování všech systémů sondy včetně vědeckých přístrojů (tzv. "commissioning"), které prokázalo bezchybnou funkci všech komponent sondy. Sestava přístrojů pro pozorování tzv. "in situ" již pracuje a registruje parametry plazmy a vln v okolí sondy, zatímco přístroje pro distanční pozorování Slunce (tzv. "remote sensing") zahájí systematické pozorování Slunce až v jeho blízkosti, přibližně v prosinci 2021.

V současné době probíhají práce na pozemním segmentu, tedy především příprava operačního plánu a vývoj software pro kalibraci a zpracování dat. V září 2020 dojde k prvnímu zveřejnění získaných dat. Od startu družice Solar Orbiter se tým na ÚFA věnuje plánu operací přístroje a kalibrací naměřených dat. J. Souček z ÚFA, který zastává funkci "Instrument scientist", organizuje pravidelné týdenní online meetingy vědeckého týmu přístroje RPW, kde se připravují pracovní módy přístroje a diskutují naměřená data.

Věnovali jsme se intenzivně také popularizačním aktivitám. Navrhli jsme kalendář pro rok 2020 s tematikou sondy Solar Orbiter. J. Souček (ÚFA) živě komentoval start Solar Orbiteru, J. Souček, O. Santolík a D. Píša (ÚFA) a P. Heinzl (ASU) poskytli řadu rozhovorů pro rozhlasové a televizní vysílání. Na www.vesmirprolidstvo.cz a na facebooku ASU a Oddělení kosmické fyziky ÚFA jsme uveřejnili řadu informací a videí souvisejících se sondou Solar Orbiter, jejím startem a prvními pozorováními. Dále jsme pomocí 3D tisku připravili model družice Solar Orbiter, který je nyní umístěn na výstavě Cosmos Discovery a byl slavnostně představen veřejnosti a novinářům v září roku 2020. Po celý rok jsme s českými novináři koordinovali výstupy pro veřejnost. Tyto popularizační aktivity byly podporovány z programu Vesmír pro lidstvo Strategie AV21 nad rámec běžné prezentace Ústavu fyziky atmosféry či Astronomického ústavu. Podíl Strategie AV21 byl během slavnostního otevření nové části výstavy Cosmos Discovery náležitě zdůrazněn.

T3: Ionosférické jevy nad bouřkovými oblastmi

Francouzská družice TARANIS (Tool for the Analysis of Radiation from lighNING and Sprites) by měla být po více než 10 letech příprav vypuštěna v listopadu 2020. Družice bude zkoumat z nízké oběžné dráhy atmosférické výboje mezi troposférou a ionosférou, zejména výboje typu „sprite“ neboli „skřítek“, a dále pozemní gamma záblesky. Pracovníci oddělení kosmické fyziky ÚFA, kteří vyvinuli analyzátor vysokofrekvenčních vln přístroje IME-HF pro družici TARANIS, se v tomto roce intenzivně věnovali vyhodnocování předletových testů přístroje. Pro budoucí kalibraci dat naměřených naším analyzátozem je nezbytné znát přesně anténní vyzařovací diagram přijímací elektrické antény. Na této kalibraci s námi

v souladu s plánem spolupracuje rakouský Institut für Weltraumforschung v Grazu. Pro tuto spolupráci nemáme jiný zdroj financování.

Pozemní měření elektromagnetických projevů bouřkové aktivity, přímo související s družicovým projektem, provozujeme na řadě míst v Evropě (jižní Francie, Korsika, Lomnický štít, Milešovka, Holandsko ve spolupráci se systémem LOFAR). V letošním roce jsme nově instalovali další dvě stanice v tuzemsku (Kopisty, Dlouhá Louka) s cílem lokalizovat procesy odehrávající se uvnitř bouřkového oblaku. V rámci VP 16 jsme oslovili Biskupské gymnázium v Bohosudově s nabídkou spolupráce, která by se týkala umístění měřicího zařízení ÚFA na pozemku školy a případného zapojení studentů do analýzy pozemních či družicových dat. Plánujeme také uspořádání přednášky o ionosférických jevech nad bouřkovými oblastmi.

ÚJF a ÚFA, společně ještě s FEL ČVUT, jsou součástí centra CRREAT (Centrum výzkumu kosmického záření a radiačních jevů v atmosféře), jehož hlavním cílem je zkoumat ionizující záření atmosférického či kosmického původu. Díky programu Strategie AV21 jsme mohli tuto spolupráci rozšířit nad rámec běžné vědecké činnosti ústavů.

Spolupráce s ASU, která začala v rámci VP 16 v minulém roce, pokračovala i v tomto roce analýzou většího souboru dat z bolidové sítě a jejich porovnáním s optickými nadoblačnými jevy. Předpokládáme ještě další zintenzivnění spolupráce po startu sondy TARANIS.

V rámci popularizačních aktivit jsme vytvořili pomocí 3D tisku model družice TARANIS, který je od září 2020 vystaven na výstavě Cosmos Discovery. Na facebooku oddělení kosmické fyziky ÚFA jsme několikrát představili ionosférické jevy nad bouřkovými oblastmi včetně tzv. tygřích elfů. O. Santolík se věnoval projevům bleskové aktivity také ve svém videu s názvem Hudba kosmického plazmatu připraveném v rámci projektu Věda na doma. Tyto popularizační aktivity byly podporovány z programu Vesmír pro lidstvo Strategie AV21 nad rámec běžné prezentace Ústavu fyziky atmosféry.

ÚFA a ÚJF spolupracují na pozemních měření elektromagnetických projevů bleskové aktivity. Spolupráce probíhala formou společných setkání, oba týmy se také společně podílely na měření během bouřek. Dále byl vytvořen poster, který přehledně znázorňuje měření v bouřkách a umožní tak široké veřejnosti získat představu o možných jevech.

T4: Mars a Jupiter - Evropské vesmírné cíle pro 21. století

Jupiter:

Týmy z ÚFA a ASU se mohou s přispěním programu Vesmír pro lidstvo Strategie AV21 podílet na zatím největším projektu robotického kosmického výzkumu, kterého se česká věda účastní. Oddělení kosmické fyziky ÚFA spoluodpovídá za koordinaci vývoje a stavby přístroje RPWI (Radio and Plasma Waves Investigation), který je určen pro sondu JUICE (JUperiter ICy moon Explorer) a vzniká v konsorciu vědců a techniků z 25 institucí v 9 zemích. Zároveň jsme vyvinuli a odevzdali modul LFR (Low Frequency Receiver), jehož hlavním úkolem bude zpracovat a analyzovat elektromagnetické vlny naměřené v plazmatu uvnitř magnetosféry planety Jupiter, v okolí jeho ledových měsíců a v magnetosféře měsíce

Ganymed. Druhým českým příspěvkem k přístroji RPWI je zdroj, který bude poskytovat požadovaná napětí jednotlivým subsystémům. Jeho vývoj je úkolem odborníků z ASU. Start sondy JUICE je plánován na rok 2022.

