



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA

SPOLOČNE BEZ HRANÍC



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



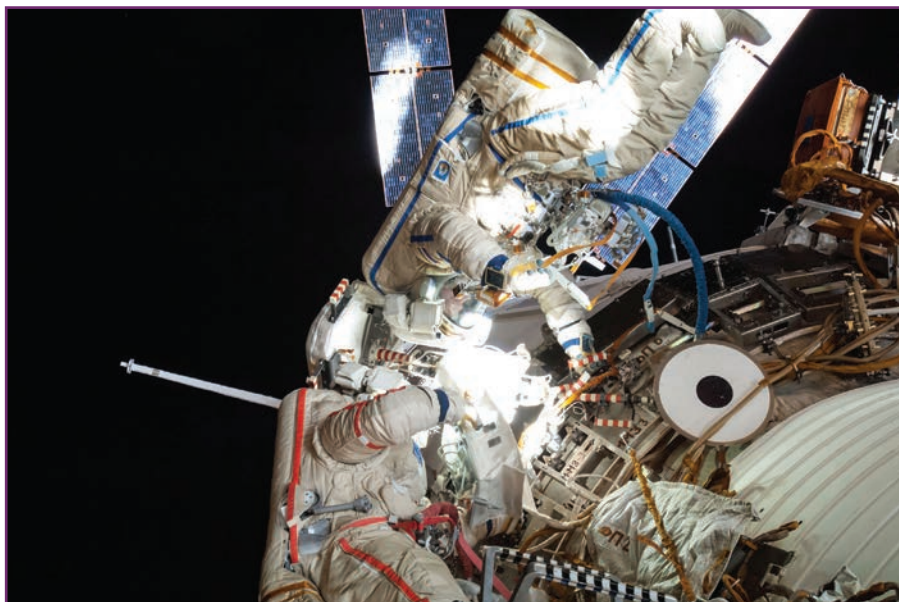
FOND MIKROPROJEKTŮ

Projekt
SPOLEČNÝM VZDĚLÁVÁNÍM PRO SPOLEČNOU BUDOUCNOST

Sborník přednášek ze semináře

KOSMONAUTIKA A KOSMICKÉ TECHNOLOGIE

28. - 30. 11. 2014 Hvězdárna Valašské Meziříčí

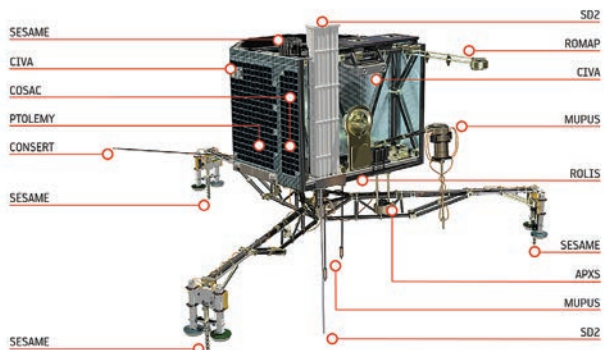
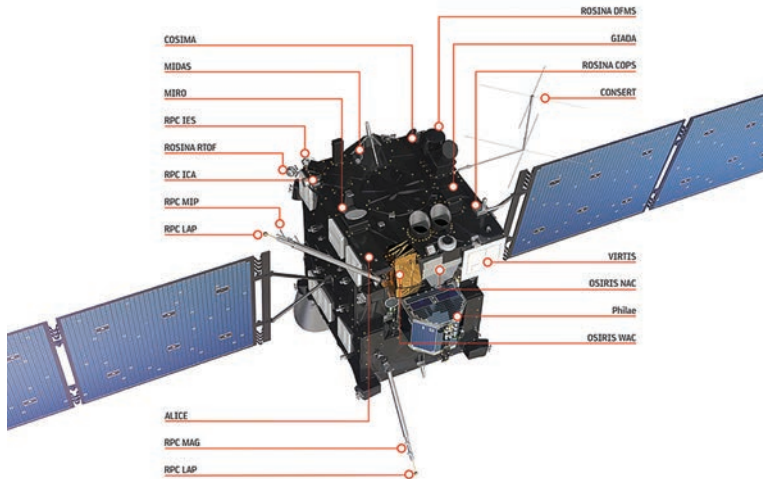


Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.
Organizácia pre vesmírne aktivity - SOSA





Snímky komety 67P/Čurjumov-Gerasimenko s vyznačenými místy pro přistání modulu Philae.
Dole: popisy obou částí sond - sondy Rosetta a přistávacího modulu Philae. (K příspěvku Aktuálně o misi Rosetta).



STAV A VÝHLEDY ČESKÉ KOSMONAUTIKY

Jan Kolář, Česká kosmická kancelář

Pro sestavování a posuzování stavu každé činnosti je zapotřebí vymezit její oblast a náplň. V případě kosmonautiky lze za takovou definici brát vyjádření, že kosmonautika je soubor činností potřebných pro provádění pohybu/pobytu v kosmickém prostoru a jeho využití.

Náplň kosmonautiky

Jednotlivé druhy činností spadající do této oblasti pak představují především vědeckovýzkumnou a vývojovou činnost, která je stále ve společnosti vnímaná jako ta „opravdová“ neboli „tradiční“ kosmonautika. Z ní se postupně stále výrazněji rozvíjejí samostatně kosmická doprava a produkce kosmických prostředků, které jsou nabízeny jako komerční služba či produkt. Současně s oběma těmito činnostmi se velkému rozmachu těší i oblast zahrnující všechny možné uživatele výsledků obou předchozích oblastí. Mezi nimi je důležitá role vývoje nových možností užívání metod a produktů kosmického výzkumu v pozemském životě, které se označují jako kosmické aplikace. I když tyto oblasti patří pod pojmové vnímání kosmonautiky, jejich fungování je odlišné. První oblast je z definice výzkumnou a vývojovou, druhá je provozní a třetí má uživatele jak ve výzkumné, tak operační, neboli rutinní činnosti. Ty zahrnují téměř všechny aspekty lidské činnosti z technických, přírodovědných, ekonomických, sociálních, kulturních a jiných samostatných oborů.

Česká kosmonautika neboli činnosti, které se ve výše uvedených oblastech provádějí v České republice, zahrnuje již několik desetiletí především působení v první a třetí oblasti. S rozvojem mezinárodní spolupráce se podařilo jednotlivé zapojení i do komerční výroby družic a omezeně jsou navazovány kontakty rovněž pro využití budoucí komerční kosmické dopravy.

Míra rozvoje všech oblastí, které do kosmonautiky přispívají a jeho úspěšnost je závislá především na úrovni znalostí a dovedností lidských zdrojů a zájmu se do některé z oblastí aktivně zapojit. Tyto faktory jsou na druhé straně ovlivněny velikostí dostupných financí a efektivitou podpůrné infrastruktury. Vzhledem k rozdílnosti jednotlivých oblastí kosmonautiky, vyžaduje jejich rozvoj i odpovídajícím způsobem rozdílné podmínky financování a řídicí a podpůrné infrastruktury, které utvářejí pro ně vhodné či méně vhodné podmínky a prostředí.

Řízení kosmonautiky v ČR

Současné řízení české kosmonautiky je v kompetenci ministerstva dopravy. Stalo se tak politickým rozhodnutím - usnesením vlády v dubnu 2011. Řídícím orgánem je Koordinační rada ministra dopravy pro kosmické aktivity, v níž jsou zástupci MD, MŠMT, MPO, MŽP, MZV, MO a Úřadu vlády.

Zabývá se českou účastí ve všech existujících národních i mezinárodních institucích a jejich programech. V této souvislosti i řídí obsah a rozsah veřejných financí určených pro české kosmické aktivity. Pojem „kosmických aktivit“ však není blíže určen a jeho výklad je tak podle okamžitého posouzení situace a možností. Principiálně ale zahrnuje kosmonautiku v jejím celku, tedy všechny oblasti.

Výzkumná a vývojová oblast je prezentována hlavně účastí ČR v programech **Evropské kosmické agentury**, v menší míře ve vědeckém a výzkumném programu Evropské unie (7. Rámcový program v letech 2007-13 a program Space v Horizon 2020 pro období 2014-2020) a národními zdroji, hlavně Grantovou agenturou a Technologickou agenturou, případně sektorovými programy VaV.

Druhá oblast je svým charakterem komerční, v ní se zatím zásahy MD neprojevují.

Třetí oblast zasahuje všechny sektory české společnosti.

Vzhledem k rozmanitosti těchto oblastí je snaha o všeobjímající řízení příkrém rozporu s rozdílnými přístupy a potřebami těchto oblastí. Důsledkem je těžkopádná, rozporuplná a tím i demotivující organizace, která postrádá systémový přístup vycházející z respektování rozdílnosti vnitřního obsahu kosmonautiky. Neodpovídá tak obsahu a trendu vývoje kosmonautiky. Nicméně je v tuto chvíli daná politickým rozhodnutím a zájmem úředníků ministerstva dopravy na jejím udržení.

Program	Veřejný výdaj (mil. Euro) v roce 2014
ESA	13,9
EUMETSAT	2,7
Horizon 2020 Space	1,2
národní projekty (odhad)	1,2

Tab. 1. Veřejné výdaje v roce 2014 na kosmonautiku v ČR.

Veřejné finanční zdroje

Tyto zdroje by měly sloužit k rozvíjení činnosti v první a do jisté míry i ve třetí oblasti. Podstatná část obou oblastí připadá na výzkumnou a vývojovou (VaV) činnost. Celková výše veřejných výdajů na podporu VaV v České republice, včetně prostředků krytých příjmy z EU a Norských fondů, dosáhla v loňském roce 39,1 mld. Kč, státní rozpočet v letošním roce přispívá 26,6 mld. Kč. To činí 2,2 % státních výdajů pro 11 státních orgánů, což je pod evropským průměrem. Vedle slabé výkonnosti ekonomiky se zde odráží nízká kvalita a otevřenost výzkumného systému.

Na kosmonautické programy připadá z této sumy roční úhrada českých podílů na programech mezinárodních organizací ESA a EUMETSAT, programu Kosmonautika (Space) v programu Horizon 2020 Evropské komise a projektů s odpovídající tematikou v národních agenturách a resortních VaV programech (Tab. 1.).

Obsah a rozsah české kosmonautiky

Evropská unie

Hlavním všeobecným programem EU na financování výzkumu byl v minulých letech 7. Rámcový program pro výzkum a vývoj. Kosmonautiky se zvláště týkala jedna z jeho kapitol nazvaná **Space** (Kosmonautika). Za celé jeho období uplynulých sedmi let bylo v něm řešeno celkem 28 projektů s účastí českého pracoviště. Tematicky projekty zahrnovaly široké rozpětí od základní fyziky přes astronomii, kosmické počasí, sledování zemského povrchu po návrh kosmického obydlí, robotiku a návrh raketového motoru. Česká pracoviště na svoji účast na řešení získala celkem dotaci 3,2 mil. Euro. Při odhadovaném příspěvku ČR do této kapitoly asi 1 mil. Euro ročně tak činí návratnost kolem 45 %.

EUMETSAT

Po několika letech přidruženého členství se Česká republika stala řádným členem mezivládní **Evropské organizace pro využívání meteorologických družic** (EUMETSAT) v roce 2010. Organizace vytváří a spravuje soustavu evropských meteorologických družic a podporuje využívání získaných dat. Českou účast v této organizaci řídí Český hydrometeorologický ústav. Ten je hlavním uživatelem sítě, která zajišťuje přenos družicových dat z evropských družic v reálném čase meteorologickým službám v členských státech. Využívání dat je zatím jediný způsob české účasti v této organizaci, i když **METEOSAT** vyhláší

veřejné zakázky na zpracování dat a technické projekty na stavbu pozemního i družicového vybavení.

Evropská kosmická agentura

Spolupráce České republiky s Evropskou kosmickou agenturou se datuje od roku 1996. Za tu dobu prošla několika formami organizačního a finančního uspořádání až po dnešní plné členství ČR v ESA. Z období před vstupem do ESA byla Česká republika účastníkem programu Prodex (2000-2003) a Plánu pro evropské spolupracující státy PECS (2003-2008). Za tu dobu česká pracoviště celkem řešila 33 projektů v souhrnné ceně 8,48 mil. Euro. Vzhledem k přímému způsobu financování projektů byla finanční efektivita 94 %.

Do přehledu české kosmonautiky v dalším období po vstupu do ESA v listopadu 2008 jsou zahrnuty údaje o projektech resp. jejich etapách ukončených do pololetí roku 2014.

Finanční příspěvky a tím i možnosti získávání zdrojů z rozpočtu ESA jsou pro každou zemi rozděleny do dvou skupin - povinných příspěvků, které jsou dány výši národního HDP a příspěvku do volitelných programů, která je ponechána na volném rozhodnutí a výběru každé členské země. Pracoviště členské země se ale mohou v otevřené soutěži zúčastnit každého tendru, který je vyhlášen v programu, do něhož jeho země přispívá.

Povinné programy poskytly dosud zdroje pro 64 projektů za 10,6 mil. Euro (Tab. 2.). Vzhledem k charakteru povinných programů je to vcelku vysoké číslo, způsobené zvláštním **podpurným a pobídkovým programem**. Ten ESA vyhláší na dobu šesti let pro každou novou členskou zemi, aby jí dala příležitost sestavit svoji strategii a tamějším pracovištěm vybudovat potřebnou znalostní i výkonovou kapacitu k úspěšné soutěži o projekty s ostatními členy. Účast v pobídkovém programu byla vyhrazena pouze pro česká pracoviště a financovaná ostatními členy ESA ve výši poloviny povinného příspěvku. Z něho bylo ve třech výzvách postupně vybráno k financování na padesát projektů, které dosud získaly 8,12 mil. Euro. Celkem na tento program případně z českého povinného příspěvku za šest let 17,4 mil. Euro.

PROGRAM	PROJEKTŮ	CENA (M€)
Podpurný program	46	8,12
Obecný rozpočet	14	1,81
Vědecký výzkum	3	0,71

Tab. 2. Využití finančních prostředků v povinných programech ESA.

Z povinného příspěvku jsou také hrazeny studie a počáteční fáze vývoje perspektivních technických řešení. V těchto obecných programech se podařilo českým pracovištím získat dosud 14 projektů.

Od začátku svého členství se ČR zapojila kromě povinných aktivit i do volitelných programů pokrývajících devět tematických oborů (Tab. 3.). Zhruba polovina použitých finančních prostředků a počtu řešených projektů připadá na obory pozorování Země a telekomunikace. Odráží se v tom převaha vývoje nových pozemních aplikací, které oba obory obsahují. Rovněž k tomu přispěly i dva nejnákladnější aktuální projekty, které jsou po jednom zastoupeny v každé kategorii. V pozorování Země je zahrnut mnohaletý vývoj mikroakcelerometru pro družici Swarm a v telekomunikacích je to česká účast v přípravě koncepce nového systému na řízení leteckého provozu s využitím spojových družic.

OBOR	PROJEKTŮ	CENA (M€)
Pozorování Země	18	4,36
Telekomunikace	17	4,36
Vědecké přístroje (Pro-dex)	14	3,74
Technologický vývoj	13	1,97
Nosiče	7	0,98
Mikrogravitace	1	0,45
Pilotované lety	1	0,13
Navigace	1	0,12
Průzkum automaty	1	0,05

Tab. 3. Využití finančních prostředků ve volitelných programech ESA.

Necelá čtvrtina využitých zdrojů volitelných programů připadá na vývoj částí vědeckých přístrojů, hlavně pro sluneční observatoř Solar Orbiter. Účast na přístrojovém vybavení této sondy je největším českým kosmickým projektem druhé poloviny této dekády.

Tematicky nejširší je **program technologického vývoje**, který je průřezově otevřený pro všechny druhy technického výzkumu a vývoje kromě telekomunikačního. S využitím tohoto programu je možné získat základní poznatky o určitém profesním tématu v kosmonautické oblasti a potenciální úspěšnosti jeho dotažení do letové podoby. Vedle materiálového, elektronického a mechanického výzkumu bylo významná část zdrojů přidělena vývoji programových řešení

pro pozemní segment. Tématická oblast raketových nosičů se pro česká pracoviště nově otevřela až po vstupu do ESA. Přes minimální zkušenosti s touto problematikou se v prvních letech ukázala postupně možnost pro česká pracoviště profesně zaměřená na výzkum nových materiálů, zejména kompozitních s uplatněním v kryogenních konstrukcích.

V souhrnu za dobu svého členství přispěla Česká republika do rozpočtu ESA ze státních prostředků částkou necelých 61 mil. Euro. Ve 137 projektech bylo z toho na výzkumné a vývojové práce v českých pracovištích poskytnuto 26,7 mil. Euro. Praktické zkušenosti s řešením projektů ESA dosud získalo 45 pracovišť z různých sektorů a profesního zaměření i velikosti.

Národní programy

Značným nedostatkem pro tradiční oblast české kosmonautiky je **chybějící kosmický národní program**, který by podporoval a umožňoval rozvíjet českou vědeckou a vývojovou základnu uplatněním svých priorit. Do určité míry jej nahrazují programy grantových agentur, především Grantové agentury ČR a Technologické agentury ČR, dvoustranné mezivládní, rezortní i ústavní dohody o vědeckotechnické spolupráci a programy podpory výzkumu a vývoje některých ministerstev.

Přes svoji roztržitost jsou tyto zdroje důležité a umožnily českým vědcům uskutečnit v minulosti a v menší míře i v současnosti několik letových kosmických experimentů. Mezi nimi jsou významné již historické starty tří českých družic (Magion 4, Magion 5 a Mimosa) a spektrometr na ruské planetární sondě Mars 96, která se však nedostala na dráhu.

V současnosti se připravují alespoň tři další letové experimenty, které jsou financované z národních programů. Jde o prostorový detektor nabitých částic pro japonskou družici RISESat a experimenty z oboru kosmické fyziky a dva typy analyzátorů vln a elektronů na francouzskou družici Taranis.

Neexistence dedikovaného národního programu mj. zapříčinila i ukončení vývoje malých družic, v němž Česká republika patřila ještě v polovině devadesátých let ke světové špičce. Příležitost k obnovení budování tohoto oboru se naskytla využitím části prostředků Pobídkového programu ESA, to se však nestalo. Přednost dostaly projekty s výhledem brzké komerční návratnosti přidělených prostředků. Idea malých družic však je současným celosvětovým trendem, tak jak se stala mnohem dostupnější zejména miniaturní elektronická produkce. V České republice se v minulých letech do této oblasti zapojily čtyři kolektivy, dva mají finanční prostředky z národních zdrojů. Nejsilnější podporu získal pro-

jekt vývoje dvouprvkového cubesatu ve VZLÚ, který je financován dvěma projekty Technologické agentury.

Operační a komerční užití kosmonautiky

Tato oblast je se v České republice rozvíjí tempem sledující zhruba vývoj a situaci v řadě jiných států včetně těch s rozvinutější výzkumnou a vývojovou základnou a intenzivnějším zapojením do kosmických programů. Do praktického života proniklo využívání spojových družic, které je u nás nabízeno jako komerční služba pro přenos i příjem signálu televizního i rozhlasového vysílání, a i pro přenos datových služeb pro jednotlivé zákazníky státního i soukromého sektoru. Totéž platí i pro telefonní spojení v místech bez pokrytí pozemních sítí.

Masového využití dosáhlo využívání mobilních stanic příjmu signálu z navigačních družic, na které jsou navázány mnohé komerčně vyvinuté služby. V této oblasti jsou aktivní také české produkční i obchodní firmy nabízející stále dokonalejší produkty a služby postavené na znalosti polohy získané v reálném čase z družicových dat. Pro další rozšíření těchto komerčních služeb může být příznivé vybudování evropského družicového **navigačního systému Galileo**. Evropská komise se snaží o co nejrychlejší uvedení tohoto systému do provozu a prostřednictvím agentury GSA, která má sídlo v Praze podporuje i vývoj nových aplikací pro různé sektory.

Ve službě **Českého meteorologického ústavu** se rutinně užívá dat z meteorologických družic pro praktickou předpověď počasí i pro sledování klimatu. Sledování klimatu má ale již převážně výzkumný charakter, který je typický pro celý obor družicového pozorování Země. S využitím těchto družic se již několik desetiletí vyvíjejí různé aplikace s cílem poskytnout nové informace o zemském prostředí. V České republice má režim určité pravidelné služby sledování zdravotního stavu lesa v několikaletých intervalech a povinná kontrola zemědělských dotací podle metodiky předepsané Evropskou unií. Jako poloprovozní se dá hodnotit evropský projekt mapování krajinného krytu a jeho změn z družicových dat, na němž se pracoviště v České republice aktivně podílí. Projekt v pětiletých cyklech aktualizuje databázi zemského povrchu v zemích EU, východní Evropy a severní Afriky. Ve všech těchto případech se jedná o nákup služby příslušnými ministerstvy od komerčních dodavatelů v České republice. Ve stovkách se počítají projekty, které se snaží o nalezení metodiky použití dat dálkového průzkumu pro získání geografických informací nejrůznějšího typu. Vedle aktualizace tradičních typů map je jejich použití jednorázové a do standardní činnosti státních i soukromých organizací proniká obtížně.

V oblasti komerční produkce kosmických dopravních prostředků se v České republice zatím uplatnilo několik firem většinou jako dodavatelé konkrétního prvku z počátečních stupňů řetězce výroby. Zahrnují především mechanické díly včetně pohyblivých mechanismů používané zahraničními integrátory k produkci základní družicové platformy, která dosáhla určitého stupně sériové výroby.