Mars:

Start mise ExoMars, původně plánovaný na rok 2020, byl z organizačních důvodů odložen na rok 2022. Mise má na povrch planety v roce 2023 umístit přistávací platformu s robotickým vozítkem. Přístroje umístěné na přistávací platformě jsou určeny k monitorování okolního prostředí. Přístroj MAIGRET (Martian ground electromagnetic tool), jehož součástí je WAM (Wave Analyser Module) vyvíjený v oddělení kosmické fyziky ÚFA je určen k měření vlastností elektromagnetických vln pronikajících k povrchu planety z okolního meziplanetárního prostoru k detekci elektromagnetického záření pocházejícího z možných výbojů uvnitř prachových vírů pozorovaných kamerami v atmosféře Marsu. V rámci programu Vesmír pro lidstvo Strategie AV21 jsme pokračovali ve spolupráci s kolegy z ÚPT. Společně jsme vyvinuli, otestovali a odevzdali novou vertikální výklopnou elektrickou anténu s integrovaným předzesilovačem pro měření změn elektrického pole v rozsahu od 10 Hz do 8 MHz. Na této kalibraci antény s námi spolupracuje rakouský Institut für Weltraumforschung v Grazu. Za pomoci programu Vesmír pro lidstvo jsme v minulém roce navázali spolupráci s Mikrobiologickým ústavem (MBÚ AV ČR) za účelem zajištění planetární ochrany v projektu ExoMars. Vysterylizovaný kabel (propojující analyzátor umístěný v přístrojovém bloku na palubě přistávací platformy a kombinovaný elektromagnetický senzor umístěný na slunečním panelu) byl podroben mikrobiologickým stěrům (standardní procedura E1 dle metodiky ECSS-Q-ST-70-55C). Následná kultivace prokázala přítomnost pouze jediné jednotky (colony-forming unit) v celé testované ploše, čímž zmíněný kabel vyhověl požadovanému stupni sterility. V tomto roce ještě plánujeme provést testy čistoty záložní antény.

Podstatnou část našich popularizačních aktivit tvoří mezinárodní soutěž „Telefonát z Marsu“, kterou organizujeme společně s časopisem Vesmír (<https://mars.vesmir.cz>), kterou jsme uspořádali v loňském roce a která bude pokračovat až do přistání sondy na povrchu Marsu. V rámci projektu Věda na doma připravila Ivana Kolmašová video s názvem „Jak nenakazit mimozemšťana“, ve kterém přiblížila žákům základních škol problematiku planetární ochrany. Dále jsme pomáhali s přípravou dalšího dokumentárního filmu o družicích MAGION. Všechny tyto popularizační aktivity byly podporovány z programu Vesmír pro lidstvo Strategie AV21, nad rámec běžné prezentace Ústavu fyziky atmosféry.

T5: Dozimetrie kosmického záření

Nadále jsme rozvíjeli českou účast na vesmírných experimentech, jejichž cílem je stanovení úrovně ozáření ve vesmíru, především na různých satelitech. Díky podpoře VP 16 byly zorganizovány a podpořeny pracovní schůzky a jednání, na kterých se diskutovaly a řešily hlavně technické detaily ohledně jednotlivých misí. V únoru 2020 proběhla schůzka v Moskvě, kde se s ruským partnerem IBMP jednalo o přípravě společného projektu pro družici BION-M2, na kterém by se podílely kromě našeho ústavu ještě FJFI ČVUT a Esc. Navržený přístroj se skládá z několika různých detektorů; díky tomu bude možné získat komplexní informace o

radiačním poli. Dále se s SINP domlouvalo vylepšení komunikace s družicí Socrat-R, která byla s několika českými detektory úspěšně vypuštěna v loňském roce. Kvůli omezením v důsledku Covid-19 však nebylo možné zrealizovat další naplánovanou zahraniční cestu, na které se mělo dořešit získání většího množství dat z družice Socrat-R.

Během roku probíhaly práce na radioteleskopu na Svákovské hvězdárně v Soběslavi, jehož provoz byl slavnostně zahájen 9. 9. 2020. Jde o unikátní astronomický přístroj s odraznou parabolickou plochou o průměru 3 metry o hmotnosti přes 100 kg. Přístroj je primárně určen pro pozorování ionizačních stop meteorů, ale jeho prvním úkolem bude příjem dat z družice SOCRAT R. Dočasně tak nahradí pozemní stanici, která má v důsledku pandemie omezen provoz. Radioteleskop zprovoznila skupina nadšenců z České astronomické společnosti, s podporou programu VP 16. Radioteleskop tak přispěje k rozvoji našich poznatků o vesmíru i za současných nepříznivých podmínek.

Ke konci minulého roku jsme díky podpoře VP 16 zorganizovali vypuštění stratosférického balónu. Na payloadu, který tvořily detektory měřící kosmické záření, systém zaznamenávající údaje o poloze a kamera, jsme se podíleli společně s FEL ČVUT. Start balónu z letiště u Příbrami byl úspěšný. Balón představoval skvělou příležitost k otestování přístrojů a metod, které se používají nebo mohou využít při plánovaných experimentech ve vesmíru, hlavně na různých satelitech. Během roku 2020 probíhala analýza získaných dat.

Kromě vědecké práce jsme se věnovali i popularizaci. Z prostředků VP 16 byly vyrobeny modely detektoru Spacedos, který je v současné době na družici Socrat-R. Jeden z modelů detektoru, společně s letáčky popisující detektor a danou misi, byl umístěn na výstavu Cosmos Discovery.

V současné době také připravujeme komiks pro děti o kosmickém záření a proč je důležité ho měřit.

T6: Nové přístroje pro kosmický výzkum

Lagrange - mise ESA pro monitorování kosmického počasí z Langrangeova bodu L5

Oddělení kosmické fyziky ÚFA pracuje na přípravě společného palubního počítače pro vědecké přístroje sondy Lagrange, která má sloužit k pozorování sluneční aktivity z Lagrangeova bodu L5. Jedná se o misi operačního charakteru, která umožní včasnou detekci a předpověď silných slunečních erupcí, které mají potenciál zasáhnout Zemi. Bod L5 je vhodný proto, že umožňuje laterální pohled na tyto geoefektivní sluneční erupce a tedy snadnější měření jejich velikosti a rychlosti.

V letošním roce pokračujeme v přípravné studii. Vzhledem k tomu, že došlo k zásadním změnám v konceptu mise, museli jsme radikálně přepracovat návrh celého přístroje. Ve spolupráci ÚFA a ÚT jsme dokončili simulace vedení tepla v elektronické krabici. Pokračují jednání o financování projektu ze strany ESA, pokud bude projekt realizován, počítá se s kontraktem od příštího roku.

Projekt Comet Interceptor

Mise Comet Interceptor zvítězila ve výběrovém řízení na projekt „Fast mission“, který má startovat společně s misí ARIEL v roce 2028. Jedná se o vícedružicovou misi, která má zkoumat kometu vstupující poprvé do Sluneční soustavy. Mise bude kroužit okolo Lagrangeova bodu L2 a čekat na kometu, kterou objeví nová generace dalekohledů (Large Synoptic Survey Telescope), která je momentálně budována v Chile. Mise Comet Interceptor by díky svému přístrojovému vybavení mohla zjistit složení komety a její morfologii, a tím objasnit chemické procesy probíhající při jejím vzniku. Dalším cílem mise je charakterizovat plazmatické prostředí takové čerstvé komety a jeho interakci se slunečním větrem.

Oddělení kosmické fyziky ÚFA bude pro přístroj DFP (Dust, Fields & Plasma), určený pro studium plazmatu v okolí komety, vyvíjet jednotku DAPU (Dust Analyzer & Processing Unit), která bude řídit experimenty v rámci přístroje DFP, zajistí komunikaci s družicí a umožní detekovat dopady prachu na tělo družice analýzou napětí na anténě družice. V letošním roce jsme pokročili v návrhu přístroje a připravili dokumentaci pro první větší review projektu, které právě probíhá. Rozsah našeho zapojení do projektu prošel od loňska jistým vývojem, ale zatím se daří zachovat český příspěvek na hlavní družici i sub-družici, která proletí v blízkosti jádra.

T7: Špičkové optomechanické systémy pro výzkum vesmíru

Tým Centra TOPTEC v roce 2020 zaměřil své aktivity do několika oblastí souvisejících s výzkumem kosmu.

FLEX FLORIS

V roce 2018 byly započaty přípravné práce v rámci konsorcia firem směřující na konstrukci spektrografu přístroje FLORIS monitorujícího fotosyntézu rostlin v globálním měřítku v rámci mise FLEX. Tým Centra TOPTEC se podílí na komplexních optických analýzách, realizaci jednotlivých optických a mechanických elementů a jejich následnou integraci do plně funkčního systému. Na funkci vyvíjeného teleskopu má zcela zásadní vliv rozptyl světla (straylight), který je nutné minimalizovat. Kromě mikrodrsnosti optických elementů a povrchové úpravy mechanických dílů, hraje v tomto ohledu roli také dosažitelná čistota na povrchu optických ploch. TOPTEC v současné době dokončuje dodání inženýrského a letového kusu v plné specifikaci požadavků a pokračuje v kvalifikační kampani zaměřené na optické náparty a na lepení optiky do speciálně navržené mechaniky.

PROBA 3

V tomto roce proběhly dokončovací práce na projektu PROBA 3 a vyskytly se také neočekávané problémy a nové požadavky na testy pro antireflexní vrstvy a lepené spoje optických elementů vzhledem ke kvalitě požadované pro vesmírné projekty, které zpomalily průběh celého projektu. Většinu problémů se podařilo zdárně vyřešit, dodatečné testy proběhnou v kooperaci s dalšími českými firmami zapojenými do vesmírného průmyslu

(FRENTECH, VZLU). Projekt se nachází ve své finální fázi, která spočívá v dodání letového modelu teleskopu.

ARIEL

Tým Centra se podílel také na přípravě žádosti do PRODEXu na financování hardwaru v projektu projektu ARIEL. Jedná se o speciální optické kovové komponenty pracující v teplotách okolo 40 K. Na takové optické komponenty jsou kladeny zcela nezvyklé technické požadavky. Kromě nízkoteplotních zrcadel je součástí návrhu design a realizace nastavitelných jemno-mechanických sestav (držáky zrcadel a dichroických filtrů). Na projektu spolupracujeme s UFCH-JH.

Sat Revolution

Tým Centra začal v roce 2019 jednat s polskou firmou Sat Revolution o spolupráci při vytváření návrhu, testech a realizaci optické části teleskopu, který bude možné automaticky rozložit na oběžné dráze. Teleskop s dalšími subsystemy nebude zabírat více než 6U. V druhé polovině roku jsme se podíleli na toleranční analýze optomechanické soustavy. V druhé půlce roku 2020 jsme začali s přípravnými pracemi na výrobu prototypového systému.

TRUTHS

Centrum bylo přizváno k aktivní účasti na novém projektu TRUTHS. Mise je navržena Velkou Británií, přičemž má ustanovit ve vesmíru umístěný klimatický a kalibrační pozorovací systém pro zvýšení jistoty v předpovědích klimatických změn. Má tak jít o jakousi „standardizační laboratoř ve vesmíru“. Centrum by se mělo podílet na projektu již v jeho počáteční fázi, tzv. fázi A.

TREND – Coastal

Centrum se aktivně zapojilo, jako spoluřešitel s firmou Honeywell a dalšími spolužadatelé, do programu podpory vývoje a výzkumu TREND s projektem Coastal. Cílem projektu je vyvinout, vyrobit a ověřit funkční vzorek polohovacího mechanismu, který je součástí terminálu pro optickou komunikaci mezi satelity. Jedná se o prvek, který bude využit v tzv. satelitních konstelacích.

Členové týmu Centra TOPTEC se také věnují propagaci témat souvisejících se space a to jak na hvězdárnách, tak i na školách. Centrum často hostí návštěvy zástupců kraje či města nebo návštěvníků z řad široké veřejnosti. Při těchto akcích je pozornost zaměřena na propagaci aktivit Centra TOPTEC v oblasti výzkumu a vývoje špičkových optických a optomechanických systémů pro výzkum vesmíru s cílem rozšířit povědomí o úrovni zapojení českých akademických pracovišť do prestižních vesmírných aplikací mezinárodního významu. Pro lepší názornost jsme v roce 2020 také připravili a vytiskli 3D model teleskopu FLEX FLORIS v řezu. S tím připravujeme i částečně rozebratelnou variantu tohoto teleskopu, na které si bude moci zájemce vyzkoušet skládání dalekohledu.

Společnou linkou pro práce na vesmírných projektech je dosažení čistoty na optických i mechanických komponentech a tedy i v místnostech, kde probíhá integrace. I díky podpoře z VP 16 jsme mohli realizovat monitoring a vyhodnocení částicového znečištění realizovaných optických ploch.

T8: Výzkum exoplanet a jejich atmosfér

Stěžejními tématy této kapitoly jsou vesmírné mise PLATO, ARIEL a nový pozemní projekt pro výzkum exoplanet vedený ASU, PLATOSpec. Všechny tyto projekty jsou důležité tím, že na nich spolupracují ASU, ÚFCH-JH a TOPTEC a české průmyslové firmy s know-how z oboru "aerospace". Program VP 16 umožnil našim týmům vstup do konsorcií vesmírných misí a zdárný start projektu PLATOSpec.

Na projektu PLATO spolupracujeme s firmou SAB aerospace a.s. Ta zajišťuje výrobu kontejnerů pro převoz vědeckých instrumentů určených pro vesmírnou misi PLATO. V dubnu 2020 byl úspěšně absolvován Design Review meeting. Schválený prototyp kontejneru byl 29. 9. úspěšně předán. V rámci projektu PLATO je také připravován software na vyhodnocování vlivu teploty okolí kamer na simulovaná data.

Projekt PLATOSpec prošel úspěšně fází schválení na AV ČR a nyní běží první fáze modernizace dalekohledu E152 na observatoři La Silla v Chile, kterou provádí firma ProjectSoft a.s. První fáze návrhu projektu komunikačních protokolů byla předána v červnu 2020 a druhá fáze dokončení projektu elektrických zařízení pro dalekohled byla předána 30. 9. 2020. Projekt běží podle harmonogramu. Díky prostředkům VP 16 se podařilo zajistit materiál pro skladování dat a výpočetní techniku pro zpracování a simulaci dat. Kromě nákupu materiálu byly finanční prostředky z VP 16 využity k zajištění setkání s kolegy z Univerzity v Grazu.