I když komerční poskytování dopravy do kosmu ještě nedosáhlo širší dostupnosti, je v České republice tato možnost sledována. Prvním konkrétním krokem zpřístupnit tuto budoucí možnost dopravy do kosmického prostoru i pro české uživatele je dohoda o spolupráci mezi Českou kosmickou kanceláří a americkou společností XCOR Aerospace. Dohoda stanovuje postupy a pravidla podle kterých může česká komunita využívat raketové letadlo Lynx.



JAK SE MOHOU ČESKÁ PRACOVIŠTĚ ZA- POJIT DO AKTIVIT EVROPSKÉ KOSMICKÉ AGENTURY

Michal Václavík, Česká kosmická kancelář



Dne **12. listopadu 2008 se Česká republika stala 18. členským státem Evropské kosmické agentury (ESA)**. Vyvrcholila tak dlouhá cesta, jejíž počátky je nutné hledat v roce 1994, kdy byly navázány první styky mezi Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR a oddělením mezinárodních vztahů ESA. O dva roky později došlo k podepsání Dohody o spolupráci mezi ČR a ESA, která vytvořila rámec pro spolupráci ve výzkumu a mírovém využívání kosmického prostoru, a podmínky pro provádění projektů ve společném zájmu. V tomto okamžiku se již uvažovalo o prvních projektech, které byly následně úspěšně realizovány na přelomu desetiletí.

Významný milník přišel v roce 2003, kdy se Česká republika stala spolupracujícím státem ESA a v rámci přípravného programu PECS se v období 2004–2008 realizovalo 28 projektů v celkové hodnotě téměř 10 milionů euro. Česká

pracoviště zvládla tento přípravný proces výborně, a proto již nic nebránilo vstupu České republiky do elitní skupiny členských států ESA. Pro úplnost dodejme, že v roce 2011 se stalo členským státem ESA Rumunsko a v roce 2012 Polsko.

Rozpočet ESA se skládá z příspěvku členských států, který tvoří přibližně jeho tři čtvrtiny a zbývající části tvoří příspěvky třetích stran, zejména Evropské unie a EUMETSAT. Povinností každého členského státu je přispívat do společného rozpočtu ESA poměrným dílem, jenž má dvě části – povinnou a volitelnou. Výše povinného příspěvku se odvíjí od hrubého domácího produktu členského státu a jeho výše je pro daný stát každý rok přibližně stejná. Volitelná část příspěvku je závislá na potřebách, strategii a preferencích každého členského státu ESA. Státy se samy rozhodují, jakých volitelných programů ESA se chtějí účastnit a v jaké finanční výši. Závazek ve volitelných programech je obvykle pětiletý. Rozpočet ESA na rok 2014 je 4,140 miliard euro, přičemž Česká republika přispívá částkou pouze 13,882 milionu euro a zaujímá poslední příčku mezi všemi 20 členskými státy ESA.

ESA pokrývá tematicky všechny oblasti kosmonautiky, kam patří pozorování Země, nosné rakety, pilotované lety a výzkum v mikrogravitaci, robotický průzkum sluneční soustavy, výzkum vesmíru, telekomunikace, navigace, sledování stavu kosmického prostoru a technologie. Konkrétní aktivity jsou realizovány ve více než 40 programech, které jsou úzce zaměřeny a vždy spadají do jedné z kategorií výše. Doposud bylo v rámci členství řešeno více než 180 projektů v hodnotě téměř 30 milionů euro s účastní pracovišť z České republiky. Česká pracoviště se mohou zapojit **do všech aktivit v rámci povinného příspěvku**, kam spadá:

- Technologický výzkumný program (TRP)
- Program vývoje kritických technologií pro vědecké mise (CTP)
- Program obecných studií (GSP)
- Program rozvoje a provozu evropského kosmodromu ve Francouzské Guyaně (CSG)

A do aktivit ve **volitelných programech ESA**, do kterých Česká republika vstoupila a finančně přispívá. Aktuálně (ke konci listopadu 2014) se jedná o:

- Rámcový program pozorování Země (EOEP)
- Program vývoje družicové části pro GMES/Copernicus (GSC)
- Program vývoje třetí generace družic Meteosat (MTG)
- Program vývoje kosmického segmentu systému MetOp druhé generace (MetOp-SG)
- Program přípravy budoucích nosných raket (FLPP)

- Program pro vědy o životě a fyzikální vědy (ELIPS)
- Program pro přípravu robotického průzkumu Marsu (MREP)
- Program rozvoje vědeckých experimentů (PRODEX)
- Program vývoje systémů evropské družicové navigace (EGEP)
- Program pokročilého výzkumu telekomunikačních systémů (ARTES)
- Program sledování stavu kosmického prostoru (SSA)
- Obecný podpůrný technologický program (GSTP)

První věcí pro úspěšné zapojení do aktivit ESA je vlastní zájem a odhodlání, bez kterého to zejména v počátcích nejde. Fungování ESA, náplň jednotlivých programů, systém vyhledávání projektových příležitostí, hodnocení projektových návrhů, standardizace (ECSS), dokumentace i vlastní řešení projektů, to vše je velmi specifické a vymyká se obecným zvyklostem. Pro nová pracoviště se zájmem o zapojení do aktivit ESA je důležité navázat kontakt s národními delegáty do ESA a s poradním pracovištěm – Českou kosmickou kancelář, kteří mají možnost přenášet informace z ESA do České republiky a také naopak. Ti musí být seznámeni s portfoliem produktů a služeb, technickým vybavením, lidskými i časovými kapacitami a případně i konkrétním zájmem o určitou činnost. Pracoviště by si na druhou stranu v ideálním případě mělo držet povědomí o dlouhodobých plánech ESA i konkrétních pracovních plánech relevantních programů ESA, které jsou zpravidla vydávány na 1 až 3 roky a obsahují přehled konkrétních projektových příležitostí, včetně stručného popisu, očekávané hodnoty kontraktu, délky řešení, počáteční a konečné úrovně technologické připravenosti a způsobu zadání zakázky.

Drtivá většina projektových příležitostí neboli **ITT** (*Invitation To Tender*) je vyhledávána přes systém EMITS (<http://emits.esa.int>), v němž musí být každé pracoviště registrováno. Je mu totiž přidělen tzv. bidder code, bez kterého není možné se zapojit do žádné z aktivit ESA. Registrace do systému EMITS je v časově náročná a mnohdy neintuitivní, ale pracovištěm s ní v případě problémů může pomoci Česká kosmická kancelář. Registrací do systému EMITS získá pracoviště přístup ke všem otevřeným ITT a některým připravovaným ITT.

--- Ukázka hlavičky ITT ---

ESA Open Invitation To Tender
AO7971

Title: L2 - X-RAY MIRROR MODULE ASSEMBLY, INTEGRATION AND TESTING
Open Date: 30/10/2014

Closing Date: 05/02/2015
Status: ISSUED
Reference Nr.: 14.164.15
Prog. Ref.: CTP - General
Budget Ref.: E/0401-01B - CTP - General
Special Prov.: B+DK+F+D+I+NL+E+S+CH+GB+IRL+A+N+FIN+POR+GR+LU-
X+CZ+RO+PL
Tender Type: C
Price Range: > 500 KEURO
Establishment: ESTEC
Directorate: Directorate of Science & Robotic Explor.
Department: Future Missions Preparation Office
Contract Officer: Byberg, Helena
Last Update Date: 17/11/2014
Update Reason: Loaded a new Clarification(English version)

This activity shall develop and demonstrate a process and related ground support equipment for integrating Silicon Pore Optics mirror modules into a mirror support structure with the required co-alignment accuracy and its verification by suitable metrology. The activity shall include the design trade-off for the support structure including material selection. Interface requirements related to the AIV procedure shall be elaborated. Procurement Policy: C(1) = Activity restricted to non-prime contractors (incl. SMEs). For additional information please go to EMITS news „Industrial Policy measures for non-primers, SMEs and R&D entities in ESA programmes“.

Od okamžiku, kdy je ITT vydáno zbývá zpravidla 4 až 6 týdnů k vypracování projektového návrhu. Na jeho napsání tak není mnoho času a je proto vhodné získat co nejvíce informací předem, vyhledat partnery a předepsat pasáže projektového návrhu, u kterých je to možné. Po vydání ITT jsou registrovaným uživatelům k dispozici všechny potřebné informace v podobě následujících dokumentů:

- Letter of Invitation
- Statement of Work – nejdůležitější dokument obsahující úvod do problematiky, cíle, popis jednotlivých úkolů a výstupy
- Contract Conditions
- Tender Conditions
- Clarification

Pracoviště si musí porovnat dovednosti vyžadované v konkrétním ITT s vlastními. V případě, že je plně pokrývá, může přistoupit k vypracování projektového návrhu. V ostatních případech se musí poohlédnout po subkontraktorech pokud

chce stále zůstat ve vedoucí pozici, případě po vedoucím pracovišti pokud chce být v roli subkontraktora. V případě žádného nebo minimálního průniku požadavků ITT a vlastních dovedností pracoviště je lepší se do projektové příležitosti nezapojoval a šetřit čas i finanční prostředky.

Pro pracoviště, která nemají zkušenosti s projekty ESA, je výhodnější se z počátku vždy spojit se zkušenějším pracovištěm u nás nebo v zahraničí. Pro projektový návrh napíše jen pasáž, která se týká jeho práce, zbytek zajistí zkušenější pracoviště a sníží se riziko vyřazení projektového návrhu z formálních důvodů. Také v případě získání kontraktu je zkušenější pracoviště dobrým rádcem při vypracování průběžných zpráv, finančních reportech či vedení dokumentace.

Na vypracování projektového návrhu neexistuje šablona a jeho struktura se řídí obsahem dokumentu Statement of Work, na nějž je projektový návrh odpovědí. Projektový návrh se také musí řídit obecnými pravidly ESA, která jsou ustanovena v *General Clauses and Conditions for ESA Contracts*, *General Conditions of Tender for ESA Contracts* a *Procurement Regulations*. Ze zkušenosti si však lze představit obecnou strukturu projektového návrhu asi následovně:

- Cover letter
- Technical Part
 - Introduction
 - Technical Discussion
 - Technical Description
- Management Part
 - Workbreakdown Structure
 - Workpackage Descriptions
 - Team/Key Personnel
 - Schedule
 - Deliverables

Kolem 95 % ITT ESA je vyhlášováno v otevřené soutěži. Vzhledem k silné konkurenci z ostatních členských států ESA je nutné se hned od začátku smířit s neúspěchem podaného projektového návrhu. Statistika uvádí, že z deseti podaných projektových návrhů uspěje jeden. I to je jedním z důvodů, proč je vhodné se zapojovat do mezinárodních konsorcií zkušených pracovišť.



MEZINÁRODNÍ KOSMICKÁ STA(VEB)NICE – KDE SE VZALA

Tomáš Příbyl, nezávislý publicista v oblasti kosmonautiky

Dnes považujeme za samozřejmost, že nad našimi hlavami krouží **Mezinárodní kosmická stanice** (*International Space Station, ISS*). Jak ale vlastně tento projekt vznikl a co jej formovalo?

Po skončení programu Apollo hledal jak Kongres USA, tak NASA další směr amerického kosmického průzkumu. Přednost dostal raketoplán, ovšem stejně tak existovala myšlenka na realizaci kosmické stanice: laboratoře, která by dlouhodobě umožňovala provádět výzkumy v širokém spektru oblastí.

Proto NASA v roce 1976 představila koncept stanice skládající se z jednoho obytného, dvou laboratorních a jednoho servisního modulu. To vše mělo být umístěno na příhradovém nosníku se slunečními bateriemi, přičemž vývoj, výroba a vypuštění měly stát pod šest miliard dolarů. Detailní rozpracování projektu bylo v dubnu 1976 zadáno firmám McDonnell a Grumman; každá na ně dostala 700 tisíc USD.

Mezinárodní stanice

V roce 1981 se projekt raketoplánů po letech odkladů blížil do finále a ještě před jeho premiérou NASA zadává Boeingu za 400 tisíc USD studii na vypracování podoby „Střediska kosmických operací“. Tedy orbitální základny, která měla zajišťovat servis družic, jejich tankování, vývojové práce, obsluhu dalších těles či přípravu na pronikání do hlubin. Osmnáctiměsíční studie byla v roce následujícím ještě o pět měsíců prodloužena, aby do ní bylo možné zakomponovat samostatný laboratorní modul.

Mezitím v březnu 1981 dosadil Reagan na post administrátora NASA Jamese Beggse, velkého zastávce projektu kosmické stanice. A ten v červnu na pařížském aerosalonu vyzval mezinárodní partnery, aby se k projektu



Obr. 1 - První podoba americké kosmické stanice z roku 1984, která byla označována jako „věž“.

přidali. Byl to ryze pragmatický tah. Jednak šlo o možnost získat pro stanici peníze navíc mimo rozpočet schvalovaný Kongresem USA a jednak Beggs dobře věděl, že spolupráci středisek NASA na jednom cíli z šedesátých let nahradila tvrdá rivalita v sedmdesátých letech, kdy se nově rozdělovaly role v americké kosmonautice. Právě spolupráce na mezinárodní úrovni mu měla pomoci ve znovusjednocování NASA.

Japonsko nabídlo pro stanici vytvoření vlastní laboratoře a samostatně létající experimentální plošinu. Kanada nabídla využití svých zkušeností s vývojem manipulátoru RMS pro raketoplány (tzv. kanadská ruka) a navrhla pro stanici její modernizovanou verzi. Zajímavá situace nastala v Evropě, kde ESA nebyla zdaleka tak jednotným orgánem jako dnes. Její členské země se nedohodly na společném postupu, a tak každá začala jednat s NASA na vlastní pěst. Francie nabídla k obsluze miniraketoplán Hermés, Německo laboratorní modul Columbus a Itálie několik pomocných modulů.

Stanice pro všechny

U mezinárodních partnerů se návrh setkal s kladným ohlasem, ovšem Beggs narazil jinde. A to u americké armády (bez jejíž podpory by mimochodem nikdy nevznikl raketoplán), která pro své potřeby neviděla ve stanici žádný smysl. Ba co víc, vnímala ji jako konkurenci jiným programům.

Po úspěšném absolvování zkušebních letů raketoplánů začíná Amerika hledat nový „velký kosmický cíl“. Řeší se aktuální zdroje, možnosti i potřeby; proto je ze stolu smeten návrh návratu na Měsíc nebo cesta na Mars. Citelně ale sílí volání po stanici na oběžné dráze. Na ní by bylo možné provádět vědecký program, testovat technologie, získávat zkušenosti nebo prověřovat spolehlivost.

Vzniká tak koncepce mající za cíl uspokojit každého. Stanice se měla skládat z několika samostatných částí, přičemž některé by byly trvale osídlené, některé by pracovaly v automatickém a některé v poloautomatickém režimu (příležitostně navštěvované kosmonauty). Spíše než o kosmické stanici bychom tak měli hovořit o kosmické infrastruktuře. Tato velkolepá snaha vyjít vstříc všem samozřejmě narazila na rozpočtové i technické možnosti, a tak se postupně zredukovala.

Každopádně v lednu 1984 dozrála situace natolik, že Reagan v poselství o stavu Unie program vyhlásil. A NASA hned dostává prvních 22 miliónů dolarů (v následujícím roce už jde o 100 miliónů). Tehdy se počítalo se zahájením výstavby stanice v roce 1988 s tím, že by byla dokončena během dvou let. Celkové náklady měly činit 8 mld. dolarů (v dnešních cenách zhruba dvojnásobek).

Na scénu přichází Rusko

V reakci na zkázu raketoplánu Challenger (leden 1986) začíná NASA v lednu 1988 pracovat na záchranné lodi pro stanici. Tedy na něčem, s čím v původních plánech vůbec nepočítala, protože díky vysoké frekvenci letů raketoplánů a jejich plánovaným dlouhodobým (až tři měsíce trvajícím) návštěvám na stanici prostě něco podobného nebylo zapotřebí. Ve stejném roce pak stanice dostává jméno Freedom (Svoboda) a začíná se podobat dnešní ISS: mizí do té doby prosazovaná koncepce „dvojitého kýlu“ a na jeho místo nastupuje příhradový nosník s hermetizovanými moduly ve středu a slunečními bateriemi na krajích. S prvním startem se nyní počítalo v roce 1995, což ale zároveň znamenalo, že po čtyřech letech práce na projektu došlo ke skluzu o sedm let!

Počátkem devadesátých let se program stanice dostal do hluboké krize. Přestože na něj bylo dosud vynaloženo devět miliard dolarů, nebyl vyrobený ani kilogram letového hardware! Na vině přitom byla neustálá změna koncepce vlivem interních (změny zadání aj.) i externích (havárie Challengeru apod.) faktorů. Začalo být jasné, že stanice bude hotová buď rychle, nebo nebude vůbec. V červnu 1992 oslovuje NASA ruskou konstrukční kancelář Eněrgija s dotazem na možnost využít loď Sojuz coby záchranný člun. Cílem bylo ušetřit čas i peníze. Každopádně šlo o první „ruskou stopu“ v projektu.

Čarování s čísly

V roce 1993 dává nový prezident Bill Clinton kosmické agentuře nůž na krk. Požaduje do tří měsíců reálný a realizovatelný projekt stanice, nebo ho zastaví definitivně. NASA připravila tři varianty, z nichž byla nakonec vybrána ta nejlevnější. Její cena ovšem byla uměle snížena, a to například tím, že v základním návrhu chyběla taková „maličkost“ jako třeba obytný modul. Ten se měl „nějak“ řešit dodatečně.

NASA v té době obecně předváděla skutečně „kreativní účetnictví“: do ceny stanice nezapočítávala cenu startů, práci ostatních amerických agentur (např. na přípravě vědecké náplně) – a pokud potřebovala prezentovat velmi nízkou cenu, pak ani provozní náklady. Na tyto nesrovnalosti opakovaně upozorňoval hlavní americký účetní úřad GAO: podle něj měla jen stavba stanice přijít na 24 mld. dolarů a na dalších 54 mld. její údržba a provoz do roku 2027. A to nebyly v této sumě započítány peníze již vynaložené na projekt Freedom.

O projektu kosmické stanice hlasoval 23. června 1993 Kongres Spojených států. Pro pokračování programu bylo 216 hlasů, proti 215.

Na ruské dráze

Důležitý krok nastává v srpnu 1993, kdy dochází ke sloučení programů Freedom a Mir 2. Dostává název **Space Station Alpha** (Kosmická stanice Alfa). Obě strany se pak dohodly, že vyroste na dráze se sklonem 51,6 stupně k rovníku (dosud NASA počítala s dráhou se sklonem 28,5 stupně), která je dosažitelná z mysu Canaveral i Bajkonuru. V NASA se jí okamžitě začalo říkat „ruská dráha“: proto, že ruským raketám vyhovuje více. Nahlas se moc nemluví o tom, že při letu na ni klesá nosnost raketoplánů o zhruba šest tun. Namísto tří startů je tak nutné letět čtyřikrát.

To projekt prodražuje a prodlužuje. Kongres USA proto musí uvolnit 300 mil. dolarů na vývoj silnějších pomocných motorů ASRM pro raketoplány (nakonec je zastavený) a další stovky miliónů dolarů na vývoj odlehčené hlavní nádrže raketoplánů. To jsou nepřímé náklady, které se nikde v rozpočtech neobjevují.

Nový plán počítá s prvním startem za pět let: v září 1998. V dubnu 1994 se pak poprvé objevuje název International Space Station.

Problémy, odklady, přesuny

Prvotní nadšení ze zapojení Ruska do programu stanice záhy vyprchalo. Ukázalo se, že smlouvy pro něho byly jen cárem papíru. Neplnilo závazky, termíny, nevyrábělo slíbená zařízení.

Spojeným státům nezbyvá, než v červnu 1994 přislíbit financování klíčového modulu Zarja. První injekce činí 25 mil. dolarů, ovšem nakonec činil americký příspěvek (včetně nákupu nosné rakety) 210 mil. USD.

Slibovaná mnohamiliardová úspora plynoucí z ruských zkušeností a spolupráce se ukazuje být jen pouhou chimérou. NASA šetří, kde může. Odnáší to osvědčení partneri, když se například start evropského modulu Columbus přesouvá z raketoplánu na raketu Ariane 5. ESA protestuje: tento přesun by totiž znamenal nutnost významně zmenšit modul, vyrobit pro něj nové systémy (což by bylo nesmírně nákladné) a především zesílit jeho konstrukci. NASA nakonec bere Columbus na milost a vrací jej na raketoplán.



Obr. 2 - V rámci zmenšování stanice Freedom z projektu zmizely dva z osmi panelů slunečních baterií.

Konečně v cíli

Díky zapojení Ruska do programu přichází i další dobrá zpráva: výstavbu stanice je možné urychlit o rok, takže by měla proběhnout v letech 1997 až 2002.

Že se to nakonec nepodaří, už není podstatné. Mnohem podstatnější je, že se program daří dotáhnout do vítězného konce, když 20. listopadu 1998 startuje z Bajkonuru raketa Proton, která do vesmíru dopravila modul Zarja. Čtvrtého prosince k němu z Kennedyho kosmického střediska míří raketoplán Endeavour s modulem Unity na palubě.

Mezinárodní kosmická stanice se stává realitou.



Obr. 3 - Zvažovaná podoba Mezinárodní kosmické stanice z doby, kdy byla zahájena její výstavba.

Foto NASA



ANGARA – VČERA, DNES A ZÍTRA

Jan Kusák, odborník na raketovou techniku, vysokoškolský pedagog

1. Úvod

Na kosmonautických seminářích jsme se s touto vyvíjenou nosnou raketou (NR) setkali již v roce 1995 [1]. Ruská společnost Chruničev vyhrála v srpnu 1994 konkurz s návrhem dvoustupňové NR, která měla z kosmodromu Pleseck dosáhnout s horním-družicovým stupněm GO (26 t mUZ/200 km, sklon oběžné

dráhy 62,7°). Paralelně uchycené nádrže s kapalným kyslíkem u prvního stupně a s palivem u druhého stupně vzbudily velkou pozornost na pařížském aerosalonu v roce 1995 (silueta NR –viz L+K č. 21/95, str. 1699).

Startovací hmotnost cca 550 t, celková délka 65 m. Hmotnost užitečného zatížení s případným třetím stupněm 4,5 t/GO. V té době se předpokládal první start do tří let. Předchozí předpoklady uváděné v úvodní kapitole vycházely z již odzkoušených postupů a dílů. Nicméně podmínky se změnily.

2. Období od roku 1997 do června 2014 [4] až [10]

V roce 1997 došlo ke změně zadání a bylo rozhodnuto v rámci projektu Angara vyvinout s využitím univerzálního raketového modulu (URM) všechny uvedené třídy raket [4]. A to byl důvod, proč již před rokem 2000 byla původní koncepce změněna, jak je patrné z [4], [9] a [12].



Základem stavebnicové řady raket (později označované jako raketová skládanka) se stal URM (průměr 2,9 m, délka 25,1 m, počáteční hmotnost včetně KPH 149 t), který má být v různém počtu používán jako 1. stupeň. Rodinu raket Angara popsal Mgr. Kroulík v r. 1999 na semináři HVM – viz [4], str. 30. Vzniklá řada raket různých tříd vykazuje nosnost od 1,5 do 30 t/LEO, startovací hmotnost

145 až 766 t, celková délka v rozmezí od 32 do 52m.

Kombinace LOX + kerosin tvoří složky KPH v 1. stupni. Pohonnou jednotkou URM bude RD-191M (odvozen od čtyřkomorového RD-170). V roce 1999 byla podle [4] dokončena v Chruničevových závodech výrobní dokumentace. S ohledem na výrobu prvních exemplářů, celou řadu technických a statických zkoušek, upřesnění dokumentace a výrobu letových exemplářů, nebylo možné, dle mého soudu, očekávat při velké dávce optimizmu první start dříve, než za 5 a více let. Doba vývoje nové třídy nosné rakety může trvat také až 15 (případně i více) let, zejména při změně okolních podmínek [6]. O ruských nosných prostředcích na počátku 21. století hovořil Mgr. Kroulík na semináři HVM Kosmonautika v roce 2003 [6]. V roce 1994 byla zahájena restrukturalizace ruského raketo-kosmického průmyslu. Do podřízenosti Ruské letecko-kosmické agentury bylo převedeno 38 hlavních konstrukčních kanceláří a výrobních podniků. Zásadní orientace ruské kosmonautiky byla dána do roku 2005 schváleným kosmickým programem Ruska a Hlavními směry rozvoje kosmické aktivity do roku 2010. Ve státním kosmickém vědecko-výrobním středisku M. V. Chruničeva (od roku 1993 sem

patří vedle závodu Chruničeva i KB Saljut) pracují na modernizaci rakety **Proton** a na projektu **stavebnicové nosné rakety Angara** a na **mnohonásobně použitelném 1. stupni Bajkal**.

O projektech ruských konstrukčních kanceláří zaměřených na pilotované lety k Marsu nalezneme vybrané informace v [5] a v [7] úvahu o nosných prostředcích třídy superrakety.

Známý publicista a odborník na kosmonautiku **Karel Pacner** publikoval 30. 6. 2014, přibližně 10 dnů před suborbitálním letem Angary, zajímavý článek [10], ve kterém uvedl i požadavky, kterým tato nosná raketa musí vyhovět a sporné momenty, které při jejím hodnocení vznikají.

Pokud jde o požadavky na novou nosnou raketu, je nezbytné uvést následující fakta: v roce 1992 mělo jít o náhradu za nosič Proton (nosnost 19 t), později v roce 1994 nosnost 26 t/LEO, v dalším období ještě vyšší nosná kapacita 35 t/LEO a dnes se hovoří o 70 až 75 t/LEO); k strategickým požadavkům patří, že raketa musí být sestavena výhradně z dílů vyrobených v továrnách a ústavech na území Ruské federace. Náklady na vývoj činily do konce loňského roku 100 miliard Rublů. [10].

Start bezpilotní dvoustupňové rakety Angara se měl konat již v roce 2005, odložen byl na rok 2011, dále na 2012, poté na květen a červen 2014. O příčinách odkladů startu se vedou polemiky. Start se měl uskutečnit z kosmodromu Pleseck. V úvahu mohou přicházet i jiné alternativy. V roce 2013 byl novým GŘ Ruské kosmické agentury jmenován bývalý náměstek MO a velitel Kosmických vojsk Oleg Ostепенko, který má výhrady vůči nosné raketě Angara.

3. Suborbitální test rakety Angara



Obr. 2 - Foto: RIA Novosti, Y. Pustobskaya, A. Pavlov [11]

Když se už zdálo, že start se odloží na neurčito, došlo 9. 7. 2014 k úspěšnému zkušebnímu suborbitálnímu letu lehké dvoustupňové rakety Angara1-2PP z kosmodromu Pleseck [11]. Přibližně po 21,5 min. nákladní modul s maketou družice a druhým stupněm rakety dopadl na polygon Kuru (Kamčatka) ve vzdálenosti 5700 km. Podle ruské agentury jde o první novou civilní raketu (nosnost 3,8t/LEO) od smrti legendárního sovětského

konstruktéra S. Koroljova v r. 1966. Projekt se připravoval údajně 20 let. Má jít i o první tzv. „zelenou“ raketu. Podle vyjádření HK Vladimíra Něstěrova má těžká

nosná raketa poprvé startovat z kosmodromu Vostočnyj v příštím roce a v roce 2018 podle ITAR-TASS se počítá s pilotovaným startem. Podle agentury RIA Novosti má těžká varianta NR Angara nosnou kapacitu až 35 t/LEO.

Úspěch suborbitálního letu nelze přeceňovat, nicméně představuje dobrý vstup do další etapy letových zkoušek.

4. Budoucí vývoj a možnosti uplatnění

Prezident Putin schválil začátek vyvíjení supertěžké rakety o nosnosti 150 t. Oznámil to místopředseda ruské vlády Dmitrij Rogozin (Rádio Hlas Ruska ve zprávách Věda a technika dne 2. 9. 2014) [14]. Projekt nové supertěžké nosné rakety byl zařazen do Federálního programu na léta 2015 až 2025 (samotný program zatím nebyl schválen). Projekt by se měl řešit ve dvou etapách: v první s nosnou kapacitou rakety 70 až 80 t/LEO a ve druhé s nosnou kapacitou rakety 120 až 190 t/LEO. Řešení tak značných hmotností užitečných zatížení by si dle mého názoru vyžádalo začít znovu, pravděpodobně jen s dílčím uvážením dřívějšího řešení rakety Eněrgija. Na odpovědi celé řady otázek, které přineslo prohlášení prezidenta Putina, si budeme muset ještě počkat. Skutečností ale je, že čas utíká rychle.

Použitá literatura:

- [1] Kusák, J. *Nosné rakety na pařížském aerosalonu 1995*. Kosmonautický seminář 14. až 26. listopadu 1995. Sborník. Hvězdárna Valašské Meziříčí, s. 3 až 8
- [2] Růžička, B. *Pohony kosmických raket*. Kosmonautický seminář 22. až 24. listopadu 1996. Sborník. Hvězdárna Valašské Meziříčí, s. 20 až 23
- [3] Kusák, J. *Kosmické rakety dneška*. Publikace. Hvězdárna Valašské Meziříčí 1998, 83 s
- [4] Kroulík, J. *Angara, Dněpr a ostatní*. Kosmonautika 26. až 28. 11. 1999, Sborník. Hvězdárna Valašské Meziříčí, s. 27 až 30
- [5] Kroulík, J. *Ruský pilotovaný let na Mars (minulost a současnost)*. (Let na Mars k 100. výročí říjnové revoluce). Sylaby přednášek ze semináře Kosmonautika a raketová technika 28. až 30. 11. 2008, s. 3 až 6
- [6] Kroulík, J. *Ruské nosné prostředky na počátku 21. století*. Kosmonautika 2003. Sylaby přednášek 28. až 30. listopadu 2003. Hvězdárna Valašské Meziříčí, s. 12 až 13
- [7] Kroulík, J. *Dočkáme se nové superrakety?* Kosmonautika a raketová technika. Sylaby přednášek 26. až 28. listopadu 2004. Hvězdárna Valašské Meziříčí, s. 4 až 6
- [8] Kusák, J. *Určení hmotnosti a rozměrů nosné rakety z dílčích údajů o oběžné dráze a hmotnosti užitečného zatížení*. Sylaby přednášek ze semináře Kosmonautika a r

- ketová technika. Hvězdárna Valašské Meziříčí 23. až 15. listopadu 2007, 7 s
- [9] Lazecký, D. *Moloděc Angara*, spacedaniel@post.cz, 7. 4. 2000
- [10] Pacner, K. *Ruská raketa Angara – start v nedohlednu*, iDNES, 30. 6. 2014
- [11] Rusko poprvé od 60. let vyzkoušelo novou kosmickou raketu, 9. 7. 2014, Studio ZET, Věda.zet.cz
- [12] Lazecký, D. Fotografie z osobního archivu, celkem 38 snímků z výstavy ILA r. 2009
- [13] Kusák, J. *Pohyb rakety (subrakety, objektu) po eliptické dráze*. Výtah ze sylabů přednášek PSA. Hvězdárna Valašské Meziříčí, 1976
- [14] Hlas Ruska, zprávy Věda a technika 2. 9. 2014



Poznámka: Na závěr přednášky budou promítnuty (se svolením kolegy D. Lazeckého) fotografie z výstavy ILA z roku 2009 [12] a poznámky k výpočtu suborbitálního letu balistické rakety [13].



TECHNOLOGICKÉ LETY STRATOSFÉRIC- KÝCH BALÓNŮ PRO OVĚŘENÍ POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ V SENZORICE A ASTROBIO- LOGII

*René Kizek¹, Jan Zítka¹, Kristýna Čihalová¹, Lukáš Nejdí¹, Ondrej Závodský²,
Zbyněk Heger¹, Jakub Kapuš², Libor Lenža³, Vojtěch Adam¹*

¹*Laboratoř metalomiky a nanotechnologií, Mendelova univerzita v Brně
a Středoevropský technologický institut v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno,
Česká republika – Evropská unie*

²*Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity, Zámocká 5, 811 03 Bratislava,
Slovenská republika – Evropská unie*

³*Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o., Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí,
Česká republika – Evropská unie*

Úvod

Vývoj a výzkum v oblasti rychlých, miniaturizovatelných a snadno transportovatelných senzorů je uskutečňován na začátku 21. století značným tempem [1]. Takové senzory jsou aplikovatelné do nejrůznějších pozemských prostředí. Zcela novou výzvu představují podmínky v prostředích nepříliš podobných zemskému povrchu (dna oceánů, vyšší vrstvy atmosféry, blízký vesmír a extraterestrická tělesa). Technicky a technologicky dobře zvládnutelným prostředím se zdá být vyšší vrstva atmosféry (asi do 40 – 60 km). Dostupné stratosférické balóny jsou plněné převážně heliem a jsou schopné vystoupat do výšky 18 – 40 km, v závislosti na atmosférických podmínkách. Stratosférické prostředí je část zemské atmosféry, kde je již málo molekul vzduchu (atmosférický tlak se pohybuje v jednotkách pascalů). Proto v této oblasti dochází k výraznému nárůstu ultrafialového záření a kosmického záření. Díky těmto podmínkám je možné na balónové platformě uskutečnit experimenty simulující prostředí ve vesmíru, případně na jiných extraterestrických tělesech.

Cíle

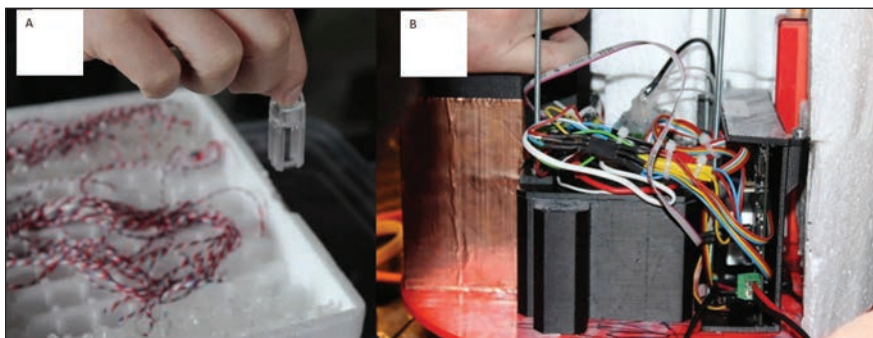
Shrnout možnosti a testování senzorových zařízení v náročných podmínkách. Navrhnout a diskutovat možnosti nových typů senzorů a biosenzorů pro stratosférické experimenty.

Výsledky a diskuse

Moderní sensorická zařízení zařazují do detekčního systému jak velmi senzitivní technické prvky, tak složky biologické. Jako biologickou složku takového biosenzorového systému je možné využívat nukleové kyseliny, peptidy a proteiny. Biologická složka velmi dobře a specificky reaguje na přítomný, fyzikální, chemický nebo biologický signál. Sledovaná změna je následně přenesena na fyzikálně-chemický převodník, který tuto informaci transformuje do podoby veličin, které je možné rychle a jednoduše zaznamenat. Nanotechnologické přístupy a vyvinuté materiály umožňují další velmi rychlý rozvoj sensorových technologií. Jak se ukazuje polovodičové materiály označené jako kvantové tečky mohou přinést do této oblasti řadu inovativních přístupů a výrazně zlepšit metody detekce [2-4]. Získaná data jsou následně zpracována vhodným matematickým algoritmem. Rozvoj elektroniky a komunikačních systémů umožňuje využívání přímého spojení mezi detektory a řídicím střediskem na značnou vzdálenost. Biosenzorové technologie je možné využít pro identifikování desítek různých činitelů spojených s nádorovým onemocněním, přítomností patogenů v prostředí či toxických sloučenin.

Závěr

Biosenzory nachází široké uplatnění v mnoha oblastech pozemských technologií od medicíny až po monitorování prostředí včetně prostředí životního. Jejich využití v extraterestrických aplikacích by mělo být ověřováno na vhodných platformách, jako jsou stratosférické balóny.



Obr. 1 - Příprava biologického experimentu zaměřeného na přirozené mutace v genomu bakteriálních buněk. Návrh biosenzoru identifikující poškození nukleových kyselin a jeho testování v podmínkách stratosférického letu.

Poděkování

projektu PQDNA-STRATO012014 realizovaný jako součást projektu **Společné do stratosféry**, který je spolufinancován z Operačního programu Přeshraniční spolupráce SR ČR 2007-2013, Fondu mikroprojektů.

Literatura

1. Chomoucka, J., et al., *Nanotechnologies for society. New designs and applications of nanosensors and nanobiosensors in medicine and environmental analysis*. International Journal of Nanotechnology, 2012. 9(8-9): p. 746-783.
2. Caroli, E., et al., *CACT mu S: A small CdTe array for a prototype balloon experiment*. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section a-Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment, 2003. 513(1-2): p. 357-361.
3. Caroli, E., et al., *A compact array of CdTe spectrometers for a prototype balloon flight, in X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy, Pts 1 and 2*, J.E. Trumper and H.D. Tananbaum, Editors. 2003. p. 857-865.
4. Parsons, A., et al., *CdZnTe background measurements at balloon altitudes*. Gamma-Ray and Cosmic-Ray Detectors, Techniques, and Missions, ed. B.D. Ramsey and T.A. Parnell. Vol. 2806. 1996, Bellingham: Spie - Int Soc Optical Engineering. 432-441.



RAKETA FALCON – DOSAVADNÍ VÝSLEDKY A NOVINKY VE VÝVOJI

Jan Kusák, odborník na raketovou techniku, vysokoškolský pedagog

1. Úvod

Dnešní přednáška navazuje na loňské vystoupení [1], které poskytlo úvodní informace o společnosti SpaceX a o raketách FALCON 1 a FALCON 9 verze 1.0 a verze 1.1 včetně kosmické lodi DRAGON. Předpokládal se start nosné rakety FALCON 9 HEAVY již v letošním roce, k jehož uskutečnění bohužel letos nedojde. Našlapaný harmonogram LAUNCH MANIFEST [2] na letošní rok rovněž ne lze splnit. Požádal jsem 29. 10. t. r. kolegy v zahraničí o upřesnění startů rakety

FALCON 9 do konce letošního roku. Podle zatím zveřejněných informací [2] by k prvnímu startu rakety FALCON 9 HEAVY mělo dojít v roce 2015.

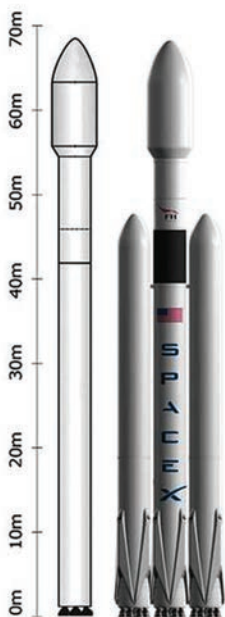
Přednáška je proto zaměřena zejména na vybrané výsledky letových zkoušek rakety FALCON 9.

2. Realizované verze nosné rakety FALCON 9 a vybrané výsledky letových zkoušek [1], [2] a [3]

Raketa FALCON 9 byla popsána včetně dílčích výsledků zkoušek ve verzích 1.0 a 1.1 [1].

Zjednodušené siluety obou verzí byly rovněž uvedeny v [1] v loňském roce. Na obr.1 jsou již zakreslena vyklápěcí raménka ve spodní partii 1. stupně, která slouží pro orientované (měkké) přistání 1. stupně při návratu zpět na Zemi (úspěšné řešení projektu GRASSHOPPER) .

Po pěti letových zkouškách raket FALCON 1 ze základny Kwajalein (2006 až 2009), při kterých byly odzkoušeny po předchozích statických zkouškách i raketové motory Merlin C a Merlin D, přišly na řadu rakety FALCON 9 – první zkušební let ve verzi 1.0 se uskutečnil v červnu **2010** (4. 6. došlo k vypuštění makety KL Dragon na LEO), následoval ještě jeden start v prosinci téhož roku (8. 12. první bezpilotní zkušební let KL Dragon – po oddělení od 2. stupně rakety a několika hodinovém manévrování na OD KL úspěšně přistála v Tichém oceánu). Následovala letová **přestávka v roce 2011**. V roce **2012** startovaly z kosmodromu Cape Canaveral dvě rakety FALCON 9 pro NASA (22. května 2012 byla raketou Falcon 9 vynešena kosmická loď Dragon která se 25. 5. spojila s ISS, posádce přivezla půl tuny nákladu jako zásoby potravin, oblečení a počítače (31. 5. se KL úspěšně vrátila na Zemi) - **byl to první případ připojení soukromé kosmické lodi s nákladem k ISS**, druhý zásobovací let následoval v roce 2013. V roce **2013** startovaly tři rakety FALCON 9 (dvě z Cape Canaveral a jedna z Vandenbergu). Všechny lety byly hodnoceny jako úspěšné. Zvláštní pozornost si zaslouží i let zahájený 3. 12. 2013, kdy raketa FALCON 9 verze 1.1 úspěšně vynesla telekomunikační družici SES 8 na dráhu GTO (první let této rakety na dráhu GTO).



Obr. 1 - Zleva náčrt rakety FALCON 9 verze 1.1 [1] a FALCON 9 HEAVY [2].

V roce 2014 šlo podle [7], [8] a [9] o následující aktivity (dostupné informace do konce září 2014) :

- celkem 6 letů rakety FALCON 9,
- 6. ledna vypuštění telekomunikační družice THAICOM 6 o hmotnosti 3325 kg raketou FALCON 9 verze 1.1,
- 18. 4. **třetí zásobovací let pro ISS Dragon CRS-3** (spolu s CRS-3 vypuštěno 5 satelitů o velmi malé hmotnosti – viz L+K 6/2014, str. 69), Dragon přivezla více jak 2 t nákladu, připojení se k modulu Harmony ISS 20.4., v dalším měsíci (18. 5.) první přistání KL Dragon CRS-3 v Atlant. oceánu,
- 14. 7. **ORBCOMM OG2** šest telekomunik. družic společně vypuštěno raketou FALCON 9 verze 1.1, 10. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9,
- 5. 8. **ASIASAT 8** telekom. družice o startovní hmotn. 4850 kg s předpokládanou životností 15 let na GTO, 11. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9,
- 7. 9. **ASIASAT 6** telekomunikační družice na dráhu GTO (průměr schránky s užitečným zatížením 5,6 m, 12. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9,
- start 21. 9. Dragon **CRS-3**, připojení k ISS 24. 9.(?) čtvrtý náklad 5000 lb, 13. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9.

10. 5. 2014 oznámeno vyřešení a následné veřejné předvedení KL Dragon v. 2 pro pilotované lety. V **červnu 2014** zkušební raketa FALCON 9 letěla do výšky 1000 m, poté měkké přistání (úspěšné odzkoušení). Dne **31. 7.** oznámeno, že Air Force certifikovalo FALCON 9 pro program EELV (11. 6.). **16. 9.** NASA vybrala společnost Space X do programu pilotovaných kosmických letů. **17. 9.**



Obr. 2 - Start FALCON 9 (6. 1. 2014) Obr. 3 - FALCON 9 (6. 9. 2014)

NASA hodlá v r. 2017 používat nosné rakety s posádkou, vybrány byly soukromé společnosti Boeing a Space X. Používány mají být moduly CST-100 a Dragon, s nimiž uvedené společnosti vyhrály výběrové řízení [9].