V projektu ARIEL se v současné době zabýváme tvorbou knihoven chemických reakcí popisujících fyzikální důsledky impaktů asteroidů na rané planety. Výzkum je ve spolupráci s centrem PALS zaměřen na transformaci vulkanických atmosfér, únik vzácných plynů vlivem impaktů a získání spekter plynů, které mohou posloužit jako marker chemických přeměn v atmosférách iniciovaných právě impakty asteroidů a komet. Tato práce je důležitá pro misi ARIEL z technického hlediska, protože na jejím základě budou vybírány pro ARIEL objekty pro zkoumání a případně pro design systému ARIEL.

V rámci konsorcia ARIEL jsme připravili v rámci námi vedené pracovní skupině Prebiotic chemistry and Astrobiology velmi rozsáhlou studii do speciálního čísla Experimental Astronomy věnovaného pouze misi ARIEL. Publikace mapuje současné poznatky v oboru prebiotické chemie a přináší přehled látek, jejichž laboratorní spektra bude moci pozorovat ARIEL. Tento katalog je stěžejní pro pozorovací strategii mise ARIEL. Všechna pracoviště našeho týmu se také podílela na přípravě ESA Red Book mise ARIEL.

Pracoviště TOPTEC, oddělení Ústavu fyziky plazmatu AV ČR se navíc od roku 2019 zapojilo do projektu Exoclock, který je součástí mise ARIEL. Cílem projektu je zpřesnit orbitální

elementy tranzitujících exoplanet a zefektivnit budoucí pozorování sondy ARIEL při její misi. Pozorování jsme provedli nakoupeným dalekohledem typu Schmidt - Cassegrain s korektorem/reduktorem Hyperstar, který umožní dosáhnout světelnosti optické soustavy f/2. Lze tak efektivně v krátkém čase snímat potřebnou kadenci jednotlivých expozic tranzitujících exoplanet. Od roku 2019 jsme pozorovali celkem 7 tranzitujících exoplanet - HAT-P-19b, WASP-10b, WASP-43b, HAT-P-20b, WASP-77Ab. Tyto exoplanety byly publikovány na webu projektu Exoclock (<https://www.exoclock.space/>). Další dvě pozorování čekají na webovou publikaci - jedná se o pozorování tranzitujících exoplanet WASP-80b a TrEs -3b. Společně s dalšími aktivními pozorovateli byla připravena publikace do impaktovaného časopisu Experimental Astronomy. Nyní probíhá recenzní řízení.

V rámci sledování tranzitů exoplanet byla objevena nová proměnná hvězda, která byla vložena do českého katalogu proměnných hvězd jako CzeV 2806 HER.

T9: Pozorování Země

Na začátku roku 2020 došlo ke snížení počtu partnerů v T9 na dva (tým opustil zástupce Ústavu fyziky atmosféry). V tématu zůstávají nadále zapojeni Astronomický ústav AV ČR a Botanický ústav AV ČR (BU). S BU (Dr. Jana Müllerová) proto proběhlo technické jednání ohledně studie pro porovnání globálního přesunu hmot z dat americko-německých družic GRACE a GRACE-FO a indexu NVDI z dat DPZ z družice MODIS (případně Sentinel evropského systému Copernicus). Výchozí hypotézou pro tuto kombinaci dat je, že meziroční změny v globální fenologii (nástup základních životních projevů rostlin ~ ozelenění) mohou souviset s meziroční změnou distribuce vodních hmot, které jsou na dlouhých vlnových délkách globálně pozorované technikami družicové gravimetrie.

V rámci popularizace jsme se v časopise Vesmír (07/2020, "Tlačnice na nízkých oběžných drahách") věnovali tématu vlivu obřích družicových konstelací (jako je Starlink společnosti SpaceX) na vesmírný provoz na nízkých oběžných drahách a souvisejícím technickým a právním otázkám. Toto mezioborové téma (astronomie, vědy o Zemi, kosmické právo, kosmický odpad a příslušné technologie) chceme v rámci programu Vesmíru pro lidstvo nadále sledovat zejména s ohledem na možné dopady na vědeckovýzkumný potenciál blízkozemního prostoru (nízké dráhy, tzv. LEO) a roli ČR a ESA. Role soukromých společností v kosmickém průmyslu vzbuzuje oprávněné obavy o přiměřené využití blízkozemního prostoru (viz. vyjádření IAU, ESO a jiných astronomických společností) a je pravděpodobné, že zvýší jak režijní náklady pro provoz misí na nízkých drahách (k přechodu z geostacionárních konstelací na nízké dráhy pro účely komunikace je totiž zapotřebí mnohatisícových flotil družic), tak riziko kolizí a objem kosmického odpadu (např. zbytky nosičů atd.), který nelze současnými technologiemi nijak významně redukovat.

Z rozpočtu nebyly díky pandemické situaci využity prostředky pro cestu na Data Quality Workshop mise Swarm (ESA) v Řecku, který bude podobně jako většina podobných aktivit uskutečněn pouze virtuálně.

T10: Gravitační vesmír

Kvůli pandemii byly téměř všechny schůzky vztahující se k misi LISA buď zrušeny nebo přesunuty do on-line. I přes tyto překážky došlo k pozitivnímu vývoji, pokud jde o hardwarový příspěvek České republiky k misi LISA. Ve spolupráci čtyř ústavů Akademie věd ČR zapojených do VP 16 (ASU, FZÚ, ÚFA, ÚT) byl připraven návrh PRODEX, který byl kladně ohodnocen a v nejbližších dnech očekáváme formální doporučující dopis k zapojení od MŠMT. Program VP 16 byl pro dosažení tohoto cíle zásadní, nejenže poskytl prostředí pro spolupráci pro ústavy, ale také poskytl finanční prostředky, které nám umožnily účastnit se schůzí LISA konsorcií a výboru National Project Manager Board. Také byly z programu VP 16 využity finanční prostředky k zajištění průmyslové konzultace proveditelnosti námi navrhovaného hardwarového příspěvku.

Další aktivita podporovaná z VP 16 ohledně mise LISA je hledání spolupráce vědců z různých institucí na vědeckých aspektech mise. Pražská Relativistická skupina, kterou tvoří zástupci z ASU, FZÚ a MFF Univerzity Karlovy, je součástí vědeckého konsorcia LISA pod vedením Dr. Georgiose Loukes-Gerakopoulose. Tato skupina pořádá schůze každé tři měsíce za účelem koordinace, což poskytuje prostředky pro navázání a posílení meziústavní spolupráce na interdisciplinárních tématech.

Návrh a vývoj nových typů referencí optických kmotočtů pro pozemní testování přístrojů mise LISA (přesný laserový interferometr) probíhala ve spolupráci ÚPT a výzkumného centra TOPTec se zahraničním spolupracujícím pracovištěm LNE-SYRTE, Francie. Především šlo o návrh víceprůchodové absorpční kyvety, plněné molekulárním jodem, která tvoří základní a klíčový prvek laserového zdroje interferometru. Tento výzkum a finální realizace bude pokračovat i v následujícím období, na práci pak naváže vývoj optických referencí pro japonský systém měření gravitačních vln DECIGO (University of Electro-communications, Japonsko).

V roce 2020 byl uspořádán workshop Black Hole Perturbation Toolkit, kde členové ASU působili jako místní organizační výbor. Workshop byl z důvodu pandemie zorganizován virtuálně. Přednášky byly nahrány a veřejně publikovány na webových stránkách (<http://astro.cas.cz/bhptoolkit2020/>). Tyto veřejně dostupné záznamy nejenže umožňují široké veřejnosti nahlédnout do vědeckých a technických podrobností potřebných k modelování gravitačních vln a jejich zdrojů, ale protože tento workshop byl také výukový s veřejně dostupnými nástroji, poskytuje prostředky pro každého, kdo má zájem aktivně se zabývat vědeckou činností. Na výstavě Cosmos Discovery 2020 pak byl prezentován model víceprůchodové absorpční kyvety pro stabilizovaný laserový zdroj určený pro misi LISA.

T11: Pozemní pozorování

Rok 2020 byl prvním rokem tohoto podprogramu, který je zaměřen na podporu české účasti ve velkých mezinárodních organizacích věnujících se pozemnímu pozorování vesmíru, jako je Evropská jižní observatoř (ESO) nebo Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). Plánovány byly popularizační aktivity, kterým ovšem rok 2020 příliš nepřál. Proto

jsme se zaměřili na vytváření online materiálů a přípravu modelů pro chystané přístroje. ESO je jedním z projektů, o kterém plánujeme natočit videodokument v rámci programu Vesmír pro lidstvo.

Evropská jižní observatoř buduje v Chile na Cerro Armazones budoucí největší dalekohled světa (Extremely Large Telescope, ELT). První světlo by měl tento dalekohled vidět v roce 2025, ale vzhledem k přerušení prací přímo na Cerro Armazones, tak k omezení činnosti v Chile i v Evropě kvůli pandemii, dojde pravděpodobně ke zpoždění. Česká republika, jakožto členský stát ESO, se účastní výstavby tohoto dalekohledu, proto pořizujeme 3D model tohoto přístroje a v součinnosti s českým uzlem ESON připravujeme materiály o ELT (ESON je síť kontaktů v primárně členských zemích ESO, které se věnují hlavně překladům materiálů ESO do národních jazyků, ale také popularizaci ESO).

ČR je zastoupena i v projektu dalšího významného dalekohledu, a to budoucího největšího přehlídkového světa, který do prosince roku 2019 nesl jméno Large Synoptic Survey Telescope (LSST), od prosince 2019 pak byl přejmenován jako Vera C. Rubin Observatory, na počest významné astronomky Very Rubinové. Vera C. Rubin Observatory má být zprovozněna již v roce 2021 v severním Chile, na observatoři Cerro Pachón. Vědci z FZÚ se podílejí na testování obří mozaikové kamery teleskopu a analyzují laboratorní data z jednotlivých CCD čipů, jimiž je tato kamera tvořena.

Úspěšně pokračuje i naše účast na velkých pozemních mezinárodních observatořích zaměřených na vesmír ve vysokých energiích. Observatoř Pierra Augera v Argentině, zaměřená na nejenergetičtější kosmické záření, zveřejnila v průběhu posledního roku několik zásadních článků o chemickém složení kosmického záření a o anizotropii záření s nejvyššími energiemi, za významného přispění vědců z FZÚ. Za účasti pracovníků FZÚ a ASÚ pak probíhá další rozvoj observatoře CTA - Cherenkov Telescope Array, kdy na ostrově La Palma na Kanárských ostrovech vzniká severní větev a poblíž ESO Cerro Paranal jižní větev observatoře tvořené sítí čerenkovských teleskopů určených k detekci vysokoenergetického gama záření v oboru GeV až TeV. Vědci z ASÚ a FZÚ se podíleli zejména na charakterizaci atmosférických podmínek a kalibraci čerenkovských teleskopů.

Na Astronomickém ústavu pracuje jeden z regionálních uzlů radioteleskopu ALMA (ARC), k jehož specialitám patří sluneční pozorování. Přestože se jedná o unikátní přístroj a unikátní specializaci, není radioastronomie a interferometrie v ČR příliš známá. Pro popularizační aktivity připravujeme simulátor radiointerferometru, který bude objasňovat základní principy interferometrie. Součástí projektu je i model antén ALMA.

III. Aktualizace témat

Nové téma Lasery pro kosmický výzkum

V roce 2020 vzniklo v rámci VP 16 zcela **nové téma Lasery pro kosmický výzkum**, do kterého se zapojili noví výzkumní pracovníci z ústavů, které jsou jinak již zastoupeny v programu VP 16. Jedná se o Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v. v. i., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., Ústav přístrojové techniky AV ČR, v. v. i., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i. – CENTRUM TOPTec a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., - Centrum HiLASE. Hlavním řešitelem tohoto tématu bude **RNDr. Martin Ferus, Ph.D. z ÚFCH-JH**. Spolupodílet se budou Ing. Miroslav Krůs, Ph.D. z ÚFP, Ing. Jan Hrabina, Ph.D. z ÚPT a Ing. Jan Brajer, Ph. D. z HiLASE.

Cílem tohoto tématu bude hledat společné synergie mezi participujícími ústavy. Jedním z hlavních směrů nového tématu bude studium aplikací výkonových laserů v oblasti studia a simulace spekter a plazmatu meteorů za přesně kontrolovaných laboratorních podmínek, experimentů s interakcí laserového záření s reálnými vzorky meteoritů za použití různých typů laserových zdrojů a výzkumu dynamiky laserového ablačního plazmatu meteoritů. Na základě výsledků je provedeno zhodnocení a extrapolace parametrů výkonových laserů snad využitelných v oblasti kosmonautiky a laboratorní astrofyziky a astrochemie. Výzkum plazmatu meteorů bude dále realizován v široké spolupráci s Hvězdárnou Valašské Meziříčí, FJFI ČVUT a dalšími institucemi. Problematika konkrétního využití výkonových laserů v kosmických technologiích je dále řešena ve spolupráci s [Institutem politologických studií UK Praha](#).

Dalším výzkumným směrem je vývoj referencí optických kmitočtů na bázi absorpčních kyvet potřebných pro frekvenční stabilizaci laserů. Tyto reference nacházejí uplatnění jak v systémech pro měření gravitačních vln (bližší detaily v sekci T10-Gravitační vesmír), tak např. v systémech pro globální navigační systém (spolupráce s JAXA, Japonsko) nebo v demonstrátorech přesných laserových zdrojů, optických hodin a při přenosech přesných frekvencí v časové synchronizaci (spolupráce DLR, Německo, in-orbit-verifikační mise COMPASSO, platforma Bartolomeo, ISS, plánovaný start 2024). Tento výzkum bude pokračovat i v následující etapě řešení programu VP 16. Členské ústavy konsorcia ve složení Ústav přístrojové techniky, Ústav fyziky plazmatu – Centrum TOPTec a Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského spolupracují především na vývoji speciálních optických prvků, na vývoji a testování kombinovaných optických vrstev pro tyto elementy a na přípravě izotopicky čistých absorpčních plynů.