22. 10. oznámeno zkompletování 100. RM Merlin 1D

Stávající předpoklady – v období let 2014 až 2018 vypustit celkem 40 raket FALCON 9 a FALCON 9 HEAVY. Napočítal jsem jich po prostudování dostupných literárních podkladů 39.

3. Porovnání parametrů rakety FALCON 9 verze 1.1 a FALCON 9 HEAVY

Nosná raketa	FALCON 9 HEAVY	FALCON 9 v. 1.1
Celková hmotnost rakety (t)	> 1400	506
Hmotnost nákladu na LEO (t)	53,0	13,1
Délka rakety (vč. užiteč. nákladu) (m)	min 69 ? ⁴⁾	68,4
Průměr stupňů (m)	3,6	3,6
Počet stupňů	2,5 ³⁾	2
1. stupeň RM	3×9 × Merlin 1D	9 × Merlin 1D
výtok. rychl. plynů z trysky RM (m/s) ¹⁾	2765	2765
2. stupeň RM	1 × Merlin 1D	1 × Merlin 1D
výtok. rychl. plynů z trysky RM (m/s) ²⁾	3050	3050

1) při hladině moře (sea level)

2) ve vakuu, vakuová modifikace

3) středová část prvního stupně + 2 boční (návesné) boostery 1. stupně

4) podle rozměrů schránky s užitečným zatížením

Poznámky ke konstrukci:

- uplatnění složek KPH LOX/RP-1 výrazně omezuje celkový impuls tahu při dané hmotnosti KPH ve srovnání s kombinací LOX/LH2,
- kombinace LOX/RP-1 není samozápalná, pro zajištění restartů na OD složitější konstrukce,
- oddělování stupňů je prováděno speciálním pneumatickým (nikoliv pyrotechnickým) zařízením.

S ohledem na zjevnou snahu snižovat náklady na vynášení nákladu, je řešena problematika znovupoužití konstrukce 1. stupně (projekt GRASSHOPPER), ta se podepíše na dílčím zvýšení hmotnosti rakety nebo snížení hmotnosti vynášeného nákladu. Optimistický odhad - další snížení ceny za start rakety (v porovnání k již snížené ceně v polovině roku 2014) kolem 10 %.

4. Porovnání parametrů rakety FALCON 9 a rakety ANGARA

Porovnání je obtížné, spíše však nemožné – existuje různý stav ve vývoji, realizovaných počtech, plánech do budoucna a hlavně finančních zdrojích. Proto uvedeme jen pár informací.

Raketa	ANGARA ¹⁾	FALCON 9 v. 1.1
Počáteční hmotnost (t)	170	506
Počet stupňů	2	2
Nosnost na LEO (t)	3,7	13,1
Průměr stupňů (m)	2,6	3,6
Délka (m)	40,6	68,4
RM 1. stupně	URM	9×MERLIN 1D
RM 2. stupně	Blok 1	1×MERLIN 1D
Rok 1. startu	9. 7. 2014 ²⁾	2010

1) ANGARA 1-2, údaje uváděné v r. 1999

2) Suborbitální let rakety Angara 1-2, uváděné údaje v tabulce nemusí odpovídat raketě vypuštěné na suborbitální dráhu 9. 7. 2014

5. Plánované letové zkoušky rakety FALCON 9 HEAVY



V materiálech [7] se počítá s raketou FALCON 9 HEAVY se dvěma starty v roce 2015 a s jedním startem v roce 2017.

Obr. 4 - Představa malíře o startu rakety FALCON 9 HEAVY (předpoklad prvního startu v roce 2015)

Použitá literatura

- [1] Kusák, J. *Raketa FALCON a současné potřeby kosmonautiky*. Sylaby přednášek ze semináře KOSMONAUTIKA A RAKETOVÁ TECHNIKA 22. – 24. listopadu 2013, str. 17 až 20
- [2] FALCON 9 HEAVY Space X
- [3] Foto Space X
- [4] Kusák, J. *Základy raketové techniky I*. HVM 1976. Kapitola X Raketové nosiče kosmických těles

- [5] Kusák, J. *Kosmické rakety dneška*. HVM 1998. Podkapitola 2.3 Raketové motory (str. 53 až 59). ISBN 80-902445-3-X, 83 s
- [6] Kusák, J. *Určení hmotnosti a rozměrů nosné rakety z dílčích údajů o oběžné dráze a hmotnosti užitečného zatížení*. Sylaby přednášek ze semináře Kosmonautika a raketová technika. HVM 24 až 25. listopadu 2007, 7 s
- [7] Launch Manifest Space X
- [8] Space X Wilkipedie
- [9] NASA se vrací, Rakety s posádkou vypraví v r. 2017 - Aktuálně.cz_cz.mht 17. 9. 2014



KALENDÁŘ PILOTOVANÉ KOSMONAUTIKY 2013-2014

Milan Halousek, Česká kosmická kancelář

od 23. 11. 2013 do 28. 11. 2014 (uzávěrka textové části k 12. 11. 2014)

Věnováno památce Mgr. Antonína Vítka, CSc. (1940–2012)
„Není nás tady tolik, abychom nahradili Tondu...“

Události na ISS:

25. 11. 2013: Start nákladní zásobovací lodě Progress M-21M

Start v 20:53 UT, přiblížení k ISS 27. 11. - test nového navigačního systému Kurs-NA (přiblížení na 60 metrů k ISS), připojení k ISS 29. 11. v 22:28 UT (modul Zvezda)

12. 12. 2013: Porucha zařízení ISS ze seznamu BIG-14

(skupina nejkritičtějších poruch, které vyžadují neprodlené odstranění) - neuzavřený ventil FCV (Flow Control Valve) regulace teploty chladícího čpavku (mísení studené a teplé složky) – nebezpečné podchlazení smyčky

21. 12. 2013: Výstup EVA-24 (č. 365)

Rick Mastracchio (7. výstup) a Mike Hopkins (1. výstup), délka výstupu 05:28 hod. První část výměny čerpadla chlazení na ITS-S1, během výstupu byla vadná jednotka odstraněna (při následující EVA bude na její místo namontována jednotka nová)

24. 12. 2013: Výstup EVA-25 (č. 366)

Rick Mastracchio (8) a Mike Hopkins (2), délka výstupu 07:30 hod. 2. fáze výměny modulu s čerpadlem v systému chlazení amerického segmentu ISS

27. 12. 2013: Výstup VKD-37 (č. 367)

Oleg Kotov (5) a Sergej Rjazanskij (2), délka výstupu 08:07 hod. (rekordní délka výstupu v ruských skafandrech); Montáž dvou kamer projektu pro snímkování ve vysokém rozlišení (a následná demontáž pro nefunkčnost), demontáž a odhození fyzikálního experimentu Vsplesk

1. 1. 2014: Nový rok na ISS prožila posádka celkem 15x

od 31. 12. 2013, 16:08 moskevského času (nad Austrálií a Novým Zélandem) do 1. 1. 2014, 13:51 moskevského času (nad Tichým oceánem východně od Nového Zélandu)

9. 1. 2014: Start soukromé zásobovací lodě Cygnus CRS Orb -1

První operační zásobovací let, start v 18:07 UT ze základny Wallops Island, zachycení 12. 1. v 11:08 UT (palubní manipulátor: Hopkins + Wakata), připojení k ISS v 13:05 UT (modul Harmony), náklad 1.261 kg

27. 1. 2014: Výstup VKD-37A (č. 368)

Oleg Kotov (6) a Sergej Rjazanskij (3), délka výstupu 06:08 hod.; Instalace univerzální pracovní plošiny a soupravy kamer, sejmutí materiálového experimentu SKK2-SO (Pirs), fotodokumentace části elektrických rozvodů na ruském segmentu

3. 2. 2014: Odpojení nákladní lodě Progress M-20M

Start 27. 7. 2013, oddělení od ISS 3. 2. 2014, samostatný let a experimenty, zánik 11. 2. 2014

5. 2. 2014: Start nákladní zásobovací lodě Progress M-22M

Start 16:23 UT, připojení k ISS 22:22UT (Pirs); 656 kg paliva (nádrže modulu Zvezda), 50 kg kapalného kyslíku, 420 kg vody, 357 kg potravin, 130 kg zdravotnického materiálu, 93 kg potřeb pro experimenty, 64 kg hygienic-

kých potřeb, 25 kg fotovybavení

18. 2. 2014: Odpojení soukromé zásobovací lodě Cygnus CRS Orb -1

Uvolnění v 12:41 UT (Michael Hopkins a Koichi Wakata), zánik 19. 2. 2014, 1 000 kg odpadu

11. 3. 2014: Přistání posádky Sojuz TMA-10M

Oleg Kotov (Rusko, 3. let), Sergej Rjazanskij (Rusko, 1. let), Michael Hopkins (USA, 1. let); start 25. 9. 2013, oddělení od ISS v 00:02:25 UT, přistání v 03:24 UT, délka letu 166d 06h 25m

25. 3. 2014: Start posádky Sojuz TMA-12M

Aleksandr Skvorcov (Rusko, 2), Oleg Artěmjev (Rusko, 1), Steven Swanson (USA, 3); start v 21:17:25 UT start, standardní dvoudenní profil letu k ISS, 27. 3. ve 23:53 UT připojení k Poisk, 28. 3. v 02:34 UT otevřeny průlezy ISS

9. 4. 2014: Start nákladní zásobovací lodě Progress M-23M

start v 15:26 UT, v 21:14 UT připojení k PIRS

18. 4. 2014: Zánik nákladní zásobovací lodě Progress M-22M

start 5. 2. 2014, odpojení od ISS 7. 4. 2014, samostatný let a experimenty, zánik 18. 4. 2014

18. 4. 2014: Start soukromé zásobovací lodě Dragon SpX-3

Start 19:25 UT, 20. 4. v 11:14 UT zachycení robotickým ramenem ISS, v 14:06 UT připojení k modulu Harmony, 2 500 kg zásob, vybavení a experimentů

23. 4. 2014: Výstup EVA-26 (č. 369)

Steve Swanson (5) a Rick Mastracchio (9), délka výstupu: 01:36 hod. Výměna vadné jednotky záložního počítače MDM (Multiplexer/Demultiplexer)

14. 5. 2014: Přistání posádky Sojuz TMA-11M

Michail Tjurin (Rusko, 3), Koichi Wakata (Japonsko, 4), Richard Mastracchio (USA, 4), délka letu: 187d 21h 44m; start: 7. 11. 2013, odpojení od ISS: 13.5. v 22:36 UT, přistání: v 01:58 UT nedaleko města Džezkazgan

18. 5. 2014: Přistání soukromé zásobovací lodě Dragon SpX-3

Start 18. 4. 2014, odpojení od ISS 13:26 UT (modul Harmony, Swanson), přistání: v 19:05 UT v Tichém oceánu, návrat 1 588 kg nákladu

28. 5. 2014: Start posádky Sojuz TMA-13M

Maksim Surajev (Rusko, 2), Gregory Wiseman (USA, 1), Alexander Gerst (Německo/ESA, 1); start v 19:57 UT, připojení k ISS 01:44 UT (29. 5.), otevření průlezů 03:52 UT (29. 5.)



Obr. 1 - Výstup německého astronauta z oddílu ESA do volného kosmu 10. 7. 2014.

9. 6. 2014: Zánik nákladní zásobovací lodě Progress M-21M

Start: 26. 11. 2013, odpojení a zánik 9. 6. 2014

19. 6. 2014: Výstup VKD-38 (č. 370)

Aleksandr Skvorcov (1) a Oleg Artěmjev (1), délka výstupu: 7:24 hod; montáž bloku ADAR pro spojení prostřednictvím družic Luč, přemístění vědeckého experimentu Obstanovka, přesunutí pracovního místa experimentu MPAC&SEED, odebrání vzorků z vnějšího povrchu průzoru (experiment Test)

13. 7. 2014: Start soukromé zásobovací lodě Cygnus CRS Orb-2

Start 13. 7. v 16:52 UT, kosmodrom Wallops Island, Virginia, zachycení ISS 16. 7. v 10:36 UT, připojení k ISS 16. 7. v 12:53 UT

14. 7. 2014: Mezinárodní kosmická stanice je již nepřetržitě 5000 dnů obsazena kosmonauty

23. 7. 2014: Start nákladní zásobovací lodě Progress M-24M

Start 21:44 UT, připojení k ISS 24. 7. v 03:31 UT (Pirs); 2,3 tuny zásob pro další provoz stanice, palivo a přístroje pro vědecké experimenty.

23. 7. 2014: Úhybný manévr ISS

Korekce dráhy motorem modulu Zarja, délka běhu motoru 31,8 sekundy, zvýšení rychlosti komplexu o 0,5 m/s. Střední výška dráhy letu ISS se zvýšila o 0,8 km.

30. 7. 2014: Start evropské zásobovací lodě ATV-5 „Georges Lemaître“

Start 30. 7. v 23:47 UT (Ariane 5, kosmodrom Kourou), připojení k ISS 12. 8. v 13:30 UT (modul Zvezda) – zajišťovali Alexander Gerst a Aleksandr Skvorcov; více než šest tun nákladu, mj. 2 680 kg kusového nákladu, 860 kg paliva pro staniční nádrže, 2 100 kg paliva pro motory ATV, 840 kg vody, 100 kg kyslíku

31. 7. 2014: Zánik nákladní zásobovací lodě Progress M-23M

Start 9. 4. 2014, odpojení od ISS 21. 7. 2014, zánik 31. 7. 2014 v 22:42 UT

18. 8. 2014: Zánik soukromé zásobovací lodě Cygnus CRS Orb-2

Start 13. 7. 2014, odpojení 15.8. (robotický manipulátor – Wiseman, Gerst), zánik nad Tichým oceánem, 1 600 kg odpadků

18. 8. 2014: Výstup VKD-39 (č. 371)

Oleg Artěmjev (2) a Aleksandr Skvorcov (2), délka výstupu 5:10 hod. Vypuštění rusko-peruánské nanodružice NS-1, instalace aparatury pro experimenty Expose-R a demontáž starých přístrojů, demontáž vzorků materiálů experimentu Test, montáž přístrojů na modul Poisk, demontáž panelu experimentu Vynoslivost', fotodokumentace tepelné izolace ruského segmentu stanice



21. 8. 2014: Výstupy z amerického segmentu ISS plánované na 21. a 29. 8. jsou odloženy kvůli technické závadě na baterii skafandru. Nové baterie budou na palubu ISS dodány při letu Dragon CRS-4 v září 2014

Obr. 2 - Po dlouhých sedmnácti letech opět ruská kosmonautka ve vesmíru – Jelena Serovová na ISS.

11. 9. 2014: Přistání posádky Sojuz TMA-12M

Aleksandr Skvorcov (Rusko, 2), Oleg Artěmjev (Rusko, 1), Steven Swanson (USA, 3), délka letu 169d 5h 06m; start 25. 3. 2014, odpojení od ISS v 23:01 UT (10. 9.), přistání v 02:23 UT, 148 km jihovýchodně od města Džezkazgan

21. 9. 2014: Start soukromé zásobovací lodě Dragon SpX-4

Start v 05:52 UT, zachycení palubním manipulátorem ISS 23. 9. v 10:52 UT

25. 9. 2014: Start posádky Sojuz TMA-14M

Aleksandr Samokut'jajev (Rusko, 2), Jelena Serova (Rusko, 1), Barry Wilmore (USA, 2); start v 20:25 UT, připojení k ISS 26. 9. v 02:11 UT (modul Poisk), otevření prostupu do ISS v 05:06 UT

7. 10. 2014: Výstup EVA-27 (č. 372)

Gregory Wiseman (1) a Alexander Gerst (1), délka výstupu 06:13 hod. Přemístění vadného modulu čerpadla PM (Pump Module) do místa dlouhodobého uskladnění (u modulu Quest), výměna poškozeného externího svítidla na modulu Destiny, zapojení elektrické jednotky mobilního transportéru MT

15. 10. 2014: Výstup EVA-28 (č. 373)

Gregory Wiseman (2) a Barry Wilmore (1), délka výstupu 06:34 hod. Výměna regulátoru napětí Sequential Shunt Unit (SSU) solárního panelu 3A, demontáž a montáž kamer na nosníku P1, přemístění úchyťů a držáků z nosníku P1 na S0

22. 10. 2014: Výstup VKD-40 (č. 374)

Maksim Surajev (2) a Aleksandr Samokut'jajev (2), délka výstupu 03:38 hod. Demontáž experimentu Radiometrija (modul Zvezda) a jeho odhození mimo stanici, obsluha experimentu Expose-R, demontáž a odhození dvou antén Kurs-A (modul Poisk), stěr vzorků povrchu oken modulu Pirs, kontrola panelů sluneční baterie lodi Sojuz TMA-14M, fotodokumentace ruského segmentu stanice

25. 10. 2014: Odpojení soukromé zásobovací lodě Dragon SpX-4

Start: 21. 9. 2014, u ISS od: 23. 9. 2014, odpojení od ISS v 15:57 UT (25.10.), přistání v 19:39 UT (25. 10.), 250 mil západně od Baja California, náklad 2 216 kg nahoru a 1 486 kg dolů

27. 10. 2014: Odpojení nákladní zásobovací lodě Progress M-24M

Start: 23. 7. 2014, odpojení od ISS v 05:38 UT, zánik: 20. 11. 2014. Samostatný let, 2.-19.11. experiment Oтраженije (sledování změn v zemské atmosféře)

28. 10. 2014: Start soukromé zásobovací lodě Antares/Cygnus CRS Orb-3 „Donald Slayton“; start v 22:22 UT z Spaceport Wallops Island, exploze nosné rakety po cca 10 vteřinách letu, raketa i loď s nákladem pro ISS byla zničena.

Ztracený náklad: 617 kg jídla, 727 kg vědeckých experimentů, 637 kg náhradních dílů patřících NASA a JAXA, 66 kg potřeb pro výstupy do volného prostoru a 37 kg počítačů, jejich komponentů a fotoaparátů s příslušenstvím. Technologický demonstrátor teleskopu Arkyd-3 (3U cubesat). Kamera s vysokým rozlišením (modul Destiny) pro pozorování meteorů v zemské atmosféře. Speciální krční límce Drain Brain - cirkulace krve mezi mozkiem a srdcem v podmínkách mikrogravitace. Přístroj ESA pro nahrávání dat uvnitř nákladového prostoru ATV-5 během vstupu do atmosféry a jejího zániku. Velké množství studentských experimentů - růst bakterií a krystalů, vývoj komárů, efektivita kompostování na palubě ISS, růst sójových bobů a semínek chia (strava kosmonautů). 26 kusů 3Ucubesatů (projekt Flock-1d) - pozorování Země. Kryptovací zařízení na kódování dat citlivých experimentů.

29. 10. 2014: Start nákladní zásobovací lodě Progress M-25M

Start v 07:09 UT (Bajkonur, nosná raketa Sojuz-2.1A), připojení k ISS v 13:08 UT (modul Pirs), 1 283 kg kusového materiálu (z toho 429 kg potravin), 420 kg vody a 600 kg paliva.

10. 11. 2014: Přistání posádky Sojuz TMA-13M

Maksim Surajev (Rusko, 2), Gregory Wiseman (USA, 1), Alexander Gerst (ESA/Německo, 1), délka letu 165d 08h 01m. Start 28. 5. 2014, odpojení od ISS v 00:31 UT, přistání v 03:58 UT (Arkalyk)

Posádky ISS

ISS Expedice 38:

Sojuz TMA-10M – Oleg Kotov (Rusko, ISS/cdr), Sergej Rjazanskij (Rusko), Michael Hopkins (USA)

Sojuz TMA-11M – Michail Tjurin (Rusko), Richard Mastracchio (USA), Koiči Wakata (Japonsko)

ISS Expedice 39:

Sojuz TMA-11M – Koiči Wakata (Japonsko, ISS/cdr), Michail Tjurin (Rusko), Richard Mastracchio (USA)

Sojuz TMA-12M – Aleksandr Skvorcov (Rusko), Oleg Artěmjev (Rusko), Steven Swanson (USA)

ISS Expedice 40:

Sojuz TMA-12M – Steven Swanson (USA, ISS/cdr), Aleksandr Skvorcov (Rusko), Oleg Artěmjev (Rusko)

Sojuz TMA-13M – Maksim Surajev (Rusko), Gregory Wiseman (USA), Alexander Gerst (Německo)

ISS Expedice 41:

Sojuz TMA-13M – Maksim Surajev (Rusko, ISS/cdr), Gregory Wiseman (USA), Alexander Gerst (Německo)

Sojuz TMA-14M – Aleksandr Samokut'jajev (Rusko), Jelena Serova (Rusko), Barry Wilmore (USA)

ISS Expedice 42:

Sojuz TMA-14M – Barry Wilmore (USA, ISS/cdr), Aleksandr Samokut'jajev (Rusko), Jelena Serova (Rusko)

Sojuz TMA-15M – Anton Škaplerov (Rusko), Samantha Cristoforetti (Itálie), Terry Virts (USA)

Další vybrané události v kosmonautice

27. 1. 2014: Ve věku 85 let zemřel přední český odborník na kosmické právo profesor JUDr. Vladimír KOPAL (*14. 8. 1928)

Sekretář Astronautické komise při ČSAV (1959-1980), účastník zakládajícího zasedání Právního podvýboru Výboru OSN pro mírové využívání kosmického prostoru (1962), šéf Oddělení pro záležitosti kosmického prostoru Sekretariátu OSN v New Yorku (1983-1988), předseda Právního podvýboru OSN (1999-2003, 2008-2009), Generální poradce Mezinárodní astronautické federace, Viceprezident Mezinárodního ústavu kosmického práva, Docent mezinárodního práva na Karlově univerzitě v Praze, Profesor mezinárodního práva na Západočeské univerzitě v Plzni, člen Rady pro kosmonautiku MŠMT

2. 2. 2014: Jménem amerického astronauta Johna Glenna byla slavnostně pojmenována speciální armádní námořní Mobilní přistávací platforma

„USNS John Glenn“ (váha 34 500 tun, délka 233 m, rychlost 37 km/h)

19. 2. 2014: Ve věku 65 let zemřel americký astronaut Dale Allan GARDNER (*8. 11. 1948)

starty Challenger STS-8 (1983) a Discovery STS-51A (1984)

19. 2. 2014: Ve věku 79 roků zemřel ruský kosmonaut Valerij Nikolajevič KUBASOV (*7. 1. 1935)

kosmické mise Sojuz 6 (1969, skupinový let tří lodí), Sojuz 19 (1975, společný let Sojuz-Apollo), Sojuz 36 (1980, SSSR-Maďarský let)

3. 3. 2014: Ve věku 84 roků zemřel americký astronaut William Reid POGUE (*23. 1. 1930)

Skylab 4 (1973-74)

4. 3. 2014: Ve věku 94 roků zemřel americký inženýr Jack A. KINZLER (*9. 1. 1920)

Bývalý šéf technických služeb střediska NASA Lyndon B. Johnson Space Center, který má velkou zásluhu na záchraně orbitální stanice Skylab po startu v květnu 1973 - „...muž, který koupil čtyři rybářské pruty za 12,95 USD a zachránil tak kosmickou stanici za 2,5 miliardy dolarů.“ (T. Příbyl) a autor způsobu vztyčení americké vlnky při měsíčních misích Apollo.

29. 3. 2014: Jménem prvního člověka na Měsíci byla slavnostně pojmenována americká oceánografická výzkumná loď „AGOR-27 Neil Armstrong“

7. 4. 2014: Kosmonaut Jurij Lončakov (Endeavour STS-100/2001, Sojuz TMA-1/2002, Sojuz TMA-13/2008) byl jmenován novým náčelníkem Střediska přípravy kosmonautů J. A. Gagarina. Jeho zástupcem byl jmenován kosmonaut Valerij Korzun (Sojuz TM-24/1996, Endeavour STS-111/2002)

15. 4. 2014: Ve věku 95 roků zemřel americký inženýr John HOUBOLT (*10. 4. 1919)

Pro Program Apollo navrhnul v roce 1962 koncepci setkání lodí na oběžné dráze Měsíce (LOR - Lunar Orbit Rendezvous, mateřská loď a samostatný výsadkový modul)

3. 5. 2014: Do Dvorany slávy amerických astronautů byli uvedeni Shannon Lucidová a Jerry Ross.

Shannon Lucidová (Discovery STS-51G/1985, Atlantis STS-34/1989, Atlantis STS-43/1991, Columbia STS-58/1993, Atlantis STS-76/1996) je jedinou Američankou, která dlouhodobě pracovala na stanici. Mir. Jerry Ross (Atlantis STS-61B/1985, Atlantis STS-27/1988, Atlantis STS-37/1991, Columbia STS-55/1993, Atlantis STS-74/1995, Endeavour STS-88/1988, Atlantis STS-110/2002) je prvním astronautem, který se zúčastnil sedmi kosmických letů.

18. 5. 2014: Ve věku 68 roků zemřel první nizozemský astronaut Wubbo Johannes OCKELS (*28. 3. 1946)

Kosmický let Challenger STS-61A/1985

20. 5. 2014: Byl ukončen čínský experiment dlouhodobé izolace „Lunar Palace 1“

3. 2.–20. 5. 2014 – 3 dobrovolníci, 105 dnů pobytu v izolaci. Uzavřený vzduchotěsný prostor, kabina 42 m² (3 ložnice, jídelna, koupelna, komora pro likvidaci odpadů), laboratoř - pěstování rostlin a červů (brouk Tenebrio) pro vlastní výživu (45 % potravin se dodávalo zvenku!). Rostliny - 15 druhů zeleniny, obilovin, sója, arašíd, zdroj kyslíku.

18. 6. 2014: Ve věku 56 roků zemřel bývalý ředitel Ruské federální kosmické agentury Roskosmos Vladimir POPOVKIN

17. 7. 2014: Ve věku 80 roků zemřel americký astronaut Henry Warren HARTSFIELD (*21. 11. 1933)

Pilot posledního zkušebního startu raketoplánu Columbia STS-4 (1982) a velitel misí Discovery STS-41D (1984) a Challenger STS-61A (1985, poslední úspěšný let před havárií tohoto stroje)

6. 8. 2014: Ruský kosmonaut Sergej Krikaljov byl jmenován náměstkem generálního ředitele NPO Mašinostrojenija; (bývalá „Čelomejeva konstrukční kancelář“). Jeho hlavním úkolem bude rozpracování plánů pilotovaných letů do vzdáleného vesmíru.

9. 8. 2014: Jménem první americké astronautky byla slavnostně pojmenována americká oceánografická výzkumná loď „AGOR-28 Sally Ride“

21. 8. 2014: Ve věku 67 roků zemřel americký astronaut Steven Ray NAGEL (*27. 10. 1946); kosmické mise - Discovery STS-51G/1985-MS, Challenger STS-61A/1985-pilot, Atlantis STS-37/1991-velitel, Columbia STS-55/1993-velitel.

22. 8. 2014: Start dvou družic evropského navigačního systému Galileo (pojmenovaných Doresa a Milena); start ve 12:27 UT (nosná raketa Sojuz-ST-B/Fregat-MT/kosmodrom Kourou), chybné navedení na oběžnou dráhu družic - plánovaná dráha: 23000 × 23000 × 55, dosažená dráha: 13701 × 25900 × 49.7

17. 9. 2014: Byly zveřejněny výsledky výběru nových lodí pro NASA

V soutěži CST-100/Boeing, Dream Chaser/Sierra Nevada Corp., Dragon V2/SpaceX - kontrakt pro Boeing za 4,2 miliardy USD a pro SpaceX za 2,6 miliardy USD s podmínkou dodržení 5 milníků podmiňujících další vývoj a ostrých startů v roce 2017.

20. 9. 2014: Ve věku 72 roků zemřel ruský kosmonaut Anatolij Nikolajevič BEREZOVOJ (*11. 4. 1942); Sojuz T-5 (13. 5. – 10. 12. 1982, velitel první základní dlouhodobé posádky na stanici Saljut 7, délka letu 211d 9h 05m).

17. 10. 2014: Přistání experiment. vojenského miniraketoplánu Boeing X-37B; délka letu 674 dnů (22 měsíců), základna Vandenberg. Dva stroje Boeing X-37B během 3 expedic strávily ve vesmíru v součtu celkem 1367 dní, což je více než všech 135 letů raketopl. dohromady (1334 dní).

24. 10. 2014: Alan EUSTACE (Vicepresident Googlu) uskutečnil seskok z výšky 41.419 m; stoupaní 2 hodiny, volný pád 37.617 m (04:27 min), sestup s padákem 15 minut, max. rychlost 1.321 km/h

31. 10. 2014: Havárie zkušebního miniraketoplánu SpaceShip Two (Virgin Galactic); pilot Peter Siebold přežil se středně těžkým zraněním, kopilot Michael Alsbury zahynul.

9. 11. 2014: Připomínáme si nedožitě 80. narozeniny Carla SAGANA (9. 11. 1934 – 20. 12. 1996), amerického astronoma, astrofyzika a popularizátora exobiologie.

12. 11. 2014: Sonda Rosetta vysadila modul Philae na povrch komety 67P/Čurjumov-Gerasimenko.

<http://novinkykosmonautiky.blogspot.cz> – Jan Sedláček

<http://www.kosmonautix.cz> – Dušan Majer a kolektiv

... a mnoho dalších domácích i zahraničních zdrojů

halousek@czechspace.cz; milan@halousek.eu; tel. +420 602 153 564

www.czechspace.cz; www.facebook.com/milan.halousek



SUBJEKT X ANEB POKUSY NA LIDECH V KOSMONAUTICE

Pavel Boháček,

nezávislý popularizátor v oblasti kosmonautiky a kosmické medicíny

Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha

Hydronaut – Centrum kosmického výzkumu, o.s. Praha

Krvavé kořeny...

Letecko-kosmická medicína je součástí tzv. medicíny extrémních prostředí, zkoumající následky působení nehostinného prostředí na lidský organismus a možnosti adaptace organismu na pobyt v tomto prostředí. A i když se nám to může nelíbit, tak jako v mnoha oblastech stojí za pokrokem medicíny extrémních prostředí zejména válečná minulost a současnost lidstva. V oblasti letecko-kosmické medicíny sehrála významnou úlohu zejména II. světová válka. Za jejího otce a průkopníka v oboru je považován německý lékař Hubertus Strughold.

Strughold byl, podobně jako raketový konstruktér Werner von Braun, letecký konstruktér Alexander Martin Lipisch, Hans Ziegler, přední odborník v oblasti elektroniky, nebo špičkový Hitlerův expert na špionáž, Reinhard Gehlend, či odborník na otázky lidského faktoru Hans Antmann, jedním z nacistických vědců, kteří byli zajati americkou armádou a v rámci operace „Paperclip“, organizované předchůdcem dnešní CIA, jménem Office of Strategic Services, neboli OSS.

Strughold byl, po von Braunovi jednou z nejvýznamnějších osobností amerického kosmického programu. Dokonce se mu za jeho přínos dostalo ocenění, kdy byl zařazen do „síně slávy americké kosmonautiky“. Chuť jeho slávy však zhořkla po tom, co na veřejnost prosáky informace o tom, že se podílel na brutálních pokusech na lidech, které se v roce 1942 odehrávaly v koncentračním táboře v Dachau.



Obr. 1 - Wikipedia

Šlo například o experimenty na vězňích, kteří byli zavíráni do podtlakových komor a testoval se na nich vliv prudkých změn tlaku atmosférického vzduchu. Účelem pokusů, které si objednala německá Luftwafe bylo studium účinku pobytu člověka ve velkých výškách a následků rychlého pádu/klesání na lidský organismus. Během těchto krutých pokusů lidé umírali následkem krvácení do

mozku, či do plic. Na lidech, vězněných v koncentračních táborech se také testovaly účinky studené vody na lidský organismus. Luftwafe hledala co nejučinnější způsob ožívování pilotů, sestřelených nad mořem. Při těchto brutálních pokusech byli lidé na 24 až 36 hodin pokládáni do vany s ledovou vodou. Byla jim měřena tělesná teplota, a když upadli do bezvědomí, byla jim odebírána krev. Po srdeční zástavě pak byly činěny pokusy o oživení. Oběti tohoto mučení byly polévány horkou vodou, ohřívány horským sluncem, podrobovány elektrošokům a dokonce si k nim lehaly nahé prostitutky a zjišťoval se účinek lidského tepla. Lidé s tělesnou teplotou 25 až 28 °C většinou umírali. Zřídka kdy někdo přežil podchlazení 19 °C.

Když tohle vše prosáklo na veřejnost, byl dr. Strughold ze síně slávy vyřazen. I když je o tom mnohem méně záznamů, je více než jisté, že nacistické vědce se pokoušel získat i Sovětský svaz.

Raketové saně...



Obr. 2 - Wikipedia

Zatímco mnohé výše jmenované pokusy často neměly se skutečnou vědou nic společného a šlo jen o bezcenné trýznění lidí, experimenty na lidech, které se v roce 1947 prováděly na Hollomanově letecké základně, přinesly mnoho dodnes využívaných poznatků, a to nejen na poli letectví a kosmonautiky. Vědci pod vedením lékaře plk. Johna Stappa prováděli rozsáhlý výzkum na poli účinků akcelerace a deceleraace na lidský organismus. Za účelem pokusů tým techniků zkonstruoval tzv. "raketové saně", na kterých docházelo k nárazovému přetížení, dosahujícímu 30 G. Jedním z pokusných subjektů byl i sám plk. Stapp, který při nebezpečných experimentech utrpěl celou řadu zranění. Pokusy

ukázaly, že následkem prudkého brždění a nárazů, dochází k přechodným ztrátám vidění, křečovitým stahům svalstva zad, krku a dolních končetin, zlomeninám, poraněním hlavy, roztržení plic, močového měchýře, sleziny či jater.

Výzkum plk. Stappa nejen že přinesl poznatky, se kterými se pracovalo při konstrukčním řešení ochrany posádek kosmických lodí, či letadel. Díky těmto životu nebezpečným experimentům vznikl také nový vědecký obor, zvaný biomechanika, který pomáhá například při konstrukci bezpečnostních systémů pro automobily, ale také například v kriminalistice a v jiných oblastech.

Smrtící vakuum...



Obr. 3 - NASA

Kaskadérské kousky se sebou ve jménu vědy neprováděl jen dr. Spapp a jeho kolegové. Extrémně nebezpečné bylo například testování techniky a odolnosti lidí, které se provádělo v barokomorách. Práce s kyslíkem s sebou přinášela celou řadu nehod. V šedesátých letech zahynulo několik lidí při požárech barokomor ve Filadelfii, či San Antoniu. Podobné to bylo i v Sovětském

svazu. Svě o tom ví i jeden z pokusných subjektů, Jim Le Blanc, který se v Johnsonově vesmírném středisku podílel na testování skafandrů pro astronauty. Při jednom z testů ve vakuové komoře došlo k prudké ztrátě tlaku ve skafandru, ke které došlo následkem rozpojení tlakové hadice. Nebýt rychlého zákroku techniků komory, stálo by Le Blanca toto technické selhání život.

Tajný institut...

Soupeření o světové prvenství ve vesmíru bylo v plném proudu a v Sovětském svazu bylo za přísného utajení a pod záminkou testování nové letecké techniky zahájeno hledání vhodného kandidáta na pozici prvního kosmonauta na světě. A v plném proudu byly také technické přípravy letu prvního člověka do vesmíru. Čas neúprosně tlačil, ale i přes veškerý spěch, způsobený soupeřením mezi Sovětským svazem a USA, měly nejvyšší stranické špičky SSSR podmínku, že je nutné nevyhnutně zajistit, aby se první sovětský kosmonaut, hrdina SSSR, vrátil na Zemi živ.

V tehdejším Institutu letecké medicíny v Moskvě (Institut aviatsonnej mediciny) proto, jaksi ad-hoc, vznikl tým dvanácti dobrovolníků, vědců, lékařů a techniků institutu, kterým se začalo přezdívat “kosmonauti 0”, kteří měli jediný úkol a to na sobě otestovat veškerou techniku a postupy, které budou nutné při realizaci letu prvního člověka do vesmíru. Tyto smrtelně nebezpečné experimenty měly jediný účel. Tím bylo nastavit limity toho, co je člověk schopen vydržet a umožnit tak vývoj technologií pro realizaci kosmického letu. Také zásluhou těchto bezejmenných se pak mohl 12. dubna 1961 uskutečnit onen triumfální let J.A. Gagarina do vesmíru.

Za krátko na to, v roce 1963 vznikl v Moskvě z iniciativy Sergeje Koroljova a Mstislava Keldyše slavný Institut Lékařsko-Biologických Problémů, který se začal přímo specializovat na problematiku výzkumů v oblasti kosmické biolo-

gie a medicíny a zdravotnické podpory vesmírných letů. Ústav celým jménem *государственный научный центр российской федерации - институт медико-биологических проблем* ран – patří od roku 1994 pod ruskou Akademií věd.

Limity přežití...

Jak bylo již řečeno výše, důležitou oblastí kosmické medicíny je stanovení limitů přežití lidského organismu, podle kterých jsou poté nastavovány parametry kosmických misí, stanovují se potřeby a konstrukční nároky kosmických technologií.

Příkladem může být experiment, realizovaný v únoru 1984. Jeho hlavním zadáním bylo stanovit limity přežití člověka, který je bez ochrany vystaven venkovnímu mrazu. Informace měly posloužit k záchraně kosmonautů, přistanuvších např. do mrazivých podmínek tajgy.

Tři zdraví dobrovolníci, představující standardní kosmickou posádku, oblečení jen v teplákové soupravě, byli vozem přepraveni do lesa a než byli vysazeni na místě, byl jim do konečníku zaveden rektální teploměr. Trojice mužů byla nalehko vysazena do prostředí, kde se teplota vzduchu pohybovala kolem $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$. První symptomy podchlazení se u trojice začaly projevovat již během první hodiny. Třes, zrychlená srdeční frekvence.

Během dalších dvanácti hodin docházelo u trojice mužů ke zhoršování stavu. Třes přestal a u pokusných subjektů se začala rozvíjet letargie. Teplota jejich tělesného jádra začala pozvolně klesat k $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Schoulení k sobě jeden po druhém usnali a upadali do bezvědomí. Celý experiment byl přerušen až po 40 hodinách! Dva z mužů se podařilo vzkřísit ještě v sanitním voze. Stav třetího byl však kritický. Byl přepraven letadlem do Moskvy. Jeho další osud je neznámý. Na základě tohoto a dalších podobných experimentů byla vyvinuta dodnes používaná metodika, jak chránit kosmonauty před mrazem a byl stanoven limit pro nalezení posádky záchranáři, který činí 72 hodin, tedy tři dny, a to kdekoli na Zemi.

V tom samém roce, avšak v letních měsících, se uskutečnil další, neméně zajímavý a na "výdrž pokusných osob" náročný experiment. Celá "operace" probíhala na pobřeží Černého moře a jejím hlavním posláním bylo vypracovat metodiku záchrany posádky po přistání kosmické lodi Sojuz do moře. Ukázalo se, že již krátce po dosednutí kapsle s kosmonauty na hladinu moře, začne teplota v kabině stoupat až na hodnotu $36\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při 100% vlhkosti pak velmi rychle dochází k přehřátí organismu a dehydrataci. Během velmi náročných testů, při kterých dobrovolníci vydrželi na volném moři 72 hodin, byla vyvinuta metodika



Obr. 3 - IBPM

bylo třeba znát, a to z důvodů různých režimů při startu a přistávání kosmických lodí. Nebylo jiné cesty, než otestovat co člověk vydrží na dobrovolnících, a to na centrifugách. Zvláštní zřetel byl brán zejména na práce schopnost kosmonautů při nouzových situacích, jakou může být například balistický sestup kosmické lodi, při kterém přetížení, působící na člověka, překonává hodnotu 9 G. Pokusy na dobrovolnících na centrifugách ukázaly a v podstatě potvrdily poznatky z kabin letadel, že při 4,5 G dochází ke zužování zorného pole, 5-6 G již vede ke ztrátě vědomí, neboli blackoutu. Použitím speciálních fyzických manévřů a anti-G kalhot lze odolnost vůči přetížení o něco zvýšit. Rekordmanem v tomto ohledu byl lékař a dobrovolník z řady experimentů Institutu Medicínsko-Biologických Problémů, John Gridunov. Ten přežil přetížení 18 G! Při 20 G již praskají obratle.

záchrany, počítající s tím, že posádka může zůstat v kabině po přistání nejvíce 12 hodin. Poté je třeba obléci si speciální oblek, zvaný NAZ 3 a kabinu opustit. Na volném moři pak mohou bez rizika prochladnutí zůstat dalších 12 hodin.

Kapitolou samou o sobě jsou experimenty, jejichž hlavním účelem bylo zjišťování účinků gravitačního přetížení na lidský organismus. Limitní hodnoty

Extrémní izolace...

Již od samých počátků rozvoje kosmonautiky se velký důraz klade na rozvoj schopností člověka trvale osídlit jak oběžnou dráhu Země, tak i Měsíc a planetu Mars. Dlouhodobé kosmické mise však vyžadují zcela jiný přístup k výběru i výcviku posádek, než je tomu u krátkých kosmických letů, jako tomu bylo například při letech raketoplánů. Jaký vliv bude mít absolutní dlouhodobá izolace lidí ve vesmíru na jejich psychiku a práce schopnost? Jak izolace ovlivní sociální dynamiku skupiny lidí? Jaké budou potřeby technologie? Rekord v pobytu na oběžné dráze drží v současné době kosmonaut Valerij Poljakov, který na palubě stanice Mir strávil v kuse 437 dní.

Jedny z prvních experimentů na téma izolace lidí v průběhu dlouhodobé kosmické mise byly realizovány v Sovětském svazu na dobrovolnících a v absolutním utajení. Šlo například o tři týdny trvající simulaci vesmírné mise kosmické lodi zvané „Světlo“, které se jako „posádka“ účastnili vojáci Asanin, Obrazcov a jeden novinář jménem Chorobych. Tato simulace však nebyla nic oproti tomu,

co musela podstoupit trojice Manovcev, Božko a Ulybyšev v rámci projektu TMK, kdy měli v kabině simulované kosmické mise a v naprosté izolaci strávit 366 dní. V obytném prostoru „kosmické lodi“ o velikosti cca 24 m³ plnili celou řadu úkolů - od řady lékařských a psychologických testů až po simulace nouzových situací. Při jednom z takovýchto testů jim byla na několik dní zvýšena teplota v modulu až na 36 °C. Příděl vody jim při tom byl zredukován



Obr. 3 - IMBP/Pjervij Kanal

na polovinu. Poté se sledoval vliv extrémního prostředí, vyčerpání z tepla a dehydratace na průceschopnost posádky a na jejich zdravotní a psychický stav. Náročná situace si začala vybírat svou daň v podobě onemocnění Germana Manovceva, kterému se za uchem vytvořil velmi bolestivý vřed, který si za dosti dramatických okolností sám odoperoval.