Ve spolupráci s Hvězdárnou Valašské Meziříčí a s podporou ASU byla realizována v tomto roce výstava “Dotkněte se hvězd” pro děti a laickou veřejnost. Výstava proběhla v rámci dětského dne v obci Střemy a bude pokračovat ve foyer ÚFCH JH.

Zapojení nového ústavu do VP 16

Od roku 2021 plánujeme zapojení nového ústavu do programu Vesmír pro lidstvo. Jedná se **Psychologický ústav AV ČR** a hlavním řešitelem bude **doc. PhDr. Iva Poláčková Šolcová, Ph.D.** Členy týmu budou PhDr. Iva Šolcová, Ph.D., doc. Mgr. Radovan Šikl, Ph.D., Mgr. Jiří Lukavský, Ph.D., Mgr. et Mgr. Filip Děchtěrenko, Ph.D.

Tým výzkumníků Psychologického ústavu AV ČR se již řadu let v rámci mezinárodních konsorcií ve spolupráci s ESA a ROSKOSMOS podílí na výzkumu chování a změn v psychických procesech člověka vlivem dlouhodobého pobytu v izolaci a omezení, radiaci a mikrogravitaci. Vědci z PsÚ AV ČR pracují na řešení několika významných otázek v oblasti vnímání, prožívání, motivace a zvládnání, které mají za cíl posunout hranice poznání a minimalizovat rizika spojená s dlouhodobým pobytem člověka a posádky v kosmu. V rámci projektů jsou týmem PsÚ AV ČR především zkoumány potenciální změny v psychických procesech způsobené mikrogravitací, radiací a informační deprivací, konkrétně v oblasti vnímání a následně vyšších kognitivních procesů, prožívání a zvládnání stresu, odolnosti a resilience. Dalším významným tématem zkoumání je skupinová dynamika a změny ve skupinových procesech v rámci mezinárodní posádky v dlouhodobé izolaci a omezení.

Nový výzkumný tým z Psychologického ústavu se zapojí do již existujících témat programu VP 16, a to T4 Mars a Jupiter - evropské vesmírné cíle pro 21. století a T5 Dozimetrie kosmického záření, kde společně s ÚFA a ÚJF budou hledat synergie pro společný výzkum a spolupráci v rámci popularizačních aktivit.

IV. Přehled čerpání financí za rok 2020

Řešení programu VP 16 bylo významně zasaženo světovou zdravotní krizí v důsledku pandemie Covid-19 a souvisejícími vládními opatřeními na omezení cestování a pořádání veřejných setkání. Veškerá setkání mezinárodních konsorcií byla převedena do virtuální podoby, případně odložena z jara na podzim. Avšak i jednání v podzimních termínech jsou nyní zcela převedena do formy online. Finance plánované na zahraniční cesty tak nebylo možné vyčerpat podle plánu. Stejně tak byly a opět jsou omezeny akce pro širokou veřejnost. Proto i aktivity určené k popularizaci našeho oboru se buď nekonají nebo se nyní převádí do virtuální podoby.

Z těchto důvodů se nepodařilo vyčerpat významnou část rozpočtu v souladu s plánem. Nejvíce postižená krizí jsou témata, kde větší část rozpočtu byla určena na zahraniční cesty k mezinárodním setkáním konsorcií. V posledních měsících jsme proto intenzivně jednali o možném alternativním využití již přidělených finančních prostředků, které by byly v souladu se stanovenými cíli a plány VP 16. Radu Strategie AV 21 proto budeme žádat o změny ve financování v tomto roce. V případě vyhovění žádosti plánujeme utratit zbylé finanční prostředky převážně na přípravu video dokumentů o jednotlivých tématech VP 16 a také o významných misích ESA, kde jsme zapojeni, s důrazem na český příspěvek ve spolupráci více ústavů AV ČR. Plánujeme také propojení s Českou televizí, zejména s jejich programem Edu určeným ke vzdělávání, kde bychom mohli úspěšně prezentovat důležitost kosmického programu, výzkumu vesmíru a role pracovišť AV ČR v tomto oboru.

Níže je uveden přehled za jednotlivá témata:

Koordinace

Finanční prostředky určené na koordinaci byly utraceny v souladu s plánem na organizaci společných setkání, provoz webových stránek a na společné aktivity, kam spadá prezentace programu Vesmír pro lidstvo na výstavě Cosmos Discovery, příprava společných propagačních předmětů, výroba tematických kalendářů, apod. Dále letos plánujeme výrobu modelů nejvýznamnějších kosmických sond, kde jsme zapojeni (ATHENA, JUICE, Solar Orbiter, ExoMars, TARANIS,...) v 3D tisku.

Řešení témat

T1: Horký a energetický vesmír - za hranice možností pozemských laboratoří

ASU: Rozpočet byl určen zejména na zahraniční cesty na jednání mezinárodních instrumentálních konsorcií za účelem efektivního zapojení ČR do rentgenových kosmických misí. Rozpočet zůstal z velké části nečerpán v důsledku převodu jednání do virtuální podoby.

ÚFA: Rozpočet je čerpán v souladu s plánem na spolupráci s ASU v misi ATHENA. Program VP 16 umožnil vybavit se elektronikou potřebnou pro účast řešitele na online schůzích konsorcia (zatím vyčerpano 24 tis. Kč z plánovaných 25 tis. Kč věcných nákladů).

T2: Evropská vesmírná mise ke Slunci

ASU: Rozpočet byl určený na podporu plánovaných setkání v rámci mezinárodní spolupráce, které nebylo možné uskutečnit, a proto nebyl čerpán.

ÚFA: Plánované cestovné na schůzky konsorcia bylo vyčerpáno jen částečně na začátku roku, další schůzky probíhají pravidelně distančně. Prostředky pak byly čerpány především na popularizační aktivity spojené se startem družice Solar Orbiter (propagační video, 3D model, popularizační materiály) a na techniku potřebnou ke zpracování dat (zatím vyčerpáno 132 tis. Kč z plánovaných 140 tis. Kč věcných nákladů).

T3: Ionosférické jevy nad bouřkovými oblastmi

ÚFA: Většinu prostředků použijeme v souladu s plánovaným rozpočtem na nutnou kalibraci elektrické antény pro družici TARANIS (180 tis. Kč) pro kterou nemáme žádnou jinou možnost financování. Zbylé prostředky jsme použili na nákup materiálu na 3D model družice TARANIS (20 tis. Kč).

ÚJF: Rozpočet je čerpán na spolupráci s ÚFA. Prostředky budou použity na výrobu roll-upu o měřeních v bouřkách a dále na společná měření.

T4: Mars a Jupiter - Evropské vesmírné cíle pro 21. století

ÚFA: Část přidělených prostředků jsme použili na popularizační akci Telefonát z Marsu – mezinárodní soutěž, kterou organizujeme ve spolupráci s časopisem Vesmír. Část prostředků jsme použili na nákup techniky potřebné k účasti týmu na online schůzích. Další prostředky ve výši 150 tis. Kč použijeme na kalibraci elektrické antény (zatím vyčerpáno 71 tis. Kč z plánovaných 230 tis. Kč věcných nákladů).

MBÚ: Prostředky jsme použili na jednorázový sterilní plastík (misky, pipety, sterilizační filtry), obalový materiál (alobal, parafilm) a další potřeby pro práci ve sterilním prostředí (etanol, rukavice).

T5: Dozimetrie kosmického záření

Část prostředků byla použita na náklady spojené s cestou do Moskvy, kde se řešily hlavně technické detaily ohledně mise Socrat-R a jednalo se o přípravě společného projektu pro družici BION-M2.

Z prostředků VP 16 byla uhrazena část nákladů (materiál, práce na softwaru) související se zprovozněním radioteleskopu, který bude mimo jiné sloužit i pro příjem dat z družice Socrat-R.

Část prostředků byla použita k výrobě propagačních materiálů. Dále budou prostředky využity na tvorbu komiksu pro děti a na úhradu DPP souvisejících s řešením tématu a organizaci stratosférického balónu.

Rozpočet ÚFA je čerpán na spolupráci s ÚJF v souladu s plánem. Prostředky jsme použili na nákup elektroniky potřebné k účasti na online schůzích (zatím vyčerpáno 6 tis. Kč z plánovaných 20 tis. Kč).

T6: Nové přístroje pro kosmický výzkum

Prostředky plánované na pracovní cesty na přípravná jednání přístrojových konsorcií mezinárodních kosmických misí, které mají později možnost získat jiné financování, jsme vzhledem k cestovním omezením využili jen částečně (25 tis. Kč). Prostředky jsme použili na zajištění přípravných technických prací na nových projektech. Za kalibraci měřicího přístroje jsme zaplatili 28 tis. Kč. Prostředky ve výši 65 tis. Kč použijeme na software pro mechanické a termální modelování, které provádíme v rámci přípravné studie projektu Lagrange ve spolupráci s ÚT. Z osobních nákladů jsme uhradili mzdu technického pracovníka, který přípravné práce k novým projektům vykonává (zatím vyčerpáno 70 tis. Kč z plánovaných 135 tis. Kč na věcné náklady a 95 tis. Kč z plánovaných 150 tis. Kč na další osobní náklady).

T7: Špičkové optomechanické systémy pro výzkum vesmíru

Finanční prostředky byly v roce 2020 zatím využity na tiskový plát do 3D tiskárny za účelem výroby propagačních předmětů. V plánu je dále nákup materiálu a komponent pro analýzu scratch-dig na dílech pro space aplikace a osobní náklady pro řešitele a ostatní členy týmu pracujících na projektu.

T8: Výzkum exoplanet a jejich atmosfér

Dr. Pintr a jeho tým rozšířil přístrojovou část o přenosné zařízení, které umožní pořídit kvalitní astronomická pozorování přímo v terénu. K tomu účelu byl pořízen dalekohled T-S REFRAKTOR APO 71 SQD f/6.3 QUATTRO s příslušenstvím zahrnujícím stativ, montáž, hledáček, zrcátko, foto a sadu okulárů (v celkové částce necelých 40 tis. Kč). Plánováno je pořízení dalších drobných komponent a příslušenství pro pozorování exoplanet.

T9: Pozorování Země

Finanční prostředky na ASU i BÚ byly určeny pro pořádání společných workshopů s mezinárodní účastí, které se vzhledem k situaci neuskutečnily. Místo toho budou finanční prostředky použity na nákup materiálu a služeb.

T10: Gravitační vesmír

ASU + FZÚ: v roce 2020 byly dosud z rozpočtu hrazeny služby za technický návrh hardwarového zapojení do mise LISA.

ÚPT: Z rozpočtu byla pořízena optická vlákna pro testovací sestavu kyvety, křemenné sklo, vakuové prvky a model víceprůchodové kyvety na výstavu Cosmos Discovery (celkově 47 tis. Kč). Zbývající prostředky budou využity k nákupu optických prvků a elektroniky pro testování kyvet (v částce cca 23 tis. Kč).

T11: Pozemní pozorování

ASU: Finanční prostředky určené zejména k popularizaci nebyly vzhledem k pandemické situaci čerpány. Budou využity buď k objednání Lego modelu budovaného největšího dalekohledu světa, ELT, který bude sloužit k propagačním účelům nebo na přípravu videodokumentu o české účasti v ESO.

FZÚ: Finanční prostředky určené na zahraniční cesty nemohly být vzhledem k pandemické situaci čerpány, cesty nebylo možné realizovat. Namísto toho budou finance utraceny na pořízení materiálu a služby.

V. Výhled aktivit na další rok

Celkově bude příští rok zapojeno 12 ústavů AV ČR. Ve vzájemné spolupráci budeme řešit 12 různých témat. S nově zapojeným Psychologickým ústavem dojde k rozšíření programu i do humanitního směru výzkumu. Příští rok bude pátým rokem fungování programu Vesmír pro lidstvo, a proto v něm plánujeme připravit společnou publikaci o řešených kosmických projektech a spolupráci akademických pracovišť v oblasti kosmického výzkumu.

Mezinárodní spolupráce i účast na velkých popularizačních akcích může být nadále ovlivněna pokračující pandemií. I přesto plánujeme řadu aktivit spojenou s programem Vesmír pro lidstvo, především takové, které bude možné realizovat i v online režimu. Přehled za jednotlivá témata uvádíme níže:

T1: Horký a energetický vesmír

V rámci projektu ATHENA X-IFU je hardwarový příspěvek již plně financovaný z projektu ESA PRODEX. Budeme se věnovat rozvoji nové vědecké spolupráce mezi ASU a ÚFA, která povede ke zkoumání užitečnosti přístroje nejen pro výzkum černých děr, ale i pro zkoumání magnetosféry Jupitera, případně tzv. charge exchange při Marsu. Budeme se také věnovat popularizaci naší účasti na této prestižní misi.

Pro projekt ATHENA WFI budeme pokračovat v návrhu možného českého příspěvku, zapojení vědeckých pracovníků do mezinárodního konsorcia WFI a získání financování z programu ESA PRODEX.

Pro projekt eXTP budeme prohlubovat vědeckou spolupráci se Slezskou univerzitou v Opavě a s průmyslem, který se bude podílet na řešení zakázky ESA.

Vypuštění rentgenové polarimetrické mise NASA IXPE je plánované na září 2021. Sonda pořídí vůbec první polarimetrická měření v rentgenovém oboru 1-10 keV. V mezinárodní spolupráci dokončíme observační strategii a budeme usilovat o koordinaci pozorování s dalšími rentgenovými misemi pro pořízení kvalitních spekter za účelem provázání a ověření výsledků pomocí polarizace. Při příležitosti startu mise plánujeme tiskové zprávy a mediální vystoupení o vědeckých cílech mise i o českém zapojení v této misi.

T2: Evropská vesmírná mise ke Slunci

Budeme pokračovat v popularizačních aktivitách a budeme se samozřejmě nadále věnovat kalibraci a analýze dat z mise Solar Orbiter. Připravujeme také komiks o sondě Solar Orbiter pro děti ve věku prvního stupně základních škol.

T3: Ionosférické jevy nad bouřkovými oblastmi

Zaměříme se na plánování měřících módů družice TARANIS, poslední předletové kontroly a analýzu prvních dat. V součinnosti se spolupracujícími pracovišti v ASU a ÚJF budeme pokračovat v monitorování a analýze elektromagnetických projevů bleskové aktivity získaných pozemními měřicími stanicemi a souvisejících optických měření a detekce kosmického záření. V říjnu 2020 bude uveden v rámci projektu Věda na doma podcast Ivany Kolmašové věnovaný bleskům a bouřkám.

T4: Mars a Jupiter - Evropské vesmírné cíle pro 21. století

Dokončíme přípravu záložního modelu přístroje WAM pro sondu ExoMars a odevzdáme záložní model přístroje LFR pro sondu JUICE. Budeme se podílet na přípravách měření přístroje RPWI. Plánujeme pokračovat v popularizačních aktivitách a to ve spolupráci s ASU, ÚPT a MBÚ. S přispěním programu Vesmír pro lidstvo Strategie AV21 vytvoříme další varianty propagačních materiálů pro odbornou i širokou veřejnost (plakáty, nálepky, magnetky).

T5: Dozimetrie kosmického záření

I v dalším roce plánujeme rozvíjet českou účast na vesmírných experimentech. Plánuje se účast na jednáních a pracovních schůzkách, kde se bude domlouvat zapojení do dalších experimentů a řešit technické detaily přístrojů pro plánované vesmírné mise (BION-M2, MTR-III). Bude také probíhat analýza dat z mise Socrat-R. Plánujeme také pokračovat v popularizaci. Budou připraveny modely detektorů, plánujeme další část komiksu o kosmickém záření a jeho měření. Také se chceme zaměřit na spolupráci se středními školami na téma detekce kosmického záření.

T6: Nové přístroje pro kosmický výzkum

V blízké budoucnosti plánujeme pokračovat v přípravě mise Comet Interceptor a projektu Lagrange, nicméně je od roku 2021 už plánujeme financovat projekty z prostředků ESA PRODEX. Projekt na Comet Interceptor byl podán, o financování Lagrange jednáme. Ve spolupráci s dalšími ústavy AV ČR (především ASU, FZÚ, ÚT) budeme usilovat o zapojení českého konsorcia do budoucí velké mise ESA LISA. Dále plánujeme v širší spolupráci ústavů v rámci strategie AV 21 zapojení do takzvaného ambiciózního kosmického projektu připravovaného Ministerstvem

dopravy. Výzva bude vyhlášena v říjnu 2020 a cílem je realizovat českou družici s vědeckým nebo technologickým zaměřením.

T7: Špičkové optomechanické systémy pro výzkum vesmíru

V příštím roce by mělo dojít k dokončení projektu FLEX FLORIS a aktivnímu zahájení projektu ARIEL (spolupráce s UFCH-JH). Dále by měly být zahájeny práce na projektu TRUTHS a vývoj letových modelů pro SAT Revolution. Bude probíhat užší navazování spolupráce se členy VP 16 při přípravě nového projektu české vesmírné mise (díky podpoře projektu VP 16).

T8: Výzkum exoplanet a jejich atmosfér

Pracoviště TOPTEC, oddělení Ústavu fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i. bude nadále v roce 2021 participovat na projektu Exoclock pod misí Ariel. Tentokrát se však bude zaměřovat na potřebné transity označené prioritou Medium nebo High, jejichž pozorování jsou nejvíce žádána.

V roce 2021 bude potřeba fotometrický dalekohled vybavit soustavou RGB filtrů a sadou fotometrických filtrů U, B, V, R, I. Dále pro robotizaci dalekohledu bude zapotřebí využít motorizované ostření a příslušný software. Takové vybavení pomůže zpřesnit fotometrii pozorovaných tranzitů a obsluhu celého zařízení.

T9: Pozorování Země

Budeme numericky testovat možnou korelaci meziroční změny kontinentální fenologie a globálního přesunu (převážně) vodních hmot ve vytipovaných oblastech (Asie, střední a jižní Afrika). V závislosti na situaci nás možná čeká cesta na DQW mítink pořádaný ESA a ve výhledu je rovněž společný seminář ve spolupráci ASU a BÚ. Očekáváme podporu online mítinků a workshopů související s tématem. V neposlední řadě budeme nadále sledovat situaci na nízkých oběžných drahách (s ohledem na rozmisťování obřích konstelací) a problematiku kosmického smetí obecně.

T10: Gravitační vesmír

Očekává se, že cestovní výdaje na zasedání mise LISA a další činnosti související s LISA budou během roku 2021 hrazeny z rozpočtu PRODEX. Jelikož se však návrh PRODEX v současné době ještě posuzuje, očekáváme, že pro pokračování těchto aktivit je v prvním čtvrtletí roku 2021 stále nutná finanční podpora ze strany VP 16.

T11: Pozemní pozorování

Množství a způsob popularizačních aktivit v ČR závisí na zdravotnicko-hygienické situaci. Plánujeme podporu velkých budovaných infrastruktur, a to primárně dalekohledu ELT (Extremely Large Telescope) Evropské jižní observatoře a CTA (Cherenkov Telescope Array), jak jižní větve na Paranal, tak severní větve na Kanárských ostrovech. Podpořena bude i další vědecká spolupráce v rámci Observatoře Pierra Augera v Argentině a účast vědců z ČR na Vera C. Rubin Observatory, důraz bude kladen též na popularizační hledisko a vhodné výstupy pro širší veřejnost.

T12: Lasery pro kosmický výzkum

Připravujeme výstavu s pracovním názvem "Exoplanety: a budiž světlo," která představí aplikaci výkonových laserů v laboratorní astrofyzice a kosmochemii. Na výstavu plánujeme výrobu modelů satelitu ARIEL, JWST, HabEx, Luvoir, roverů Opportunity a Perseverance v krajině Marsu. Plánujeme také postavit model systému Proxima, Trappist a Sluneční soustavy a připravit demonstrátor ukazující princip detekce exoplanet zákrytovou metodou a studium chemie tranzitní spektroskopii. Prostředky ze strategie AV21 mají iniciovat přípravu výstavy, řadu modelů postavíme svépomocí a ve spolupráci s nadšenci, nicméně bude nutno zakoupit např. náplně do 3D tiskáren, spojovací materiál, zaplatit náklady na práci skláře, plexisklo, konstrukční materiál, tisk ústavního plotteru a dále čerpat cestovní náklady na kontakt s partnery v rámci i mimo rámec AV21 (Hvězdárna Valašské Meziříčí, ASU Ondřejov, MendelU Brno). Výstava je plánována na 3. čtvrtletí 2021.

VI. Rozpočet na příští rok

Na příští rok žádáme souhrnně za program VP 16 částku **3 372 000 Kč**. Žádaná částka je navzdory rozšíření programu nižší, než byla pro letošní rok, protože očekáváme, že cestovní omezení budou pokračovat i v příštím roce a řada odborných i popularizačních aktivit bude probíhat virtuálně. Detailní rozpis finančních požadavků je uveden v žádosti o rozpočet na rok 2021.