Podobných projektů byla na celém světě realizována ještě celá řada, včetně českého experimentu Štola 88, nebo známého projektu Mars500. Žádný z nich však lidskou odolnost neprovedl tak drastickým způsobem, jako právě TMK.

“Pokusní králíci” dnes...

Testy na lidech probíhají v rámci kosmického výzkumu i dnes. Je však pravda, že už zdaleka nejde o tak drastické a životu nebezpečné experimenty, jako tomu bylo dříve. Díky výše jmenovanému výzkumu, a dalších pokrocích v medicíně, již máme dostatek informací o limitech lidského těla v nejextrémnějších zátěžích a to, co se řeší dnes, jsou spíše doplňující výzkumy do oné mozaiky znalostí. Další skutečností je, že zainteresované země se ve výzkumu na lidských subjektech řídí velmi přísnými národními regulacemi a mezinárodními normami, z nichž tou nejzákladnější je Helsinská deklarace.

Placení dobrovolníci, často z řad studentů, jsou dnes v kosmickém výzkumu využíváni např. v tzv. Bed Rest studiích. Jedná se o tzv. analogové studie, v rámci kterých se simulují fyziologické účinky beztíže pomocí ležení na lůžku s hlavou se sklonem -6° dolů. Dobrovolníci jsou využíváni také v rámci výzkumu prostorové orientace, či vlivu umělé gravitace na malých centrifugách. V tomto případě však jde pouze o malá zatížení a největším problémem bývá kinetóza a možná strach z jehel při odběru krve. Postgraduální studenti se dnes běžně podílejí na realizaci experimentů na svém těle během parabolických letů.

Astronaut jako experiment...



Obr. 4 - NASA

Také astronauti, už z povahy své práce, jsou předmětem lékařského výzkumu. Podrobují se celé řadě lékařských testů a podílejí se na řadě studií. Dlouho připravované a z hlediska bezpečnosti dobře zajištěné experimenty musí splňovat ty nejpřísnější požadavky ochrany zdraví pokusných osob. Ale ani tak nelze problémy zcela vyloučit. Před několika starty raketoplánů byl některým členům jejich posádek zaveden do srdce katetr za účelem monitoringu hemodynamických poměrů uvnitř srdce v průběhu startu. Po dosažení oběžné dráhy byla monitorace ukončena a úkolem astronautů bylo si tento katetr ze srdce výjmout.

Měření fyziologických funkcí, ultrazvuková vyšetření, odběry krve... To všechno a mnohem víc je běžnou součástí práce členů posádky Mezinárodní kosmické stanice. Občas se však vyskytnou experimenty, vyžadující méně tradiční postupy. Zajímavým byl například projekt "Biopsy", mající za úkol vyhodnocování změn ve svalové tkáni, ke kterým dochází vlivem dlouhodobého pobytu v mikrogravitaci. V rámci tohoto výzkumu si členové posádky sami odebírali vzorky svalových vláken ze stehenního svalu a to pomocí tzv. biopsie – čili napíchnutí svalu speciální jehlou s následným odběrem malého vzorku tkáně.

Závěr...

Stát se kosmonautem je snem mnoha mužů a žen. Jde o jedno z nejprestižnějších a nejnáročnějších povolání, které vyžaduje dlouhodobou, náročnou a soustavnou přípravu. Je to kariéra spojená se slávou a uznáním, která je ale také spojena s obrovským rizikem. Tento fakt dokládá řada smrtelných nehod, ke kterým v historii kosmonautiky došlo. I přes značné riziko však kosmonaut usedá do křesla kosmické lodě s tím, že o jeho bezpečný návrat se starají stovky bezejmenných lidí, z nichž desítky prošli neskutečným utrpením a riskovali své zdraví a někteří také za svou odvahu zaplatili životem, když jim prošlapávali první krůčky na cestě ke hvězdám. A těmto „bezejmenným“ je jako výraz úcty, věnována má přednáška.



ZHODNOCENÍ TECHNICKÉ PŘIPRAVENOSTI DETEKČNÍ ČÁSTI SONDY A NAMĚŘENÝCH TECHNICKÝCH DAT Z LETU QDNA STRATOS

Jan Zítka¹, Ondrej Závodský², Jaroslav Erdziak², Zbyněk Heger¹, Amitava Moullicky¹, Vedran Miljoslavjevic¹, Kristýna Číhalová¹, Lukáš Nejdí¹, Pavel Kopel¹, Jakub Kapuš², Libor Lenža³, Vojtěch Adam¹, René Kizek¹

¹Laboratoř metalomiky a nanotechnologií, Mendelova univerzita v Brně a Středoevropský technologický institut v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika – Evropská unie

²Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity, Zámocká 5, 811 03 Bratislava, Slovenská republika – Evropská unie

³Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o., Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí, Česká republika – Evropská unie

Úvod

Elektromagnetické záření mohou snímat senzory využívající fotoelektrický jev. Bylo vyvinuto a navrženo mnoho technologických přístupů ke sledování poškození DNA [1-3]. Avšak jednoduchý senzor přímo transformující úroveň poškození DNA na elektrický signál není stále dostupný. Jednou z možností jak poškození DNA sledovat je analýzou fluorescenčních vlastností nanomateriálů na bázi uhlíku [4].

Cíle

Zkonstruovat a vynést do stratosféry zařízení schopné změřit fluorescenci vzorku CQDs a dsDNA ve vodném prostředí. Dále zaznamenat fyzikální podmínky během měření v okolí a v přístroji.

Výsledky a diskuse

3D tisk sondy se uskutečnil po jejím vymodelování v programu CAD. Grafický objekt byl následně přepočítán a přenesen jako tiskový soubor do programu 3D tiskárny. Součásti sondy byly vytištěny z černého akrylonitrilbutadienstyrenu (ABS) s plněním 20% a třemi vrstvami materiálu s rozlišením 300 μm a teplotou tavení 245 $^{\circ}\text{C}$ při teplotě podložky 90 $^{\circ}\text{C}$.

Konstrukce sondy jako platforma pro stratosférický experiment: Obsahuje 26 součástí vytištěných na 3D tiskárně, izolační materiál jako polystyren a obal sondy a závitové tyče M3. Uspořádání v sondě [A] je mechanická část na kraji uprostřed detekční část a za ní řídicí jednotka. Julo-X je nad detekční částí mechanicky spojeno přes závitové tyče a vše je obaleno do izolačního materiálu tvořeného polystyrénovým blokem.

Elektronická část: V sondě je řídicí jednotka, fotonásobič (PMT), luminiscenční dioda (LED) 240 nm deep UV, pásmový filtr 450 nm FWHM 25 nm, servomechanismus s momentem 4,8 kg×cm, 10 digitálních senzoru teploty DS18S20 a 7 topných těles s výkonem od 0,8 až do 2,8 W. LED je umístěna v hlavním dílu sondy [A] tak, aby svítila jen na část květy se vzorkem. PMT je také umístěn v tomto dílu a přes filtr snímá intenzitu procházejícího světla. Servo je nad hlavním dílem připevněno k vysunovacímu mechanismu zajišťujícímu změnu polohy detekční části s detekčním vzorkem. Řídicí jednotka je uložena za detekční částí. Na tomto plošném spoji je regulace teploty v sondě, elektronika pro nastavení pracovního bodu LED, napájená PMT a vyhodnocení velikosti proudu tekoucího anodou PMT. Vše řídí MCU Atmega128, která komunikuje s letovým počítačem a naměřená data ukládá na SD kartu.

Komunikace: S letovým počítačem JULO-X byla letová experimentální platforma připojena přes sériové rozhraní UART.

Letový experiment: Sonda byla vypuštěna pomocí stratosférického balónu plněného heliem 12. 10. 2014 v 5:31 GMT z letiště Spišská Nová Ves (48.940393, 20.543201). Fyzikální podmínky v době startu: teplota 7,7 °C, tlak 966,1 hPa, vlhkost 95,7 %, bezvětrí, mlha s dohledností 400 m, hodnoty v sondě: teplota v sondě u LED a PMT 20 °C, mimo teplotně regulovanou oblast 12 °C, teplota na květách 12 °C, hodnota fluorescence vzorku 1064 RFU Teplotní a vlhkostní profil v troposféře: 12 až -67 °C a 60 až 10 %. Teplotní a vlhkostní profil ve stratosféře: -40 až -67 °C a 0 až 10 %. Hodnoty teploty v sondě a u květ prostoru v troposféře: 13,1 až -8,2 °C a ve stratosféře: -1,8 až +6 °C.

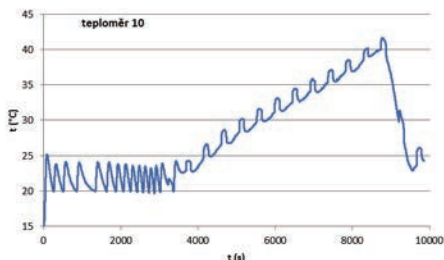
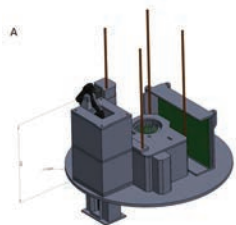
Hodnoty fluorescence v troposféře: 1064 až 1509 RFU a ve stratosféře: 1509 až 1945 RFU. Rychlost stoupaní byla 5 m/s a balón dosáhl stratosféry v 6:13 GMT. Experiment byl ukončen prasknutím balónu v 7:48 GMT a jeho dopadu 150 km od místa vypuštění.

Technické podrobnosti: V 19,2 km byly na teploměru zjištěny anomálie. Teplotní čidlo na servu v tuto dobu zaznamenává [B] lineární nárůst teploty 0,2 °C/min spolu s pravidelnými krátkodobými nárůsty (pulsy) teploty kolem 2 °C v intervalech 2 min. Teplotní senzory v blízkosti květ zaznamenaly během letu pokles až na -8,2 °C. Takový pokles teploty v měřicím prostoru vedl k zamrznutí

vzorků a tím znemožnění jejich další analýzy. Z naměřených dat teploty v sondě byly ostatní části dobře teplotně regulovány a teplota se zde udržovala na nastavené hodnotě 20 °C v rozmezí +/- 0,5 °C.

Závěr

Let nám poskytl experimentální zkušenosti a data o měření fluorescence ve stratosféře. Zařízení ve stratosféře dokázalo regulovat teplotu a zajistilo tak teplotní stabilitu důležitých systému během experimentu. Díky dobře zvládnuté elektronice v experimentální části sondy jsme mohli velmi dobře analyzovat celkový průběh letu.



Poděkování

projektu PQDNA-STRATO012014 realizovaný jako součást projektu **Společně do stratosféry**, který je spolufinancován z Operačního programu Přeshraniční spolupráce SR ČR 2007-2013, Fondu mikroprojektů.

Literatura

1. Hlavata, L., et al., *Evaluation of damage to DNA induced by UV-C radiation and chemical agents using electrochemical biosensor based on low molecular weight DNA and screen-printed carbon electrode*. *Electrochimica Acta*, 2012. 71: p. 134-139.
2. Rogers, K.R. and R.K. Gary, *Nucleic Acid-based Biosensors for the Detection of DNA Damage*. *Nucleic Acid Biosensors for Environmental Pollution Monitoring*, 2011: p. 99-120.
3. Taleat, Z., A. Khoshroo, and M. Mazloum-Ardakani, *Screen-printed electrodes for biosensing: a review (2008-2013)*. *Microchimica Acta*, 2014. 181(9-10): p. 865-891.
4. Cao, H., et al., *A carbon nanotube/quantum dot based photoelectrochemical biosensing platform for the direct detection of microRNAs*. *Chemical communications (Cambridge, England)*, 2014. 50(87): p. 13315-8.



ZMĚNY BAKTERIÁLNÍCH VLASTNOSTÍ PŮSOBENÍM UV ZÁŘENÍ VE STRATOSFÉŘE

Kristýna Číhalová¹, Ana Maria Jimenez-Jimenez¹, Jan Zítka¹, Lukáš Nejd¹, Ondřej Závodský², Zbyněk Heger¹, Jakub Kapuš², Libor Lenža³, Amitava Moullick¹, Vedran Milosavljević¹, Vojtěch Adam¹ a René Kizek¹

¹*Laboratoř metalomiky a nanotechnologií, Mendelova univerzita v Brně a Středoevropský technologický institut v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika – Evropská unie*

²*Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity, Zámocká 5, 811 03 Bratislava, Slovenská republika – Evropská unie*

³*Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o., Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí, Česká republika – Evropská unie*

Úvod

Pomocí stratosférického balónu je možné vyslat různé vzorky do prostředí, kde má UV záření mnohem vyšší intenzitu a spektrální složení než je běžné na povrchu Země. Díky vývoji transportovatelných senzorů je možné takový experiment uskutečnit. Zajímavou studií je pozorovat změny biochemických parametrů a mutace DNA u organismů způsobené UV zářením ve 40 km výšce tedy ve stratosféře [1]. Bakteriální buňky jsou odolné organismy, které po vystavení nežádoucím vlivům mohou přežít, ale změnit své biochemické, metabolické vlastnosti a tím změnit sekvenci nukleotidů ve své DNA [2]. Vlivem UV záření dochází k mutacím na DNA, což vede ke změnám vlastností buňky zejména v metabolických pochodech, tvorbě rezistence či adaptovatelnosti na nežádoucí prostředí [3].

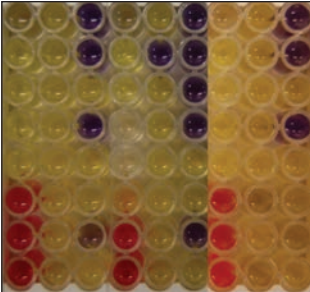
Cíle

Pro studii byly použity bakterie různých kmenů. Na platformě balonu byl testován mutagenní účinek UV záření ve stratosféře.

Výsledky a diskuse

Pro testování změn organismů působením UV záření byly do stratosféry

vyslány vzorky lyofilizovaných bakteriálních kultur *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* a *Salmonella typhimurium* v koncentraci 10⁹ buněk. Bakteriální buňky byly vystaveny nízké teplotě v rozmezí -30 až -65 °C po dobu dvou hodin, UV záření (800 až 1200 mV) a radiaci (150 až 600 cpm). Po návratu pouzdra sondy byly vzorky ihned přeneseny do laboratoře a bezprostředně všechny převedeny do Luria Bertani média (kultivovány 24 h, 37 °C, 600 rpm). Po 24 h inkubaci byly vzorky aplikovány na kultivační desky s biochemickými markery. U vybraných bakterií byly pozorovány výrazné změny v biochemickém profilu. U *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli* došlo ke změnám metabolických aktivit a u *Salmonella typhimurium* se projevíly tyto změny v četnější míře než u prvních dvou bakterií. U *Staphylococcus aureus* se jedná o změnu v utilizaci sorbitolu, u *Escherichia coli* o změnu v utilizaci sirovodíku, indolu a inositolu a u *Salmonella typhimurium* nastaly změny metabolismu malonátu, sirovodíku, indolu, mannitolu, cellobiózy, dulcitolu a rhamnózy. Navíc test stupně mutagenity, který se provádí na bakterii *Salmonella typhimurium*, jednoznačně prokázal vzestup četnosti mutací. V porovnání s mutagenním účinkem ethidium bromidu, který slouží jako referenční mutagen, způsobilo UV záření v prostředí stratosféry 20 % mutagenitu, což se projevilo nárůstem revertantních kolonií salmonel. Další testy byly zaměřené na sledování mutací v DNA, která byla ihned po první kultivaci izolována (magnetická separace). Byly testovány změny ve struktuře PCR produktu 16 S genu [4]. Analýza RFLP tohoto genu však ukázala, že tento vysoce konzervativní úsek DNA je před krátkodobým působením fyzikálních faktorů velmi dobře chráněn.



	Test			Positive reaction			Negative reaction		
	Column 1	Column 2	Column 3	Column 1	Column 2	Column 3	Column 1	Column 2	Column 3
Esculin	Mannose	Cytitol	black, dark brown, dark grey	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	colourless, pale brown, pale grey	colourless, pale brown, pale grey	colourless, pale brown, pale grey	colourless, pale brown, pale grey
Phosphatase	Xylose	Raffinose	yellow, pale yellow	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	colourless	colourless	colourless	colourless
β-Glucosidase	Maltose	Arabinose	yellow, pale yellow	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	colourless	colourless	colourless	colourless
β-Glucuronidase	Mannit	Cellobiose	yellow, pale yellow	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	colourless	colourless	colourless	colourless
β-Galactosidase	Trehalose	Fructose	yellow, pale yellow	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	colourless	colourless	colourless	colourless
Ornithine	Sucrose	Ribose	red-violet, red	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	yellow, pale orange	yellow, pale orange	yellow, pale orange	yellow, pale orange
Arginine	Galactose	Sorbitol	red-violet, red	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	yellow, pale orange	yellow, pale orange	yellow, pale orange	yellow, pale orange
Urease	N-acetyl β-D-glucosamine	Lactose	red-violet, orange-red	yellow, yellow-brown	yellow, yellow-brown	yellow, pale orange	yellow, pale orange	yellow, pale orange	yellow, pale orange

Obr. 1 - Biochemické změny metabolických aktivit u bakteriální kultury *Staphylococcus aureus*. Interakce bakterie a biochemického markeru specifického pro stanovenou bakterii vykazuje barevné změny, které jsou hodnoceny dle tabulky jako pozitivní či negativní reakce. První 3 sloupce indikují biochemické aktivity standardu kontrolní bakterie *S. aureus*, druhé 3 sloupce indikují biochemické změny po vystavení lyofilizátu *S. aureus* 2hodinovému působení UV záření v laboratorních podmínkách a poslední 3 sloupce poukazují na lyofilizát bakterie *S. aureus*, který byl vyslán do stratosféry. V tabulce jsou vypsány jednotlivé reakční komponenty a vzniklé zbarvení při pozitivní či negativní reakci bakterie s konfirmační reagentií.

Závěr

Zmíněné výsledky mohou přinést řadu údajů pro astronomické a kosmické výzkumy a zohlednit tak nebezpečí UV záření, které má v kosmickém prostoru vyšší intenzitu, než na kterou jsme zvyklí.

Poděkování

projektu PQDNA-STRATO012014 realizovaný jako součást projektu **Společné do stratosféry**, který je spolufinancován z Operačního programu Přeshraniční spolupráce SR ČR 2007-2013, Fondu mikroprojektů.

Obr. Biochemické změny metabolických aktivit u bakteriální kultury *Staphylococcus aureus*. Interakce bakterie a biochemického markeru specifického pro stanovenou bakterii vykazuje barevné změny, které jsou hodnoceny dle tabulky jako pozitivní či negativní reakce. První 3 sloupce indikují biochemické aktivity standardu kontrolní bakterie *S. aureus*, druhé 3 sloupce indikují biochemické změny po vystavení lyofilizátu *S. aureus* 2hodinovému působení UV záření v laboratorních podmínkách a poslední 3 sloupce poukazují na lyofilizát bakterie *S. aureus*, který byl vyslaný do stratosféry. V tabulce jsou vypsány jednotlivé reakční komponenty a vzniklé zbarvení při pozitivní či negativní reakci bakterie s konfirmační reagensy.

Literatura

1. Alharbi, S.A., *How do bacteria survive UV irradiation in the stratosphere?* Journal of Food Agriculture & Environment, 2012. 10(1): p. 843-845.
2. Smith, D.J., *Microbes in the Upper Atmosphere and Unique Opportunities for Astrobiology Research*. Astrobiology, 2013. 13(10): p. 981-990.
3. Murphy, T.M., *Nucleic acids: interaction with solar UV radiation*. Current topics in radiation research quarterly, 1975. 10(3): p. 199-228.
4. Bandyopadhyay, N., S. Gautam, and A. Sharma, *Suppression of SOS repair in E. coli: possible mechanism of antimutagenicity and protective effects of common vegetables*. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2014. 65(2): p. 251-258.



UHLÍKOVÉ KVANTOVÉ TEČKY, JAKO INDIKÁTOR POŠKOZENÍ DNA VYVOLANÉ UV ZÁŘENÍM

Lukáš Nejd1, Jan Zítka1, Kristýna Číhalová1, Vedran Milosavljevic1, Amitava Moullick1, Ondrej Závodský2, Zbyněk Heger1, Jakub Kapuš2, Libor Lenža3, René Kizek1, Vojtěch Adam1

1Laboratoř metalomiky a nanotechnologií, Mendelova univerzita v Brně a Středoevropský technologický institut v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika – Evropská unie

2Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity, Zámocká 5, 811 03 Bratislava, Slovenská republika – Evropská unie

3Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o., Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí, Česká republika – Evropská unie

Úvod

Kvantové tečky (QDs) jsou nanokrystaly o velikosti jednotek, až desítek nanometrů [1]. Existují buď samostatně, nebo mohou být uspořádány do klastrů. Jejich optické vlastnosti (emisní spektra) jsou dány jejich velikostí a typem materiálu. V technologicky jsou využívány pro konstrukci senzorů a biosenzorů [2], nebo pro in vivo zobrazování (alternativa organických fluoroforů) [3]. Již dříve bylo prokázáno, že QDs mají vysokou afinitu k bio-molekulám (metalothionenu [4], hemaglutininu [5] a nukleovým kyselinám [6, 7]).

Cíle

Prozkoumat interakce polyethylen glykolem (PEG) stabilizovaných uhlíkových kvantových teček (CQDs) o velikosti 1,5 nm s nepoškozenou dvou řetězcovou DNA.

Výsledky a diskuse

Podářilo se prokázat, že fluorescenční vlastnosti CQDs jsou závislé na konjugaci s DNA a mře jejího poškození UV zářením. Poškození DNA bylo simulováno transiluminátorem ($\lambda_{Ex} = 254 \text{ nm}$) ve kterém byly vzorky $7\times$ po pětimi-

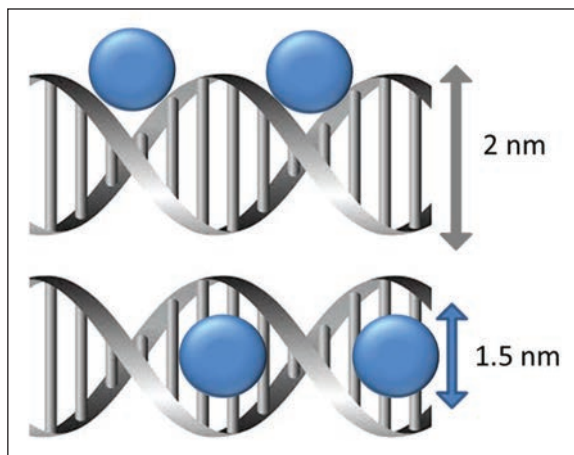
nutovém intervalu exponovány (sumárně 35 minut expozice). Fluorescence nepoškozené DNA vykazovala velmi nízké intenzity jak v přítomnosti 10 mg/l kvantových teček tak bez jejich přítomnosti. Poškození DNA vyvolané UV zářením vedlo k 20 násobnému nárůstu fluorescence ve vzorcích s CQDs, u kontrolního vzorku nebyly pozorovány žádné změny. U CQDs bez DNA nebyla zvýšená intenzita fluorescence po expozici UV pozorována. Zvýšení intenzity fluorescence CQDs-DNA po expozici UV zářením lze považovat za marker poškození DNA. Předpokládá se, že QDs mohou být s DNA konjugovány vodíkovou vazbou, nebo elektrostaticky interagovat s velkým žlábkem [6]. Navržený koncept byl využit pro testování platformy stratosferické sondy. Vzorek DNA po každém ozáření byl podroben fluorescenční analýze na fluorimetru a navrženém fluorescenčním detektoru. Výsledky z fluorimetru a sondy byly navzájem porovnány a vykazovaly velmi dobrou korelaci $r = 0.9$. Tímto způsobem bylo ověřeno, že navržený detektor dokáže automaticky zaznamenat změnu fluorescence konjugátu (CQDs-DNA) po expozici UV zářením. Navržený detektor byl v následném experimentu umístěn na platformu JULO-X a do stratosféry vyneseno heliem naplněným balonem. Experimentální data byla přenesena do vyhodnocovací jednotky. Od výšky asi 1 500 m byl zaznamenán nárůst fluorescence vzorku. V 10 km na hranici troposféry byl nárůst UV záření o 20% a detekce poškození DNA narostla o 300 až 400 %. Ve výšce 20 km byl pozorován výrazný nárůst radiace na 600 – 800 záznamů za min. a intenzita UV záření vzrostla o 53 % a hladina poškození DNA vzrostla o 600 – 800 %.

Závěr

V této práci se podařilo prokázat, že konjugát DNA-CQDs zvýší intenzitu fluorescence při poškození DNA zářením. Navržený koncept byl využit pro nový typ fluorescenčního detektoru, který byl umístěn na platformu vyslanou na balónu do stratosféry. V průběhu letu byla on-line získávána data, která se přenášela do vyhodnocovací jednotky. Po návratu jednotky na zem byl detektor znovu testován a získaná data byla v dobré shodě s výsledky před startem.

Poděkování

projektu PQDNA-STRATO012014 realizovaný jako součást projektu **Společné do stratosféry**, který je spolufinancován z Operačního programu Přeshraniční spolupráce SR ČR 2007-2013, Fondu mikroprojektů.



Obr. 1 - Návrh interakce uhlíkových kvantových teček s molekulou nepoškozené dvou řetězcové DNA. Interakce může probíhat jak vazbou do velkého žlábků DNA (horní obrázek) tak elektrostatickou interakcí mezi jednotlivé planárně uspořádané báze v řetězci nukleové kyseliny.

Návrh interakce uhlíkových kvantových teček s molekulou nepoškozené dvou řetězcové DNA. Interakce může probíhat jak vazbou do velkého žlábků DNA (horní obrázek) tak elektrostatickou interakcí mezi jednotlivé planárně uspořádané báze v řetězci nukleové kyseliny.

Literatura

1. Medintz, I.L., et al., *Quantum dot bioconjugates for imaging, labelling and sensing*. Nature Materials, 2005. 4(6): p. 435-446.
2. Paramanik, B., S. Bhattacharyya, and A. Patra, *Steady state and time resolved spectroscopic study of QD-DNA interaction*. Journal of Luminescence, 2013. 134: p. 401-407.
3. Michalet, X., et al., *Quantum dots for live cells, in vivo imaging, and diagnostics*. Science, 2005. 307(5709): p. 538-544.
4. Skalickova, S., et al., *Study of Interaction between Metallothionein and CdTe Quantum Dots*. Chromatographia, 2013. 76(7-8): p. 345-353.
5. Krejcová, L., et al., *3D printed chip for electrochemical detection of influenza virus labeled with CdS quantum dots*. Biosensors & Bioelectronics, 2014. 54: p. 421-427.
6. Xu, Q., et al., *Interaction of CdTe quantum dots with DNA*. Electrochemistry Communications, 2008. 10(9): p. 1337-1339.
7. Nejdil, L., et al., *Interaction of E6 Gene from Human Papilloma Virus 16 (HPV-16) with CdS Quantum Dots*. Chromatographia, 2014.



AKTUÁLNĚ O MISI ROSETTA

Jiří Srba, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

Mezinárodní kosmická mise Rosetta byla vybrána k realizaci v roce 1993 jako jeden z dlouhodobých projektů Evropské kosmické agentury ESA. Sondu postavila firma Astrium z Německa ve spolupráci se svými dceřinými společnostmi ve Velké Británii i Francii a italskou firmou Alenia Spazio. Přístroje na orbiter vyvinulo konsorcium firem z mnoha zemí světa. Lander Philae byl navržen pod vedením German Aerospace Research Institute DLR. Celkem se na projektu podílí víc než 50 firem ze 14 zemí Evropy, Kanada a Spojené státy. Celkové náklady na misi Rosetta dosáhly 1,4 miliardy EUR (vývoj a vypuštění, výdaje spojené s misí v průběhu její aktivní práce).

Na počátku ledna 2003 řekl jeden z hlavních vědeckých pracovníků mise Prof. David Southwood:

„Rosetta je jednou z nejambicióznějších dosud podniknutých kosmických misí. Nikdo před námi se nepokusil o nic podobného. Tato cesta bude unikátní svým vědeckým přínosem stejně jako náročností výzkumu a manévřů prováděných v meziplanetárním prostoru“. Je až udivující, jak platný se tento citát ukázal s více jak desetiletým odstupem. A to je potřeba si uvědomit, že vznikl v okamžiku, kdy se ještě celý tým Rosetta-Philae domníval, že jejich zařízení poletí k původně plánovanému cíli - ke kometě 46P/Wirtanen. Start stanovený na 12. ledna 2003 byl však odložen a nepodařilo se využít celé startovací okno trvající do konce ledna 2003, které umožňovalo navést sondu na vypočtenou dráhu ke kometě 46P. Důvodem zdržení a vlastně dočasného zastavení programu Rosetta byla havárie tehdy nového nosiče společnosti Ariespace, rakety Ariane 5 ESC-A, začátkem prosince 2002. Do doby vyšetření celé události byly pozastaveny všechny lety nosičů Ariane 5. Bylo tedy nutno odložit také netrpělivě očekávaný start mise Rosetta. Nakonec bylo v polovině ledna 2003 po dohodě mezi Ariespace a ESA rozhodnuto, že sonda nebude během tohoto startovacího okna vypuštěna vůbec, a to z bezpečnostních důvodů.

Promeškáním vhodného okamžiku ke startu všechny plány vzaly za své a celou misi bylo nutné během jednoho roku v podstatě naplánovat znovu. Především bylo potřeba vyhnout se velkému zpoždění celého projektu. Nová vhodná příležitost pro let ke kometě 46P/Wirtanen měla nastat až v roce 2024. To by ovšem znamenalo znehodnocení deset let budovaného zařízení.

Po zralé úvaze byly vybrány tři nejvhodnější scénáře dalšího postupu. Jeden počítal se startem sondy Rosetta v lednu roku 2004 k původnímu cíli - kometě

46P, ale po jiné naváděcí dráze. Další dvě alternativy zahrnovaly změnu cíle na kometu 67P/Churyumov-Gerasimenko a start buď v roce 2004 nebo 2005. Ve hře byla také možnost nahrazení nosiče Ariane 5 raketou Proton ruské výroby.

Nakonec byla v průběhu března 2003 dána přednost kometě 67P. To však znamenalo prakticky „zahození“ několika let pečlivého studia komety 46P/Wirtanen a překonfigurování sondy pro setkání s jiným, v danou chvíli prakticky neznámým, tělesem.

Všechny zainteresované strany čekalo několik měsíců podrobného dálkového studia komety 67P/Churyumov-Gerasimenko pomocí HST i pozemní techniky. Bylo třeba zpřesnit odhad velikosti jádra a analyzovat množství uvolňovaných prachových částic, zmapovat rozložení aktivních oblastí na povrchu tělesa atd. Všechny získané informace byly nezbytné především s ohledem na načasování studia povrchu komety pomocí speciálního přistávacího zařízení Philae. Mise Rosetta je složena ze dvou částí. Jednak je to orbitální sekce – $2,8 \times 2,1 \times 2,0$ m se dvěma 14 metrů dlouhými solárními panely (2 900 kg, 1 670 kg paliva, 165 kg vědecké přístroje), pro kterou změna cíle znamenala pouze malý rozdíl. Podstatnější problémy představovala pro přistávací modul Philae o hraně zhruba 1 m a hmotnosti asi 100 kg, který měl na povrchu komety vykonávat desítku experimentů se zaměřením na průzkum složení kometárního materiálu a jeho chování při ozáření Sluncem.

V původní konfiguraci existovala obava, že by mohl nastat problém s přistávacím manévrem na povrchu komety. Kometu 67P má větší průměr jádra než 46P. Má tedy vyšší hmotnost a tedy silnější gravitační pole. To znamená, že zařízení by dopadlo na povrch o něco rychleji a mohlo by dojít k poškození „podvozku“ či některého z citlivých přístrojů. Zásadní změny na konstrukci modulu však nebylo možné provést, na jejich testování nebyl čas. Nakonec byl částečně modifikován podvozek landeru. Přitom však bylo nutné se vyhnout sejmutí přistávacího zařízení či dokonce celého modulu ze sondy, která byla již připravena k instalaci do nosiče v kosmickém centru ve Francouzské Guayaně. Nakonec bylo zvoleno to nejjednodušší řešení. Na každou ze tří noh podvozkové části modulu byla namontována malá a lehká vzpěra sloužící jako regulátor náklonu. Omezením přípustného ohybu nohou podvozku na hodnotu $3 - 5^\circ$ bylo dosaženo zvýšení tlumícího efektu při rychlejším přistání a snížení pravděpodobnosti převržení. Mechanismus byl na modul namontován teprve 30. září 2003. Provedené testy ukázaly, že po vylepšení může modul přistát bez problémů rychlostí do $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na svahu o sklonu 10° a při rychlosti menší než $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na svahu o sklonu 30° . Zároveň byly provedeny četné numerické simulace, které testovaly možné problémy při přistání na různých typech povrchu, při různých náklonech

a pro různé rychlosti přistání. V plánovaném postupu přistání nedošlo k větším změnám. Prodlouženo bylo období snímání povrchu z paluby orbitální sekce a doporučen byl pečlivější výběr místa pro přistání.

Rosetta nakonec odstartovala z kosmodromu Kourou ve Francouzské Guayaně 2. března 2004. Přestože byly zvažovány i jiné alternativy, bylo nakonec rozhodnuto, že vypuštění proběhne pomocí původně plánovaného nosiče Ariane 5 staršího typu s označením G+. Sonda Rosetta (ještě spojená s posledním urychlovacím stupněm rakety Ariane) zůstala po startu asi dvě hodiny na parkovací dráze kolem Země, kde byla zkontrolována funkčnost jednotlivých systémů. Po průchodu přízemím byl zažehnut poslední urychlovací stupeň a sonda byla únikovou rychlostí 13,4 km.s⁻¹ navedena po hyperbolické dráze směrem k Marsu. Poté byl poslední stupeň rakety odhozen a krátce nato se rozvinuly solární panely.

Aby se Rosetta mohla setkat s jádrem komety 67P, potřebovala doletět až k oběžné dráze Jupiteru. Pro urychlení sondy bylo využito několika manévřů v gravitačním poli planet. Ty byly navíc zvoleny s ohledem na co nejmenší spotřebu paliva. Jednotlivé klíčové okamžiky mise Rosetta se podle letového plánu odehrály takto: start v březnu 2004, gravitační asistence Země 4. března 2005, 13. listopadu 2007 a 13. listopadu 2009, mezitím gravitační asistence Marsu 25. února 2007, průlet kolem planety Steins (vzdálenost 803 km) 5. září 2008 a Lutetia (vzdálenost 3 162 km) 10. července 2010. Následovala hibernace zařízení v období 8. června 2011 až 20. ledna 2014. Pak již přišly na řadu setkávácí manévry s jádrem komety 67P od května do srpna 2014. Ke kometě nakonec sonda doputovala 6. srpna 2014. Uvolnění landeru Philae a jeho přistání na povrchu se odehrálo 12. listopadu 2014. Sonda s kometou prolétne přísluním 13. srpna 2015 a konec celé mise je stanoven na 31. prosince 2015.

Sonda Rosetta byla plně reaktivována těsně před samotným přiblížením ke kometě 67P, ke kterému došlo v době, kdy jádro bylo ještě prakticky neaktivní. Nemělo tedy vytvořenu pozorovatelnou komu ani ohon. Přiblížení k jádru komety přineslo velké překvapení – tvar jádra je naprosto odlišný od očekávání podle modelů založených na fotometrických měřeních z roku 2004. Jádro je prakticky „kontaktní binární systém“, jedná se tedy o dvě pravděpodobně dost volně spojená tělesa v tomto případě poměrně rozdílných velikostí.

Po dobu necelých čtyř měsíců probíhalo podrobné mapování jádra, měření tvaru, velikosti (malá část má rozměry 2,5 km × 2,5 km × 2,0 km, velká část 4,1 km × 3,2 km × 1,3 km, objem je asi 25 km³), hmotnost (10¹³ kg, hustota 0,4 g/cm³) a morfologie povrchu pro výběr vhodného přistávacího místa landeru Philae. V tomto období byl rovněž zahájen důkladný průzkum procesů v okolí

jádra, ke kterým dochází během přibližování ke Slunci – od srpna do listopadu 2014 byl zaznamenán vznik jetů (počátek formování vnitřní komy) a postupné zvyšování produkce plynu a prachu. Takový výzkum ještě proveden nebyl. Aktivity komet byla dosud dlouhodobě sledována jen ze Země.

Ke splnění všech úkolů má Rosetta k dispozici 11 zařízení: ALICE (*Ultra-violet Imaging Spectrometer*), CONSERT (*Comet Nucleus Sounding*), COSIMA (*Cometary Secondary Ion Mass Analyser*), GIADA (*Grain Impact Analyser and Dust Accumulator*), MIDAS (*Micro-Imaging Analysis System*), MIRO (*Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter*), OSIRIS (*Rosetta Orbiter Imaging System*), ROSINA (*Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis*), RPC (*Rosetta Plasma Consortium*), RSI (*Radio Science Investigation*), VIRTIS (*Visible and Infrared Mapping Spectrometer*). Přístroje jsou schopné sledovat jádro i jeho okolí na vlnových délkách v širokém rozsahu od mikrovlnného až po ultrafialové záření. Jsou prováděna podrobná měření teploty, hustoty i chemického složení. Rosetta bude pořizovat snímky povrchu s vysokým rozlišením, studovat změny jeho struktury při uvolňování materiálu po osvětlení slunečním zářením či sledovat interakci jednotlivých složek atmosféry se slunečním větrem.

Modul Philae je k podrobnému průzkumu povrchu kometárního jádra vybaven následující sadou deseti přístrojů: APXS (*Alpha Proton X-ray Spectrometer*), ČIVA / ROLIS (*Rosetta Lander Imaging System*), CONSERT (*Comet Nucleus Sounding*), COSAC (*Cometary Sampling and Composition experiment*), MODULUS PTOLEMY (*Evolved Gas Analyser*), MUPUS (*Multi-Purpose Sensor for Surface and Subsurface Science*), ROMAP (*RoLand Magnetometer and Plasma Monitor*), SD2 (*Sample and Distribution Device*), SESAME (*Surface Electrical Sounding and Acoustic Monitoring Experiment*).

Původně předpokládaná doba činnosti modulu na povrchu byla minimálně jeden týden. Situace se však vyvinula zcela jinak. Původně zvolené místo přistání (J) představovalo relativně plochou část na menší části dvojitého jádra komety - oblast o ploše asi 1 km² byla pojmenována Agilkia. Přestože manévry i sestup z výšky asi 10 km proběhly podle plánu, nedošlo při prvním kontaktu s jádrem k odpálení záchytné harpuny a modul se odrazil zpět do výšky asi 450 m. Po dvouhodinovém letu opět sestoupil k jádru (poblíž lokality B), kde se pravděpodobně opět odrazil a po sedmi minutách přistál až na potřetí ve velmi členitém terénu a patrně pouze na dvou nohách. Přes tento krkolomný manévr všechny přístroje i solární panely po dosednutí fungovaly bezchybně. Oblast přistání (podle snímků patrně nějaká prohlubeň ve stínu většího povrchového útesu) byla v listopadu 2014 jen slabě osvětlována Sluncem. Modul tedy nebyl schopen dobíjet baterie (osvětlení Sluncem umožňující dobíjení trvalo pouze 90

minut) a po 67 hodinách činnosti na povrchu se uvedl do hibernace. Podle dosavadních zpráv se však v tomto krátkém čase podařilo provést většinu klíčových experimentů a měření, takže svou primární misi Philae v podstatě splnil. Je to mimořádný úspěch v kontextu evropské kosmonautiky srovnatelný snad jedině s průletem sondy Giotto kolem jádra Halleyovy komety v roce 1986! Nic však není zcela ztraceno, z poledních energetických zásob se modul na povrchu podařilo mírně pootočit a naklonit, což by mohlo znamenat, že při zvýšeném osvětlení dané lokality následkem změny orientace rotační osy komety vzhledem ke Slunci, by se jinak funkční modul opět mohl probrat k životu a ve své práci na povrchu pokračovat.

Orbitální sekce by se v prosinci 2014 měla opět zaparkovat na oběžné dráze kolem jádra s výškou kolem 20 km a bude pokračovat v dálkovém průzkumu změn na jádře v důsledku zvyšování kometární aktivity při přiblížení ke Slunci. Provede však také několik těsných průletů ve vzdálenosti asi 8 km od jádra.

Sonda Rosetta je pojmenována po Rosettské desce (Rosetta Stone), což je úlomek bazaltové desky popsaný dvěma typy egyptského hieroglyfického písma a řecky, který poskytl klíč k rozluštění hieroglyfů. Deska pochází z oblasti nilské delty a její vytvoření je datováno do roku 196 př. n. l. Na jejím základě hieroglyfy rozluštil Jean Francois Champollion v roce 1822. Modul Philae je pojmenován po ostrově na Nilu, na kterém byla deska objevena.



POKROKY VE STRATOSFÉRICKÝCH LETECH A PŘÍPRAVA PRVNÍ SLOVENSKÉ DRUŽICE

Jakub Kapuš, SOSA

Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity (SOSA) spolu so svojimi partnermi zrealizovala do dnešných dní už 14. letov na hranicu vesmíru – do stratosféry. Prvý let - JULO1 sa uskutočnil v roku 2010. Predchádzala mu približne dvojročná príprava a počas nej sa sformoval tím s veľkým potenciálom pre ďalšie kozmické aktivity a projekty. Pôvodným zámerom projektu bolo ukázať, že aj malá krajina, ako Slovensko môže pôsobiť na poli kozmických technológií a prispieť k diskusii o vstupe Slovenskej republiky do Európskej vesmírnej agentúry ESA.

Po vypustení prvej sondy nasledoval druhý štart - JULO2 v roku 2012. Jednalo sa o zdokonalenú verziu sondy, ktorej architektúra sa v mnohom podobá na satelit typu cubeSst. JULO2 absolvoval sedem úspešných letov s amatérskym vedeckým, či komerčným nákladom.



Obr. 1 - Zábery z palubnej kamery letu SDS04.

V tom istom roku na pôde Hvezdárne vo Valašskom Meziříčí vznikla idea série letov so študentskými, alebo vedeckými experimentami. Táto idea sa rozrástla do reality v podobe cezhraničného projektu s názvom Společně do stratosféry (SDS). Počas viac ako jedného roka trvania tohto veľmi úspešného a prínosného projektu štartovalo celkom 6 stratosférických sond JULO-X s takmer desiatkou experimentov. Samotné experimenty boli navrhované v rámci študentskej súťaže a najúspešnejšie z nich boli vybrané k letom na hranicu vesmíru. Súťaže sa zúčastnila široká paleta študentov zo stredných a vysokých škôl. Na palube boli vynesené technologické, fyzikálne ale aj biologické experimenty a spolupráca ktorá započala medzi partnermi projektu a študentami znamená veľmi sľubný základ pre budúce spoločné česko-slovenské kozmické aktivity. Tie aj v dnešných dňoch začínajú naberať reálne kontúry. V blízkej budúcnosti by malo vzniknúť spoločné pracovisko, tzv. „StratoLab“, ktoré sa bude sústreďovať na zdokonalenie stratosférickej sondy JULO, vývoj nových technológií a prípravu budúcich experimentov s potenciálom pôsobenia na európskej úrovni.

Prvá slovenská družica skCUBE

Ďalší náš projekt, prvá slovenská družica skCUBE je logickým vyústením našej snahy ísť ešte ďalej, ešte vyššie. Chceme tak poukázať na potenciál Slovenskej republiky účastať sa špičkového vesmírneho výskumu, schopnosť obstať vo svetovej konkurencii aj v tomto priemyselnom odvetví produkujúcom vysokú pridanú hodnotu.



Obr. 2 - predstava 1. slovenskej družice skCUBE na obežnej dráhe Zeme, snímka vznikla skombinovaním reálneho 3D modelu skCUBE z dielne našich technikov a pozadie bolo zachytené počas balónového letu do stratosféry ktorý uskutočnila SOSA, začiatkom roku 2013.

Chceme demonštrovať ukážkovú spoluprácu štátu, slovenských univerzít, vedeckých inštitúcií, nadšencov, slovenských firiem a samozrejme našich podporovateľov. Keď každý prispeje svojou troškou, družica skCUBE bude naozajstným národným technologickým projektom roka 2016.

Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity, chce zároveň aj takýmto spôsobom motivovať a povzbudzovať mladých ľudí na Slovensku, ale aj v zahraničí. Chceme, aby sa možno aj cez vesmír a vesmírne aktivity dostali k štúdiu technických smerov. Aby aj cez projekty akými sú stratosférické lety a 1. slovenská družica, zistili, že študovať techniku je dnes naozaj in.

skCUBE bude satelit typu cubesat, teda kocka o strane 10cm a hmotnosťou približne 1kg. Na svojej palube okrem štandardných modulov, ktoré budú zabezpečovať samotný beh sondy a komunikáciu s pozemnými stanicami poniesie senzory – magnetometre, akcelerometre, sunsensory, earthsensory, gyroskop, teda sensory ktoré budú slúžiť k tomu, aby bolo možné určiť rotáciu satelitu vo vesmírnom priestore. Zároveň aj magnetické cievky, aby bolo možné túto rotáciu/orientáciu meniť. V základnej výbave tejto sondy bude aj optická kamera a hlavný vedecký experiment z dielne Ústavu experimentálnej fyziky SAV. Jeho úlohou bude pozorovanie ultrafialového žiarenia na nočnej strane Zeme. Tím

skCUBE disponuje aj špeciálnym zariadením na simuláciu polohovania satelitu pomocou magnetického poľa na báze vzduchového ložiska, čo sa dá považovať medzi cubesat tímami za unikát. O projekte, jeho partneroch a technických detailoch je možné dozvedieť sa na stránke projektu www.druzica.sk.

Stratosférické balónové lety, ako aj projekt 1. slovenskej družice sú dôkazom toho že vesmír nie je od nás vzdialený na svetelné roky. Na jeho dobyvanie nepotrebujeme miliardové rozpočty, ale v prvom rade nápady, odvahu a cieľavedomosť ich realizovať.



A PŘECE SE TOČÍ – KOLA NA PLANETÁCH

Tomáš Příbyl, nezávislý publicista v oblasti kosmonautiky

Když se to hýbe, vědci se radují. Aneb mobilní průzkumná sonda má mnohem větší možnosti, než statický automat. Na druhé straně ovšem představuje výrazně větší výzvu, protože mechanické prvky se v kosmickém prostředí chovají hodně nepochybně. Odměnou ovšem bývá nesmírně bohatá sklizeň objevů.

Lunochody kosmonauty nesvezly

Sovětský program lunárních vozidel Lunochod byl prezentovaný jako levnější a jednodušší varianta nákladného pilotovaného programu Apollo. Když si nyní odmyslíme fakt, že SSSR investoval do bezpilotního průzkumu Měsíce zhruba pěti desítkami rozličných automatů skoro dvojnásobek částky, co USA do Apolla, tak i tvrzení o alternativně pilotovaného programu kulhá. Lunochod byl totiž původně vyvíjený pro kosmonauty. Celkem byla vypuštěna tři dálkově řízená vozidla, ale jen dvě dosáhla Měsíce: Luna 17/Lunochod v listopadu 1970 a Luna 21/Lunochod 2 v lednu 1973. Třetí (reálně ovšem první) byl zničený při selhání rakety Proton v únoru 1969.

Závodníci na Měsíci

Poslední červencový den roku 1967 začala v Santa Cruz (Kalifornie) konference lunárních vědců, jejímž hlavním cílem bylo „hledání konsenzu ohledně budoucího pilotovaného i robotického průzkumu Měsíce“. Po dvoutýdenním



Obr. 1 - Jeden z prvních návrhů lunárního vozidla pro americké astronauty.

těžilo klasické čtyřkolové vozidlo LRV (Lunar Roving Vehicle), s nímž kosmonauti při výpravách Apollo 15 (červenec/srpen 1971), 16 (duben 1972) a 17 (prosinec 1972) najezdili na lunárním povrchu 90,2 km.

jednání vznikla zpráva čítající 398 stran, v níž mj. stálo „nejdůležitějším doporučením, na kterém se účastníci konference shodli, je zajištění mobility na lunárním povrchu. ... Při prvních misích Apollo se předpokládá, že operační rádius astronautů bude zhruba 500 metrů. Je důležité, aby se tento rádius co nejrychleji rozšířil na více než 10 kilometrů“. Rozpracováno bylo několik návrhů prostředků pro pohyb kosmonautů, přičemž preferovány byly různé létající plošiny. Nakonec ale zví-

Po Marsu na lyžinách

Pokud nepočítáme Měsíc, tak prvním průzkumníkem, který zamířil na jiné kosmické těleso, se stal sovětský mobilní robot na výpravách Mars 2 a 3. Nešlo o vozidla v pravém slova smyslu: po povrchu Rudé planety se měla pohybovat po speciálních lyžinách, a to až do vzdálenosti patnácti metrů od místa přistání. S mateřskou sondou by přitom byla spojena kabelem. Úkolem robotů bylo (pasivně) získat informace o fyzikálních vlastnostech povrchu Marsu; pohybovat se mohli pouze vpřed a vzad. Vzhledem k nezdaru mateřských sond během přistání ovšem nikdy nedostali šanci své kvality předvést – a na dalších výpravách už chyběli.

Třetí a čtvrtý Viking

V sedmdesátých letech minulého století vyslala NASA na povrch Marsu dvojici veleúspěšných sond Viking. Jejich výhod (citlivé přístroje, jaderný generátor coby zdroj energie po několik let apod.) ale nešlo plně využít, protože sondy byly statické. Prostě kam je náhoda při přistání zanesla, tam už zůstaly stát. Proto NASA začala uvažovat o letu dvojice sond Viking 3 a 4, které by byly identickými stanicemi prvních dvou – ale zároveň by byly vybavené mobilním podvozkem. Rozpočtové problémy nejprve vedly k redukci mise na jedinou sondu – a i tato byla následně zrušena...

S větrníky na Venuši

Pokud měl v některé oblasti meziplanetárních letů Sovětský svaz nemalé úspěchy, pak to byl průzkum Venuše. Výkony jeho přistávacích modulů jsou dodnes nepřekonané. Sověti přitom chtěli více, a tak počátkem osmdesátých let začali rozpracovávat technické řešení pro dvojici nových sond. Jedna z nich měla být stanice pro dlouhodobý (až třicetidenní! – pro srovnání: rekordní výdrž měla Veněra 12, kterou místní podmínky zničily po 110 minutách) průzkum, druhou představovalo mobilní povrchové vozidlo. „Veněrochod“ se měl pohybovat s pomocí dvojice „větrníků“: v atmosféře stokrát hustší, než je pozemská měly vozidlo bez potíží „tlačit“. Bylo dokonce možné, že by se za příznivého větru robot pohyboval jen jeho silou. V letech 1983 až 86 dokonce došlo k testování prototypu. Protože ale přednost dostaly sondy VEGA, běžel projekt jen na půl plynu a nakonec nebyl schválen k realizaci.

Marsochod se cesty nedočkal

V osmdesátých letech minulého století měl dnes již neexistující Sovětský svaz ambiciózní plány průzkumu Marsu: vždy dvojice velkých sond měly startovat v letech 1988, 92, 94 a 99. Na rok 1994 bylo např. plánováno vysazení dvojice 150kilogramových vozidel Marsochod. Nicméně díky rozpadu Sovětského svazu zůstalo jen u plánů a pozemních zkoušek prototypu – byť se objevily pokusy misi vzkřísit ve spolupráci s NASA.

Nezmar jménem Sojourner

V prosinci 1996 startovala a v červenci roku následujícího na Rudé planetě přistála sonda Mars Pathfinder (původně šlo o prototyp sondy zvažované pro vybudování sítě MESUR složené z malých modulů na povrchu planety, ale tyto plány se nakonec nestaly realitou). Součástí její mise bylo i šestikolové vozidlo Rocky IV (později překřtěné na Sojourner, což byla kdysi přezdívka bojovnice za práva černochů Isabelly van Wagnerové). Už dva dny po přistání na Marsu sjel robot Sojourner z rampy. Jeho životnost byla plánovaná na sedm dní, ale vše nasvědčuje tomu, že nakonec fungoval déle než mateřská sonda (s navrhovanou životností třicet dní; spojení však bylo udržováno skoro tři měsíce).

Nekonečný příběh na Marsu

Původně to byla znouzectnost, která se proměnila v jeden z největších úspěchů planetárního průzkumu. Po zkáze sond Mars Climate Orbiter a Mars Polar

Lander si NASA nemohla dovolit další neúspěch – a zároveň si potřebovala spravit reputaci. Připravila proto dvojici průzkumných robotů MER (Mars Exploration Rover), která využila jednoduchého a u mise Pathfinder osvědčeného způsobu přistání. Stroje Spirit a Opportunity nakonec překonaly všechna očekávání. NASA doufala, že alespoň jeden zvládne přistání a během tříměsíční mise urazí 300 metrů. Bezpečně přistály oba. Spirit fungoval až do března 2010 (během 2208 solů urazil 7730,5 m). Opportunity pracuje od ledna 2004 dodnes (v polovině listopadu měl najeto 40,25 km).

Průzkumník pro Měsíc i asteroidy

Velmi detailně rozpracovala NASA koncept mobilního robota LER (Lunar Electric Rover) v rámci dnes už zrušeného programu Constellation. Práce na něm začaly krátce po vyhlášení nové Vize americké kosmonautiky tehdejším prezidentem George Bushem Jr. v lednu 2004. O tři roky později byl představený funkční prototyp podvozku s šesti koly (či vlastně s šesti páry kol, neb kola jsou nesena po dvojicích). Prototyp kabiny pro LER spatřil světlo světa v roce 2008 a známým se stal mj. proto, že se objevil na slavnostní inauguraci prezidenta Obamy v lednu roku následujícího. Z LER se postupně vyvinul koncept plavidla SEV (Space Exploration Vehicle), které by mělo mít možnost zkoumat i asteroidy.

Superlaboratoř jménem Curiosity

Velký je jako Volkswagen Brouk, ale stojí více, než polovina letadlové lodi třídy Nimitz. Řeč je o robotickém průzkumníkovi Curiosity, který je jedním z nejúžasnějších strojů, jaký kdy lidstvo poslalo do vesmíru. Váží 899 kg, z toho na deset přístrojů připadne 65 kg. Curiosity se od přistání 6. srpna 2012 zaměřuje na čtyři cíle: napovědět, zdali někdy na Marsu vznikl život, charakterizovat podnebí planety, doplnit naše vědomosti o její geologii a v neposlední řadě provést základní průzkum před pilotovanou misí (která je samozřejmě v nejlepším případě desítky let vzdálená, ale prostě tento úkol vypadá mezi prioritami mise sympaticky).

Čínský Měsíc a Mars

V prosinci 2013 úspěšně vysadila Čína v rámci mise Chang'e 3 na Měsíc modul, z něhož sjel mobilní robot Yutu. Druhý místní den se na něm vyskytla „mechanická závada“, která znemožnila jeho další pohyb a většinu vědec-



Obr. 2 - V listopadu 2014 představila Čína svůj prototyp mobilního robotického průzkumníka pro Mars.

kých pozorování: přesto je funkční dodnes (tedy jeden rok – plánovaly se tři měsíce). V listopadu 2014 pak byla v ČLR představena verze Yutu, která by se někdy kolem roku 2020 mohla vydat na Mars.

Indické lunární vábení

V roce 2017 má nová indická raketa GSLV Mk.III vynést do vesmíru sondu Chandrayaan 2, která zamíří k Měsíci („jednička“ jej zkoumala od října 2008 do dubna 2009). Ta se

bude skládat z několika komponent: kromě orbitálního modulu také z výsadkové sekce, která dopraví na povrch Měsíce šestikolové vozidlo. To má mít hmotnost 20 kg, přičemž se bude po povrchu pohybovat zhruba jeden místní den (tedy asi čtrnáct dní pozemských). Původní plány počítaly s tím, že vozidlo spatří světlo světa v Rusku, ale to v květnu 2010 od projektu odstoupilo a ten nyní probíhá čistě v indické režii.

Na Mars s vrtnou soupravou

NASA a ESA počítaly se sérií tří výprav na Mars v letech 2016, 18 a 20. NASA ovšem z programu pro nedostatek financí odstoupila. Evropa ale pro první dvě mise získala jako nového partnera Rusko. Byť bylo nutné výrazně změnit scénář projektu, protože Moskva je schopná dodat jiné technologie a zázemí, než USA. Druhá výprava v rámci programu ExoMars má začít startem v květnu 2018. Cílem mise je na povrch planety dopravit 200 kg těžké šestikolové průzkumné vozidlo, které má pátrat po stopách minulého či současného života. Ve své výbavě ponese mj. vrtnou soupravu schopnou odebrat vzorky až z dvoumetrové hloubky, a to na různých místech. Pro ambiciózní misi dodá Rusko nosnou raketu Proton, přistávací plošinu a část přístrojového vybavení.

Kapka vody z Měsíce

Na rok 2018 chystá NASA misi RPM (Resource Prospector Mission), jejíž hlavní částí bude přístroj RESOLVE (Regolith and Environment Science and Oxygen & Lunar Volatile Extraction) pro získávání kyslíku z místních zdrojů.

Po přistání na Měsíci sjede robotické vozidlo z plošiny a urazí maximálně jeden kilometr: cestou bude pátrat po stopách podpovrchové vody. Na nevhodnějším místě odebere vzorek horniny a následně provede jeho analýzu plus se pokusí vodu získat. Manažeři projektu mají přitom jasnou představu o cíli: jedna jediná kapka by měla ohromný význam, protože z ní by pak šel získat kyslík.

Mars Rover 2020

V prosinci 2012 NASA oznámila, že plánuje využít technologii vyvinutou pro misi Curiosity k vyslání dalšího robota na Mars v roce 2020. Svým způsobem jde o návrat ke kořenům, protože už při vývoji Curiosity se počítalo s tím, že základní platforma (jak vozidla, tak přistávací plošiny) bude využita pro následující mise: jen tak se daly ospravedlnit vysoké náklady ve výši 2,47 mld. USD. Neradostný stav financí NASA v oblasti planetárních letů ale udělal tomuto záměru přítrž. Naštěstí jen dočasně, takže se v roce 2020 můžeme těšit na další mobilní přistávací výpravu. Protože NASA využije již odzkoušené, náklady na ni by měly činit 1,5 mld. dolarů (plus mínus 200 miliónů).



Národní kontakty



Česká republika

Hvězdárna Valašské Meziříčí, příspěvková organizace

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

Telefon: + 420 571 611 928 E-mail: libor.lenza@astrovm.cz

Web: www.astrovm.cz/cz/program/projekty



Slovenská republika

Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity

Tupolevova 5, 851 01 Bratislava

Telefon: +421 903 329 139 E-mail: jakub.kapus@kozmonautika.sk

Web: <http://www.sosa.sk>

© listopad 2014 Hvězdárna Valašské Meziříčí, příspěvková organizace

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí IČ: 000 98 639

Telefon: + 420 571 611 928

Web: www.astrovm.cz

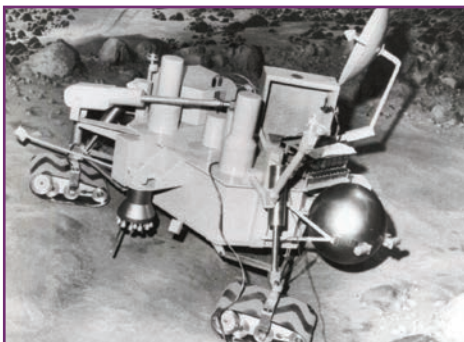
Připravili: Libor Lenža, Jakub Kapuš, Naděžda Lenžová

Sazba: Naděžda Lenžová

Informační a propagační materiál byl vydán v rámci projektu *Společné vzdělávání pro společnou budoucnost* CZ/FMP/16.0373 podpořeného Evropskou unií. Fond mikroprojektů.



Prototyp Veněrochodu v rámci pozemních zkoušek v roce 1984. (K příspěvku A přece se točí - kola na planetách).



Se sondou Viking v mobilní verzi se velmi vážně počítalo: na snímku její prototyp. (K příspěvku A přece se točí - kola na planetách).

PROGRAM SEMINÁŘE

- STAV A VÝHLEDY ČESKÉ KOSMONAUTIKY – Jan Kolář, Česká kosmická kancelář
- JAK SE MOHOU ČESKÁ PRACOVISTĚ ZAPOJIT DO AKTIVIT EVROPSKÉ KOSMICKÉ AGENTURY – Michal Václavík, Česká kosmická kancelář
- MEZINÁRODNÍ KOSMICKÁ STA(VEB)NICE – KDE SE VZALA – Tomáš Příbyl, nezávislý publicista v oblasti kosmonautiky
- ANGARA – VČERA, DNES A ZÍTRA – Jan Kusák, odborník na raketovou techniku, vysokoškolský pedagog
- TECHNOLOGICKÉ LETY STRATOSFÉRICKÝCH BALÓNŮ PRO OVĚŘENÍ POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ V SENZORICE A ASTROBIOLOGII – René Kizek, Laboratoř metalomiky a nanotechnologií Mendelovy univerzity, Brno
- RAKETA FALCON – DOSAVADNÍ VÝSLEDKY A NOVINKY VE VÝVOJI – Jan Kusák, odborník na raketovou techniku, vysokoškolský pedagog
- KALENDÁŘ PILOTOVANÉ KOSMONAUTIKY 2013-2014 – Milan Halousek, Česká kosmická kancelář
- SUBJEKT X ANEB POKUSY NA LÍDECH V KOSMONAUTICE – Pavel Boháček, nezávislý popularizátor v oblasti kosmonautiky a kosmické medicíny
- ZHODNOCENÍ TECHNICKÝCH DAT ZE STRATOSFÉRICKÉHO LETU QDNA STRATOS – Jan Zítka, Laboratoř metalomiky a nanotechnologií Mendelovy univerzity, Brno
- ZHODNOCENÍ ASTROBIOLOGICKÉHO EXPERIMENTU NA PLATFORMĚ QDNA STRATOS – Kristýna Číhalová, Laboratoř metalomiky a nanotechnologií Mendelovy univerzity, Brno
- ZHODNOCENÍ FLUORESCENČNÍCH EXPERIMENTŮ ZE STRATOSFÉRICKÉHO LETU QDNA STRATOS – Lukáš Nejdrl, Laboratoř metalomiky a nanotechnologií Mendelovy univerzity, Brno
- AKTUÁLNĚ O MISI ROSSETTA – Jiří Srba, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.
- POKROKY VE STRATOSFÉRICKÝCH LETECH A PŘÍPRAVA PRVNÍ SLOVENSKÉ DRUŽICE – Jakub Kapuš, SOSA
- LETY STRATOSFÉRICKÝCH BALÓNŮ SE STUDENTSKÝMI EXPERIMENTY – VYHODNOCENÍ PROJEKTU SDS – Libor Lenža, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.
- A PŘECE SE TOČÍ – KOLA NA PLANETÁCH – Tomáš Příbyl, nezávislý publicista v oblasti kosmonautiky



Tepelný snímek amerického vojenského miniraketoplánu Boeing X-37B krátce po přistání z 674 dnů trvající vesmírné mise (17. 10. 2014). (K příspěvku Kalendář pilotované kosmonautiky 2013-2014).



Podoba stanice (ISS) s „dvojítm kýlem“ (1986): všimněte si hangáru v pravém horním rohu, kde měli astronauti provádět údržbu a opravy družic. (K příspěvku Mezinárodní kosmická sta(veb)nice - kde se vzala).

Na první straně obálky: V historickém pořadí již 370. výstup do volného vesmíru v podání ruských kosmonautů Aleksandra Skvorcova a Olega Artěmjeva (19. 6. 2014). (K příspěvku Kalendář pilotované kosmonautiky 2013-2014).

Partneři semináře:

