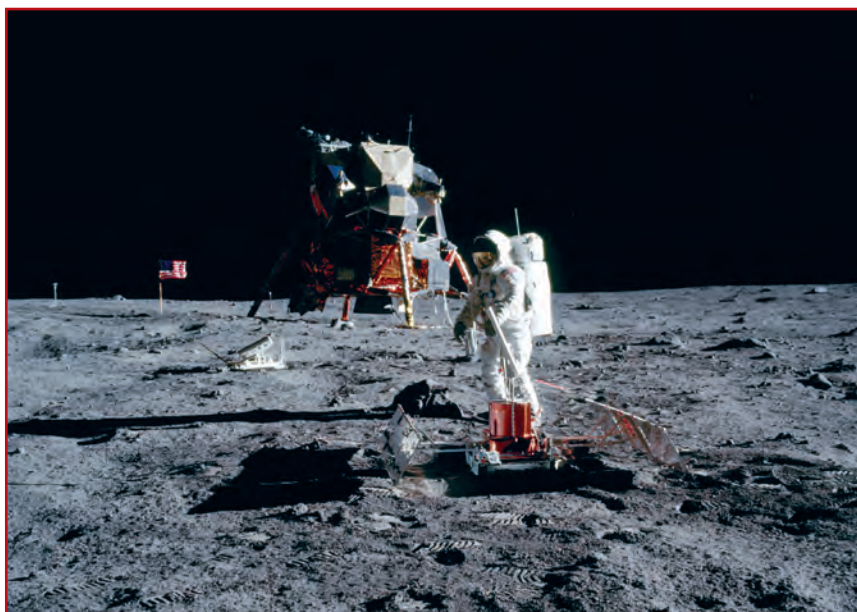


Sborník přednášek ze semináře

KOSMICKÉ TECHNOLOGIE A KOSMICKÝ VÝZKUM 2019

ČÁST 1.

22. – 24. listopadu 2019, Hvězdárna Valašské Meziříčí





Astronautky NASA Christina Koch a Jessica Meir se chystají k historicky prvnímu čistě ženskému výstupu do volného kosmického prostoru. Zdroj: NASA
K příspěvku *Přehled událostí v pilotované kosmonautice, 2018–2019.*



Odlet japonské nákladní lodi HTV-8 od ISS. Zdroj: NASA.
K příspěvku *Přehled událostí v pilotované kosmonautice, 2018–2019.*

Garderoba pro Měsíc

Ondra Šamárek, Kosmonautix.cz

První přistání člověka na Měsíci, které proběhlo v jedné z červencových nocí roku 1969, lze právem považovat za jeden z nejdůležitějších okamžiků v celé historii lidského rodu – vždyť onoho dne člověk začal zkoumat jiné světy osobně. Ovšem pokud by astronauti nevystoupili na měsíční povrch, postrádala by jejich výprava smysl. A pro tuto příležitost bylo třeba vyvinout a zhotovit oblek, který měl astronauty nejen ochránit před nehostinnými podmínkami, které na Měsíci panují, ale také jim umožnit provádět smysluplnou práci. Skafrandr, který měli Armstrong a Aldrin oblečen, však neměl sloužit pouze pro jejich procházku po Měsíci. Měl zajistit přežití také v interiéru kosmické lodi v případě, že by byla během dynamických operací porušena její hermetičnost a v neposlední řadě s ním měli být astronauti schopni přejít z lunárního modulu do mateřské lodi volným vesmírem. To vše při zachování co nejnižšího možného objemu a hmotnosti a naopak co nejvyšší úrovně spolehlivosti.

V roce 1962, tedy v době, kdy byl zahájen vývoj skafrandru, který se posléze stal ikonou a symbolem celé jedné éry kosmonautiky, měla Amerika s konstrukcí a užíváním přetlakových obleků nemalé zkušenosti. Kořeny vývoje těchto systémů bychom mohli vystopovat až do období po ukončení 1. světové války, nicméně klíčovým časovým úsekem se pro USA stala v tomto ohledu třicátá léta dvacátého století, kdy se na scéně objevuje známý letec Wiley Post. V touze po rychlostních rekordech na dlouhých tratích se Post rozhodl využít rychlého proudění ve velkých výškách. K tomu, aby těchto výšek dosáhnul, však potřeboval systém, který by mu zajistil přežití v prostředí chudém na kyslík a s velmi nízkým tlakem.



Obrázek 1 - Wiley Post
ve svém obleku

Post se proto v roce 1934 obrátil na firmu B. F. Goodrich Company a začal spolupracovat s velmi nadaným inženýrem Russellem S. Colleyem. Colley se ukázal být tím pravým pro daný úkol a po několika neúspěších se mu podařilo vyprodukovat oblek, který bylo možné prakticky použít. Zásadní inovací oproti původnímu modelu bylo použití tzv. pomerančových segmentů na kloubech obleku, spolu s Postem pak poprvé využili například „převlečník“, který byl navlečen na samotný přetlakový oblek a měl bránit „balooningu“ – deformaci tlakového obleku při plném natlakování. V září 1934 provedl Post let nad Chicagem, během něhož dosáhl výšky 12 kilometrů a posléze dokonce 15 kilometrů. Bohužel, zamýšleného leteckého závodu z Anglie do Austrálie, kvůli kterému se

do výroby přetlakového obleku pustil, se Post vinou poškozeného kompresoru ve svém letounu nemohl zúčastnit a o rok později zahynul při leteckém neštěstí na Aljašce. Nicméně právě Post a firma B. F. Goodrich se stali průkopníky ve vývoji a využití přetlakových obleků, z nichž se časem vyvinuly skafandry pro kosmonautiku.

První krůčky Spojených států ve vesmíru byly poměrně skromné, ovšem projev prezidenta Kennedyho v květnu 1961, kde prezident jako jasný a konkrétní cíl určil dopravu člověka na Měsíc a zpět do konce dekády, roztočilo veškeré dění v rámci NASA, ale i u nespočtu firem a firmiček, které sloužily coby subdodavatelé, do násobně vyšších otáček. Člověk se chystal na Měsíc a krom mamutí nosné rakety, nové a sofistikované kosmické lodi a, jak se záhy ukázalo, také lunárního modulu, bude třeba vyvinout skafandry, které astronauty ochrání během rizikových pasáží letu. A nejen to. Skafandry budou muset také zabezpečit vycházku člověka po lunárním povrchu, přičemž musí být zajištěna mobilita, chlazení, dodávka kyslíku a také ochrana před vnějšími vlivy.

V případě rakety, lodi a modulu NASA fungovala jako integrátor. Zakázky pro jednotlivé systémy a celky byly zadány soukromým firmám, ovšem agentura byla tím, kdo dohlížel na dodržení specifikací, termínů a také tím, kdo byl zodpovědný za to, že na konci vývojového a výrobního procesu budou všechny systémy tvořit funkční celek. U skafandrů tomu bylo jinak. NASA si byla vědoma toho, že se bude jednat o velmi náročný vývoj a při současném vytížení nebude mít agentura kapacity na detailní dohled nad projektem. Proto měly být otěže nad vývojem skafandru a souvisejícího mobilního systému zajištění životních podmínek předány jednomu z vítězů výběrového řízení.

30. březen 1962 byl termínem, do kterého měly firmy nebo konsorcia dodat své návrhy ohledně samotného obleku i ohledně „batohu“ se systémem zajištění životních podmínek. Do daného termínu dorazilo osm přihlášek s nabídkami. V dubnu NASA zúžila okruh uchazečů na dva: konsorcium David Clark Company a Hamilton Standard a konsorcium International Latex Corporation, Republic Aviation a Westinghouse Corporation. Problém však byl v tom, že u každého ze dvou finalistů se NASA líbilo jen něco. Na jedné straně velmi dobře vypadal návrh „batohu“ firmy Hamilton Standard a současně výběrovou komisi zaujal skafandr firmy International Latex Corporation. Řešení bylo šalamounské – 29. dubna NASA oficiálně oznámila, že vybrala ILC coby dodavatele obleku a Hamilton jako dodavatele „batohu“ a současně integrátora projektu.

Partnerství ILC a Hamiltonu se ukázalo být velmi problematickým. Už jen úvodní jednání ohledně základních parametrů spolupráce, které nemělo podle předchozích zkušeností Hamiltonu zabrat více než několik dní, se protáhlo na čtyři měsíce! Rozdílné zkušenosti a rozdílné filosofie stály za výraznými třeněními, které mezi oběma subjekty panovaly. Situace, kterou svým postavením zaplatilo několik manažerů, byla dále komplikována postupným zvyšováním ná-

roků zejména na systém zajištění životních podmínek. K prvnímu zvýšení došlo ještě v průběhu výběrového řízení, další pak následovala a znamenala celkové navýšení efektivity systému o téměř 200 %. Hamilton se s těmito extrémními nároky dokázal relativně se ctí vypořádat, klíčovým faktorem bylo použití obleku s vodním chlazením. Výsledkem snah se stal „batoch“ nazývaný PLSS (*Portable Life Support System*, u pozdější verze skafandru pak *Primary Life Support System*), přičemž astronauti batohu zkráceně přezdívali „pliss“.

Ve své první ostře nasazené verzi v roce 1969 batoh ukrýval několik komponentů. Chladicí systém obsahoval 3,9 litru vody pro chlazení, přičemž pro regulaci teploty sloužil sublimátor. Pro zajištění dýchatelné atmosféry ve skafandru byl použit regenerativní systém, kdy kazety s hydroxidem lithným pohlcovaly CO_2 vydechovaný astronauty a odfiltrovaný kyslík byl poslán zpět do ventilačního okruhu. K doplnění ztrát sloužila nádržka s 0,6 kg kyslíku. O chod batohu PLSS se starala baterie s kapacitou 279 Wh. Pro případ selhání ventilace nebo porušení celistvosti skafandru sloužil systém OPS (*Oxygen Purge System* – Systém promývání kyslíkem). Systém zahrnoval dvě nádržky, ve kterých bylo celkem zhruba 2,5 kg kyslíku, který stačil na udržování přetlaku ve skafandru a chlazení po dobu zhruba na 30 minut, pokud by byl využíván pouze pro zajištění dýchatelné atmosféry v obleku, tento čas narostl na více než 75 minut. Systém OPS, který měl vnější vzhled obdélníkové krabice, se připojoval na vršek batohu PLSS.



Obrázek 2 (vlevo) - Vítězný design ILC z roku 1962

Obrázek 3 (vpravo) - První ověřovací prototyp vodního chladicího obleku

Zatímco Hamilton Standard se mohl svými batohy PLSS chlubit, produkty ILC nenaplňovaly odpovědné pracovníky Hamiltonu ani NASA přílišnou radostí. Pro ILC byla zakázka na skafandry pro Apollo novou zkušeností, nikdy předtím se firma na tak rozsáhlém projektu nepodílela. A aby toho nebylo málo, bylo potřeba dodat také prozatímní skafandry pro výcvik astronautů. Nejjednodušší bylo sáhnout po skafandru AX1L, se kterým se ILC zúčastnila tendru. Z těchto skafandrů, které dostaly od NASA označení SPD-143, vycházely postupně iterace cílené k finálnímu produktu. ILC postupně vyvinulo verze AX1H, AX2H, AX3H a AX4H. Jenže ani jedna z těchto iterací v různých verzích nesplňovala požadavky na mobilitu a na prostor. Ani samotným astronautům se vývojové kousky nelíbily a astronaut Gordon Cooper na margo jednoho z prototypů veřejně prohlásil, že s tímto skafandrem by na Měsíc rozhodně neletěl.

V říjnu 1964 uběhly již dva roky od začátku prací na skafandru a ILC ani s výrazně překročeným rozpočtem zatím nebyla schopna dodat exemplář splňující požadavky NASA. Bylo jasné, že tato situace nemůže pokračovat do nekonečna a agentura proto vyhlásila velké změny v programu vývoje obleků. Program byl rozdělen na tři fáze, které odpovídaly dělení samotného programu Apollo. Block I, u něhož se nepočítalo s EVA, měl využít lehce upravené skafandry programu Gemini G4C firmy David Clark (pro Apollo dostaly tyto skafandry označení A1C). Pro Block II, v jehož rámci měla být provedena první lunární přistání, bude vyhlášen nový tendr. Block III, tedy pokračující třetí generace Apolla, měl dostat vlastní typ skafandru, jehož dodavatel měl být vybrán v dalším separátním tendru (z tendru, stejně jako z celého Blocku III, nakonec sešlo).

Na přelomu jara a léta 1965 NASA skutečně vyhlásila nové výběrové řízení na dodavatele skafandrů pro Apollo Block II (systém zajištění životních podmínek v gesci Hamilton Standard přinášel uspokojivé výsledky, proto nebyl důvod dodavatele měnit). Výběrového řízení, které začalo 15. června, se se svými exempláři zúčastnily firmy David Clark a Hamilton Standard ve spolupráci s B. F. Goodrich (během let 1962-1965 své verze skafandrů vyvíjelo ze své vlastní iniciativy i několik dalších firem). S dvoutýdenním zpožděním do soutěže vstoupila také ILC se svým skafandrem označeným jako AX5L. K překvapení konkurentů se ukázalo, že AX5L poskytuje nejlepší úroveň mobility, nejlépe zachovává tvar při natlakování, trpí nejnižším objemem úniků a vyžaduje nejnižší námahu při chůzi. Na přelomu srpna a září 1965 byl vyhlášen vítěz tendru – skafandr pro lunární mise vyvine firma International Latex Corporation!

27. leden 1967 znamenal dalekosáhlé změny v celém programu Apollo. Během bleskového požáru v kabině zahynula posádka první pilotované mise a celá mašinerie se náhle zastavila. Během nucené přestávky padlo rozhodnutí, že mise Block I budou zrušeny a budou prováděny rovnou mise Block II. Pro ILC to znamenalo upravit skafandry tak, aby byly více odolné vůči ohni a nucené přestávky firma využila k dalším změnám, které nakonec vyústily v oblek s ozna-

čením A7L. Právě tyto skafandry byly používány během misí Apollo VII až Apollo XIV a v červenci 1969 umožnily člověku poprvé zkoumat jiné nebeské těleso *in situ*.

Skafandr pro velitele a pilota lunárního modulu tvořily čtyři vrstvy, z nichž nej důležitější byla vrstva pogumovaného nylonu, která se starala o hermetičnost. Na oblek samotný pak přisedal „převlečník“ ITMG (*Integrated Thermal Micrometeoroid Garment* – integrovaný termální a mikrometeoroidní oblek). Ten tvořilo šestnáct vrstev, jež zajišťovaly ochranu před úderem mikrometeoroidů a udržovaly termální podmínky pro přetlakový oblek. ITMG bylo možné sejmut, nicméně pouze pro údržbu a případné opravy na Zemi. Pilot velitelského modulu, u něhož se nepočítalo s EVA, měl zjednodušený ITMG, který měl pouze jednu vrstvu. Zabíral tak méně místa a byl lehčí.



Obrázek 4 (vlevo) - Nejslavnější fotografie skafandru A7L



Obrázek 5 (vpravo) - Vylepšením původního skafandru vznikl A7LB

Ke skafandru samozřejmě patřila také „bublinová“ helma z polykarbonátu. Během výstupů mimo loď či lunární modul ji chránil návlek LEVA (*Lunar Extra-Vehicular Visor Assembly* – sestava hledí pro lunární vycházku) z polykarbonátu a tkaniny beta se světelnými filtry. Rukavice byly zhotovovány podle odlišk rukou astronautů z gumy, nylonu a neoprenu. Pro výstup byly připraveny upravené z odolnějších kusů, obsahující mimo jiné i chromel-L pro případ kontaktu s extrémně horkými nebo studenými předměty. Konečky prstů z latexové gumy zajišťovaly potřebnou taktilní odezvu. Tyto rukavice byly opět zhotovené přesně na míru. Na nohy si astronauti během vycházek navlékali „galoše“ z vrstev tkaniny beta, mylaru a kaptonu, chromelu-L a podrážek ze silikonu.

Pro mise Apollo XV a další bylo třeba skafandr upravit tak, aby byl umožněn delší pobyt na měsíčním povrchu a také zlepšena mobilita v pase – tyto mise si s sebou měly vézt lunární „buginu“ LRV a sedět na jejích sedátkách ve stávajícím skafandru A7L bylo nemyslitelné. Vznikla tak verze A7LB, u níž byla navýšena kapacita systému zajištění životních podmínek, změněn způsob vstupování do skafandru, zlepšena mobilita v oblasti pasu a došlo také k úpravám krytu helmy a rukavic. Skafandry A7LB se následně uplatnily i v programu Skylab, zatímco upravené A7L si svou derniéru odbyly v rámci letu Sojuz-Apollo.

Skafandry řady A7L se staly ikonou 20. století a testamentem vynalézavosti a houževnatosti lidí, kteří se na jeho výrobě podíleli. I při dnešním pohledu se jedná o fantastické kusy jedinečné technologie, které předběhly svou dobu...

Vybrané základní charakteristiky skafandrů programu Apollo			
	A7L	A7L IVA verze	A7LB
Využití	CDR a LMP Apollo VII-XIV, CMP Apollo XV-XVII	CMP Apollo VII-XIV	CDR a LMP Apollo XV-XVII
Výrobce skafandru	International Latex Corporation	International Latex Corporation	International Latex Corporation
Výrobce systému zajištění životních podmínek	Hamilton Standard	Hamilton Standard	Hamilton Standard
Počet vrstev (bez započtení chladicího obleku LCG)	20	5	20
Hmotnost skafandru	29 kg	24 kg	29 kg
Operační tlak ve skafandru	25.5 kPa	25.5 kPa	25.5 kPa
Hmotnost batohu PLSS	56,7 kg	-	60,8 kg
Délka pobytu ve vakuu (certifikovaná)	6 hodin	-	7 hodin
Zásoba kyslíku	0,6 kg	-	0,6 kg
Kapacita baterie	279 Wh	-	390 Wh
Objem chladicí vody	3,9 litru	-	5,2 litru
Nouzová zásoba kyslíku	30 minut (75+ minut bez chladicí funkce)	-	30 minut (75+ minut bez chladicí funkce)
LM-13	-	-	-
LM-14	-	-	-
LM-15	-	-	-

Astronauti a posádky pro Apollo: Dvanáct statečných a ti ostatní

*Tomáš Příbyl, kurátor letectví a kosmonautiky Technického muzea v Brně
Kontakt: tomas.pribyl@seznam.cz*

Málokterý člověk měl takový vliv na podobu pilotovaných kosmických misí v šedesátých letech jako právě on. Přesto ho to příliš netěšilo: byl vybrán k cestám do vesmíru, ale ze zdravotních důvodů se jich nemohl účastnit. Donald „Deke“ Slayton.

Protože byl ze zdravotních důvodů vyřazený nejprve z letu Mercury Delta 7 (měl se po Johnu Glennovi stát druhým Američanem na oběžné dráze) a vzápětí i z letového stavu, stal se Slayton v září 1962 „koordinátorem aktivit astronautů“. Později byla tato funkce přejmenována na „šéf kanceláře astronautů“. Všichni ji ovšem dodnes znají jako „šéfastronaut“. Úkolem Slaytona bylo zajišťovat každodenní provoz oddílu astronautů, koordinovat výcvik, podílet se na výběru nových kandidátů, ale především – jmenovat posádky. Formálně to sice bylo v kompetenci Slaytonových nadřízených a v konečné instanci administrátora NASA, ale v jen zcela výjimečných případech nebyl hlas šéfastronauta vyslyšený.



Obrázek 1 - První a druhý oddíl astronautů NASA. Sedící první oddíl (zleva doprava): Gordon Cooper, Gus Grissom, Scott Carpenter, Water Schirra, John Glenn, Alan Shepard a Donald Slayton. Stojící druhý oddíl (zleva doprava): Edward White, James McDivitt, John Young, Elliot See, Charles Conrad, Frank Borman, Neil Armstrong, Thomas Stafford a James Lovell

Z čeho se vybíralo

Pro vytvoření posádek programu Apollo byly postupně k dispozici tyto výběry kandidátů na astronauty NASA:

- 1 (**The Mercury Seven**, oddíl oznámen 2. dubna 1959) - Scott Carpenter, Gordon Cooper, John Glenn, Gus Grissom, Walter Schirra, Alan Shepard a Donald Slayton.
- 2 (**The New Nine**, 17. září 1962) - Neil Armstrong, Frank Borman, Charles Conrad, James Lovell, James McDivitt, Elliot See, Thomas Stafford, Edward White a John Young.
- 3 (**The Fourteen**, 18. října 1963) - Edwin Aldrin, William Anders, Charles Bassett, Alan Bean, Eugene Cernan, Roger Chaffee, Michael Collins, Ronnie Cunningham, Donn Eisele, Theodore Freeman, Richard Gordon, Russell Schweickart, David Scott a Clifton Williams.
- 4 (**The Scientists**, 29. června 1965) - Owen Garriott, Edward Gibson, Duane Graveline, Joseph Kerwin, Frank Michel a Harrison Schmitt.
- 5 (**The Original 19**, 4. dubna 1966) - Vance Brand, John Bull, Gerald Carr, Charles Duke, Joe Engle, Ronald Evans, Edward Givens, Fred Haise, James Irwin, Don Lind, Jack Lousma, Thomas Mattingly, Bruce McCandless, Edgar Mitchell, William Pogue, Stuart Roosa, John Swigert, Paul Weitz a Alfred Worden.

Teoreticky byl k dispozici i výběr 6 (**The Excess Eleven**; XS-11, 4. srpna 1967), ale z něj nikdo neletěl ani na lunárních Apollech, ani na stanici Skylab nebo misi Apollo-Sojuz (byť třeba Story Musgrave nebo William Lenoir se dostali do záložních posádek Skylabu): Joseph Allen, Phillip Chapman, Anthony England, Karl Henize, Donald Holmquest, William Lenoir, John Llewellyn, Franklin Musgrave, Brian O'Leary, Robert Parker a William Thornton.

Pravidla jen pro někoho

Přestože nominace Donalda Slaytona jsou dodnes (a navždy zůstanou) zahaleny rouškou tajemství (byť se nikdy netajil tím, že má své kamarády a oblíbence, kteří mají přednost), měl několik pravidel. Jedním ze základních bylo pravidlo rotace: záložní posádka následující dva lety přeskočila a pak se stala hlavní. Ovšem další Slaytonovo pravidlo bylo, že je připraven - pokud to okolnosti vyžadují, což nezdědka byla i snaha upozadit nepohodlné astronauty nebo naopak „postrčit“ kamarády - toto rotační pravidlo porušit. Dalším pravidlem bylo, že každý astronaut musí být schopen absolvovat jakoukoli misi. Jeho systém „fungoval“, ovšem s tím, že ho hrál na všechny strany: při výběru astronautů/posádek bral v potaz i to, aby byla volba průchozí i „nahore“ (= u managementu

NASA). A nakonec platilo, že služebně starší astronauti mají přednost: nešlo ani tak o kvalitu, jako o hierarchii. Tohoto pravidla Slayton mimochodem s oblibou rád využíval (a neméně rád ho porušoval).

Zajímavé je, že chtěl původně „rotovat“ celé posádky. Nechtěl tedy střídát jednotlivé astronauty, ale celé tříčlenné týmy. Dokonce učinil několik takových pokusů: třeba posádka Jamese McDivitta (Apollo 9) nebo Franka Bormana (Apollo 8) mohly letět znovu spolu při stávací misi. V případě McDivitta se ale posádka „rozsypla“ kvůli zdravotní indispozici Russella Schweickarta během letu Apollo 9 (právě třeba zde Slayton připustil, že jej nenavrhoval k dalšímu letu, protože by nebyl schválený), v případě Bormana narazil Slayton na to, že Borman už nechtěl znovu letět. Mimochodem, podobný systém (opakované lety jedné posádky) chystal v lunárním programu i Sovětský svaz. Alexej Leonov v knize „Two Sides of The Moon“ uvádí, že nejprve měly kolem Měsíce letět tři dvojice kosmonautů - a nejlepší z nich měla být vybrána na první lunární přistání.

Koncem roku 1965 to vypadalo, že první pilotované Apollo poletí před koncem roku následujícího (dokonce existovaly plány, že by se první Apollo potkalo s poslední lodí Gemini). Slayton chtěl jako velitele Alana Sheparda (o kterém uvažoval i pro velení první lodi Gemini), ale ten byl kvůli zdravotním potížím mimo hru. Proto vybral Guse Grissoma. K němu doplnil dva „slabší astronauty“, protože zkušební let považoval za ne příliš náročný. Byli to Donn Eisele (pilot) a Roger Chaffee (starší pilot). U první generace lodí Apollo nebyla funkce „pilot lunárního modulu“. Ta byla až u druhé s tím, že tento titul měl i astronaut na misi, kde lunární modul nebyl použitý.

Posádka prvního pilotovaného Apolla ve složení Grissom-Eisele-Chaffee ale neměla dlouhého trvání, protože Eisele si během nácviku stavu beztláče v letounu KC-135 zle pochroumal rameno. To jej na několik měsíců vyřadilo z přípravy a musel jej nahradit Ed White.

Záloha prvního Apolla byla něco jiného: zatímco hlavní posádka byla „slabší“ (byť to zní nehezky, ale uvažujme v kontextu oddílů astronautů), záloha naopak byla velmi silná. Měla být totiž později použita k prvnímu letu s lunárním modulem a „mohla to být skvělá posádka pro lunární přistání“. Velitelem se stal James McDivitt, pilotem David Scott (v době nominace na konci roku 1965 byl ovšem „zelenáčem“ a poprvé se do vesmíru vydal až v březnu 1966) a starším pilotem Russell Schweickart.

První posádky pro Apollo

Když byla sestavena posádka druhého Apolla, byla z kategorie „slabších“. Velitelem byl Walter Schirra, který se už po svých letech v programu Mercury a Gemini nechal slyšet, že v kariéře astronauta nechce pokračovat. Pak souhlasil se zkušebním letem v Apollu, ale s odchodem z oddílu lavíroval stále. To mu

rozhodně na popularitě u nadřížených nepřidalo. Když se dozvěděl, že druhý let bude pouhým zopakováním prvního bez jakékoliv přidané hodnoty, začal bojovat za to, aby byla mise úplně zrušená. Což asi nemá v historii kosmonautiky obdoby: aby se velitel snažil zrušit vlastní let. K Schirrovi byli doplnění Donn Eisele a Walter Cunningham. Eisele i Cunningham měli být dle Slaytona po letu převedeni do programu Apollo Applications.

Záloha druhého pilotovaného Apolla byla tvořena Frankem Bormanem, Charlesem Bassettem a Williamem Andersem a měla být použita na některé lunární přistání. Jenže 28. února 1966 Bassett zahynul společně s Elliotem Seem v troskách letounu T-38, když si letěli prohlédnout do Saint Louis svoji loď Gemini 9. (Bassett se tak nikdy do vesmíru nepodíval, ale „v kapse“ měl v době tragédie dvě letenky: jednak na Gemini 9, jednak na Apollo v Bormanově posádce.)

Po smrti hlavní posádky Gemini 9 byla posádka přeskupena na trojici Frank Borman, Thomas Stafford a Michael Collins. Anders z ní byl vyřazený, ale počítalo se s ním na pozdější lety. Zajímavé je, že Stafford šel z místa velitele Gemini 9 (kde s Cernanem nahradil zahynuvší posádku) na post pilota velitelského modulu. Tedy z pozice velitele na post „toho druhého“ v Bormanově posádce. (Nebyl jediný, koho něco podobného potkalo: stalo se to i Jamesi Lovellovi, veliteli Gemini 12 a pak letěl jako pilot velitelského modulu Apolla 8, nebo Johnu Youngovi, který velel Gemini 10 a pak letěl jako pilot velitelského modulu Apolla 10.)

Posádky tak vypadaly následovně:

- První Apollo hlavní - Gus Grissom, Edward White a Roger Chaffee.
- První Apollo záložní - James McDivitt, David Scott a Russell Schweickart.
- Druhé Apollo hlavní - Walter Schirra, Donn Eisele a Walter Cunningham.
- Druhé Apollo záložní - Frank Borman, Thomas Stafford a Michael Collins.

Druhé Apollo jde z kola ven

Po letu Gemini 12 (prosinec 1966) bylo přece jen zrušeno druhé Apollo jakožto zbytečná a opakovací mise. Schirrova posádka tak byla najednou „bez práce“. Po prvním letu měla následovat mise s lunárním modulem, na to ale Schirrova posádka neměla - a navíc se k tomu úkolu intenzivně chystala posádka McDivitta. (V Schirrově posádce navíc Donn Eisele jakožto pilot velitelského modulu, na němž mohlo záviset přežití astronautů v lunárním modulu, neměl letovou zkušenost. David Scott ji ovšem měl.)

Navíc bylo po konci programu Gemini třeba sestavit vícero nových posádek. Ty měly podobu:

- **První Apollo** - Gus Grissom, Edward White a Roger Chaffee (záloha Walter Schirra, Donn Eisele a Walter Cunningham).
- **Druhé Apollo** - James McDivitt, David Scott a Russell Schweickart (zá-

loha Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan).

- **Třetí Apollo** - Frank Borman, Michael Collins a William Anders (záloha Charles Conrad, Richard Gordon a Clifton Williams).

Pokud by byl dodržený rotační systém, pak:

- **Čtvrté Apollo** - Walter Schirra, Donn Eisele a Walter Cunningham.
- **Páté Apollo** - Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan.
- **Šesté Apollo** - Charles Conrad, Richard Gordon a Clifton Williams.



Obrázek 2 - Posádka, která se připravovala na třetí let v programu Apollo, později se stala základem posádky Apolla 8 (zleva): William Anders, Michael Collins a Frank Borman

Požár v lodi Apollo 204

„Pětka“ tak měla letět buď na eliptické dráze nebo testovat lunární modul u Měsíce, „Šestka“ měla testovat lunární modul u Měsíce nebo jít první na přistání. Schirrova posádka ale zřejmě byla bez šance letět náročnou čtvrtou misi, takže by ze systému vypadla.

Všechno ale změnil tragický požár v lodi Apollo 204 (alias Apollo 1), kdy zahynuli Gus Grissom, Edward White a Roger Chaffee. „Zbytečná“ Schirrova posádka nově dostala první zkušební let, zálohu jí dělali Stafford, Young a Cernan. V polovině roku 1967 je sestavena nová posádka Neil Armstrong, James Lovell a Edwin Aldrin. Nově tak posádky vypadaly následovně:

- **První Apollo** - Walter Schirra, Donn Eisele a Walter Cunningham (záloha Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan).
- **Druhé Apollo** - James McDivitt, David Scott a Russell Schweickart (záloha Charles Conrad, Richard Gordon a Clifton Williams).
- **Třetí Apollo** - Frank Borman, Michael Collins a William Anders (Neil Armstrong, James Lovell a Edwin Aldrin).

Charles Conrad, první na Měsíci?

Jenže opět v posádkách úřadovala tragédie: 5. října 1967 zahynul při letecké havárii Clifton Williams. V posádce Charlesa Conrada jej nahradil Alan Bean, kterého Conrad požadoval už původně, ale Slayton mu jej odmítl dát. Další změna nastala v červenci 1968, kdy zdravotní problémy vyřadily z přípravy Michaela

Collinse a v Bormanově posádce jej nahrazuje James Lovell z posádky záložní (mj. i proto, že s Bormanem už letěl na Gemini 7). V té chvíli už také bylo jasné číslování budoucích misí Apollo, držet se jej proto budeme i my:

- **Apollo 7** - Walter Schirra, Donn Eisele a Walter Cunningham (záloha Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan).
- **Apollo 8** - James McDivitt, David Scott a Russell Schweickart (záloha Charles Conrad, Richard Gordon a Alan Bean).
- **Apollo 9** - Frank Borman, Michael Collins a William Anders (záloha Neil Armstrong, James Lovell a Edwin Aldrin).

Při zachování rotačního systému pak:

- **Apollo 10** - Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan.
- **Apollo 11** - Charles Conrad, Richard Gordon a Alan Bean.
- **Apollo 12** - Neil Armstrong, Edwin Aldrin a James Lovell.

V té době první přistání na Měsíci vycházelo na „Jedenáctku“, ale je otázkou, zdali by bylo svěřeno Conradově posádce - a v tomto složení. Slayton totiž chtěl, aby první přistání uskutečnila trojice astronautů-veteránů, což ale Bean nesplňoval. Jenže přistání (sice technicky už za rok, reálně ale až po celé řadě úspěšných a náročných misí bylo v nedohlednu), takže to zatím nikdo neřešil.

Posádka pro první přistání

V srpnu 1968 se začal rodit plán poslat Apollo 8 k Měsíci, ale na to byla škoda McDivittovy posádky, která se dlouhodobě a úspěšně připravovala na první zkoušku lunárního modulu. Proto byly prohozeny posádky Apollo 8 a Apollo 9 - a to včetně záloh. Nově tedy:

- **Apollo 7** - Walter Schirra, Donn Eisele a Walter Cunningham (záloha Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan).
- **Apollo 8** - Frank Borman, James Lovell a William Anders (záloha Neil Armstrong, Fred Haise a Edwin Aldrin).
- **Apollo 9** - James McDivitt, David Scott a Russell Schweickart (záloha Charles Conrad, Richard Gordon a Alan Bean).



Obrazek 3 - Záložní posádka Apollo 8, která se stala základem pro posádku Apollo 11 (zleva): Neil Armstrong, Edwin Aldrin a Fred Haise

Při zachování rotačního systému pak:

- **Apollo 10** - Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan.
- **Apollo 11** - Neil Armstrong, Edwin Aldrin a Fred Haise.
- **Apollo 12** - Charles Conrad, Richard Gordon a Alan Bean.

Dne 23. prosince 1968 si Slayton promluvil mezi čtyřma očima s Armstrongem, zdali by chtěl vzít velení „Jedenáctky“, která by mohla být první na Měsíci. A zdali je ochoten letět s Michaellem Collinsem (po zdravotních problémech byl zpět v plné přípravě) a Edwinem Aldrinem - ev. mu nabídl místo Aldrina Jamese Lovella (ten byl v té době s Apollem 8 u Měsíce). Armstrong si vzal den na rozmyšlenou, pak na posádku Neil Armstrong, Michael Collins a Edwin Aldrin kývl.

Fred Haise byl podle Slaytona ještě nepřipravený na cestu na Měsíc, navíc byl nováčkem bez předchozí letové zkušenosti. Aldrin pak byl „komplikovaná osobnost“, se kterým bylo těžké vyjít, ale Armstrong se vyjádřil ve smyslu, že „to půjde“. Navíc argumentoval tím, že jeho velmi dobrý přítel James Lovell by si při čtvrté misi do vesmíru (dosud Gemini 7, Gemini 12 a Apollo 8) zasloužil velení vlastní velké mise - nejlépe lunárního přistání.

Zajímavé je, že v původní posádce Armstrong-Haise-Aldrin byl Aldrin na pozici pilota velitelského modulu. Armstrong a Slayton se ovšem jednohlasně shodli na tom, že Collins je na ni vhodnější - a Aldrina „uklidili“ na méně náročnou pozici pilota lunárního modulu. Takže společně s výměnou Haiseho za Collinse se změnilo i rozložení rolí v posádce.

Ve stejné době vznikla nová posádka Gordon Cooper, Donn Eisele a Edgar Mitchell jako záloha Staffordovy „Desítky“. Evidentně ale nikdy nebyl záměr ji poslat do vesmíru. Cooper byl problematický člověk, Eisele po nedisciplinovanosti posádky Apolla 7 nebyl průchozí nominací a Mitchell se hodně věnoval paranormálním jevům, což mu nebylo přičítáno k dobru. Vzhledem k tomu, že Alan Shepard se svým zhoršujícím se zdravím podstoupil v květnu 1968 operaci a jeho stav se začal radikálně zlepšovat, zdá se, že Slayton začal připravovat půdu pro jeho návrat do vesmíru. Trojice Cooper, Eisele a Mitchell tak plnila roli „užitečných idiotů“, aby podržela Shepardovi místo - a pak mu jej v příhodném okamžiku uvolnila.



Obrázek 4 - Záložní posádka mise Apollo 10, které technicky vzato měla přejít do „Třináctky“, reálně ale byla bez šance letět. Zleva: Gordon Cooper, Donn Eisele a Edgar Mitchell.

- **Apollo 9** - James McDivitt, David Scott a Russell Schweickart (záloha Charles Conrad, Richard Gordon a Alan Bean).
- **Apollo 10** - Thomas Stafford, John Young a Eugene Cernan (záloha Gordon Cooper, Donn Eisele a Edgar Mitchell).
- **Apollo 11** - Neil Armstrong, Michael Collins a Edwin Aldrin (záloha James Lovell, William Anders a Fred Haise).
- **Apollo 12** - Charles Conrad, Richard Gordon a Alan Bean.

Posádky až do Apolla 17

Záloha Apolla 11 byla zvláštní: Anders se roky připravoval na let s lunárním modulem a po misi Apollo 8 (bez lunárního modulu) čekal nějakou nominaci v tomto duchu. Slayton mu ale odmítl slíbit přistání na Měsíci, a tak se Anders rozhodl v červenci 1969 odejít z oddílu astronautů: vydat se podruhé „jen“ na oběžnou dráhu Měsíce jej pranic nelákalo. Nicméně oba se nakonec dohodli, že Anders ještě pomůže v záloze „Jedenáctky“. Ovšem protože byl „jednou nohou“ mimo oddíl astronautů a výcviku nedával všechno, začal se s posádkou připravovat i Ken Mattingly. Sice nikdy nebyl oficiálně do zálohy jmenovaný, ale z dobových dokumentů plyne, že členem záložní posádky byl de facto on.

V dubnu 1969 vznikla nová posádka, záloha Apolla 12. Tvořili ji David Scott, Alfred Worden a James Irwin (Slayton na tuto pozici chtěl Russella Schweickarta, ale po zdravotních problémech v Apollu 9 to bylo neprůchozí). Stejně tak bylo potřeba nachystat i posádku pro Apollo 13: v té době se počítalo se startem „Desítky“ v květnu 1969, „Jedenáctky“ v červenci, „Dvanáctky“ v září a „Třináctky“ v listopadu téhož roku, takže byl nejvyšší čas. Gordon Cooper se těšil na Měsíc, ale marně. Slayton navrhl posádku Alan Shepard, Stuart Roosa a Edgar Mitchell. Bylo to ale poprvé, co byla jeho nominace „shora“ odmítnuta: Shepard nebyl dle George Muellera dostatečně připravený.

Proto byl (opět) porušený rotační systém a do Apolla 13 byla nominována záloha „Jedenáctky“, Shepard se svou posádkou (Slayton mu chtěl jako pilota lunárního modulu dát zkušeného McDivitta, ale to odmítli jak McDivitt, tak Shepard) směřoval až do Apolla 14. Zálohu Apolla 13 pak měla tvořit trojice John Young, John Swigert a Eugene Cernan, ale posledně jmenovaný odmítl. Chtěl velení vlastní mise, nikoliv se jen projít jako pilot lunárního modulu po Měsíci. Cernan hrál vabank, který mu ale vyšel: nabídku velet Apollu 17 (opakovaně) odmítl Michael Collins. Cernana v Youngově posádce nahradil Charles Duke.

Na začátku července 1969 tak měly posádky (ne všechny byly oficiálně oznámeny) při zachování rotačního systému následující podobu:

- **Apollo 11:** Neil Armstrong, Michael Collins a Edwin Aldrin (záloha James Lovell, Ken Mattingly a Fred Haise).
- **Apollo 12:** Charles Conrad, Richard Gordon a Alan Bean (záloha David Scott, Alfred Worden a James Irwin).

- **Apollo 13:** James Lovell, Ken Mattingly a Fred Haise (záloha John Young, John Swigert a Charles Duke)
- **Apollo 14:** Alan Shepard, Stuart Roosa a Edgar Mitchell (záloha Eugene Cernan, Ron Evans a Joe Engle)
- **Apollo 15:** David Scott, Alfred Worden a James Irwin.
- **Apollo 16:** John Young, John Swigert a Charles Duke.
- **Apollo 17:** Eugene Cernan, Ron Evans a Joe Engle.



Obrázek 5 (nahore) - Záložní posádka mise Apollo 14, která měla letět na Apollu 17. Tlak vědecké obce ale vedl k odvolání Joa Engleho a jeho nahrazení geologem Harrisonem Schmittem. Zleva Joe Engle, Eugene Cernan a Ron Evans letět. Zleva Gordon Cooper, Donn Eisele a Edgar Mitchell.

Obrázek 6 - Záložní posádka mise Apollo 15 (zleva Richard Gordon, Vance Brand a Harrison Schmitt) měla letět na Apollu 18, ale program končil „Sedmnáctkou“. Nakonec byl do Apolla 17 přeřazený geolog Schmitt.

Ještě před prvním letem člověka na Měsíc tak byly prakticky všechny karty rozdané. Ke změně došlo v posádce Apolla 13, kdy Mattinglyho nahradil dva dny před startem Swigert (Mattingly pak letěl na „Šestnáctce“ právě místo Swigerta). A v misi Apollo 17, do níž tlak vědecké obce dostal geologa Harrisona Schmitta. Joe Engle pak musel čekat dalších deset let, než dostal šanci získat „kosmické ostruhy“ v programu raketoplánů.

Stejně tak v té době nikdo netušil, že budou zrušeny mise Apollo 20 (4. ledna 1970) a Apollo 15 a 19 (2. září 1970). Aby došlo k zachování logické řady, byly zbývající mise Apollo 16, 17 a 18 přechíslovány na patnáct až sedmnáct. Ale to už je jiná kapitola.

Kosmické sondy a jejich objevy, 2018–2019

*Michal Václavík, Česká kosmická kancelář, o. p. s., Ústav letadlové techniky,
Fakulta strojní ČVUT, Kosmo Klub, z. s.*

Přednáška se zaměří na představení stavu kosmických sond zkoumajících přirozená tělesa Sluneční soustavy v období od 24. 11. 2018 do 23. 11. 2019. Primární rozdělení bude podle jednotlivých kosmických těles a následně chronologicky.

Slunce

Wind

COSPAR: 1994-071A

SSC: 23333

Start: 1. 11. 1994, 09:31 UT, KSC, Delta II 7925-10

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: heliocentrická, okolo L1

Dosažení cílové oběžné dráhy: srpen 1995

Stav: I po 25 letech stále plně funkční sonda s dostatečnou zásobou paliva má setrvat v Lagrangeově bodě L1 soustavy Slunce–Země do roku 2074. K polovině roku 2019 bylo detekováno více než 100 000 dopadů drobných zrníček mezihvězdného prachu. Přístroje na sondě Wind jsou jedny z mála, které umožňují jejich detekci. Ve stejné době byla publikována studie (založena na dlouhodobých pozorováních) zahřívání plazmatu ve sluneční koróně ve výškách, kudy bude prolétat sonda Solar Parker Probe po roce 2021. V květnu 2019 dosáhl počet vědeckých článků využívajících data ze sondy Wind počtu 5 000.

SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*)

COSPAR: 1995-065A

SSC: 23726

Start: 2. 12. 1995, 08:08 UT, KSC, Atlas IAS

Provozující agentura: ESA, NASA

Cílová oběžná dráha: heliocentrická, okolo L1

Dosažení cílové oběžné dráhy: 14. 2. 1996

Stav: Obdobně jako v případě sondy Wind, je i sonda SOHO držena v provozu zejména pro hodnotnou ucelenou řadu pozorování Slunce. Přístroje sondy jsou v provozu, i když již ne všechny fungují nepřetržitě. V únoru 2019 byl publikován článek věnující se zpřesnění popsání vodíkové geokoróny na základě dat z přístroje SWAN (*Solar Wind Anisotropies*). Pozorovací program sondy SOHO

také skvěle doplňuje misi Parker Solar Probe. NASA i ESA se dohodly na prodloužení provozu sondy SOHO do konce roku 2022, přičemž technická životnost dána výkonem fotovoltaických panelů je odhadována na rok 2025.

ACE (*Advanced Composition Explorer*)

COSPAR: 1997-045A

SSC: 24912

Start: 25. 8. 1997, 14:39 UT, KSC, Delta II 7920-8

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: heliocentrická, okolo L1

Dosažení cílové oběžné dráhy: 15. 12. 1997

Stav: Sonda doplňuje předchozí dvě sondy sledováním kosmického počasí a opět je přes svůj věk ceněna pro generování ucelené řady pozorování. Proto se s provozem sondy ACE počítá až do roku 2024, a to i přestože byla v roce 2015 vypuštěna sonda DSCOVR (*Deep Space Climate Observatory*) s obdobnou sadou vědeckých přístrojů.

STEREO A (*Solar Terrestrial Relations Observatory*)

COSPAR: 2006-047A

SSC: 29510

Start: 26. 10. 2006, 00:52, KSC, Delta II 7925-10L

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: heliocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: prosinec 2016

Stav: Hlavním benefitem sondy bylo paralelní pozorování Slunce společně se sesterskou sondou STEREO B, která se ale odmlčela v roce 2016. Dvě studie publikované v roce 2019 přinesly na základě pozorování sondy STEREO A informaci o novém velmi slabém prachovém prstenci okolo Slunce na oběžné dráze Merkuru.

DSCOVR (*Deep Space Climate Observatory*)

COSPAR: 2015-007A

SSC: 40390

Start: 11. 2. 2015, 23:03 UT, KSC, Falcon 9 v1.1

Provozující agentura: NASA, NOAA

Cílová oběžná dráha: heliocentrická, okolo L1

Dosažení cílové oběžné dráhy: 8. 6. 2015

Stav: Sonda zaměřená nejenom na sledování kosmického počasí, ale také ke globálnímu pozorování Země. Dne 27. 6. 2019 přešla sonda do bezpečnost-

ního režimu a neposílá žádná vědecká data. Očekává se, že po nahrání nového palubního software se podaří obnovit činnost počátkem roku 2020.

Solar Parker Probe

COSPAR: 2018-065A

SSC: 43592

Start: 12. 8. 2018, 07:31 UT, KSC, Delta IV Heavy

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: heliocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: –

Stav: Cílem sondy je v průběhu let 2018 až 2025 provést 26 velmi blízkých průletů okolo Slunce, přičemž ty nejbližší mají mít perihelium ve vzdálenosti pouhých 6,9 milionů kilometrů. Aktuálně sonda prolétla periheliem třikrát ve vzdálenosti necelých 25 milionů kilometrů. Teprve na konci srpna 2019 se dokončilo stahování dat z prvních dvou průletů a na vědecké výsledky si tedy ještě budeme muset nějaký čas počkat. Ukázalo se ale, že systémy i vědecké přístroje sondy Solar Parker Probe pracují i v nehostinných podmínkách v blízkosti Slunce výborně.

Merkur

BepiColombo

COSPAR: 2018-080A

SSC: 43653

Start: 20. 10. 2018, 01:45 UT, CSG, Ariane 5 ECA

Provozující agentura: ESA, JAXA

Cílová oběžná dráha: hermiocentrická (aktuálně heliocentrická)

Dosažení cílové oběžné dráhy: 5. 12. 2025

Stav: Sonda, resp. obě její vědecké části MPO (*Mercury Planetary Orbiter*) a MMO (*Mercury Magnetospheric Orbiter*) jsou na správné dráze a 26. 3. 2019 byly palubní přístroje prohlášeny za plně provozuschopné. V prosinci 2018 byly také ověřeny čtyři elektrostatické iontové motory umístěné na přeletovém modulu MTM (*Mercury Transfer Module*). Sondu BepiColombo čeká komplikovaná cesta k Merkuru zahrnující jeden gravitační manévř u Země, dva u Venuše a šest u Merkuru.

Venuše

Akatsuki

COSPAR: 2010-020D

SSC: 36576

Start: 20. 4. 2010, 21:58 UT, Tanegašima, H-IIA 202

Provozující agentura: JAXA

Cílová oběžná dráha: cytherocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 7. 12. 2015

Stav: Od prosince 2016 jsou vyřazeny z provozu kamery IR1 (*Infra Red*) a IR2 pracující v blízkém infračerveném oboru elektromagnetického spektra a není tedy možné pořizovat snímky povrchu a vrstvy atmosféry do přibližně 50 km. V letech 2018 a 2019 pokračovalo pouze sledování středních a vyšších vrstev atmosféry. V únoru 2019 publikovaná studie odhalila nové souvislosti ve složení a dynamice oblačnosti ve středních výškách atmosféry Venuše a jejich sezónních změnách. Další studie z července 2019 ukázala, že se sondě Akatsuki překvapivě nepodařilo zaznamenat za tři roky činnosti bleskové výboje v atmosféře Venuše.

Měsíc

LRO (*Lunar Reconnaissance Orbiter*)

COSPAR: 2009-031A

SSC: 35315

Start: 18. 6. 2009, 21:32 UT, KSC, Atlas V 401

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: selenocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 23. 6. 2009

Stav: Sonda je v dobrém stavu a s jejím provozem se počítá, dokud budou fungovat vědecké přístroje sloužící zejména k získávání informací o složení a morfologii povrchu Měsíce. Očekává se, že by LRO mohlo přispět k podpoře pilotovaných lunárních výprav. Zaměřuje se proto nyní na vyhledávání a co možná nejpodrobnější zmapování potenciálních míst vhodných pro přistání lidské posádky. Jedním z rozhodujících faktorů je také přítomnost vody v trvalém stínu uvnitř kráterů.

Chang'e 4

COSPAR: 2018-103A

SSC: 43845

Start: 7. 12. 2018, 18:24 UT, Si-čchang, CZ-3B

Provozující agentura: CNSA

Cílová oběžná dráha: selenocentrická, přistání na povrchu Měsíce

Dosažení cílové oběžné dráhy: 12. 12. 2018, přistání 3. 1. 2019

Stav: Lander s malým roverem Yutu 2 úspěšně přistáli do oblasti kráteru Von

Kármán na odvrácené straně Měsíce. Na přistávací platformě je umístěn malý biologický experiment testující uzavřený životní cyklus, který pracoval po dobu necelých dvou týdnů. Přesná příčina ukončení není známá, hovoří se o velmi nízké teplotě nebo vyčerpání živin. Ostatní přístroje na landeru i roveru fungují a obě zařízení přežila na povrchu Měsíce již téměř rok.

Beresheet

COSPAR: 2019-009A

SSC: 44049

Start: 22. 2. 2019, 01:45 UT, KSC, Falcon 9 Block 5

Provozující agentura: SpaceX

Cílová oběžná dráha: selenocentrická, přistání na povrchu Měsíce

Dosažení cílové oběžné dráhy: 4. 4. 2019, přistání 11. 4. 2019

Stav: První izraelská mise k Měsíci. Přistávací modul havaroval při pokusu o přistání v oblasti Moře jasu.

Chandrayaan-2

COSPAR: 2019-042A

SSC: 44441

Start: 22. 7. 2019, 03:32 UT, Šríharikota, GSLV Mk.III

Provozující agentura: ISRO

Cílová oběžná dráha: selenocentrická, přistání na povrchu Měsíce

Dosažení cílové oběžné dráhy: 1. 9. 2019, přistání 6. 9. 2019

Stav: První pokus Indie o měkké přistání na povrchu Měsíce (modul Vikram) a vysazení malého roveru (Pragyan). Přistávací modul havaroval při pokusu o přistání v oblasti mezi krátery Manzinus C a Simpelius N. Orbitální část mise Chandrayaan-2 ale pracuje dobře a zaměřil se na jak na mapování povrchu Měsíce, tak i na výzkum jeho velmi řídké exosféry.

Mars

2001 Mars Odyssey

COSPAR: 2001-014A

SSC: 26734

Start: 7. 4. 2001, 15:02 UT, KSC, Delta II 7925-9.5

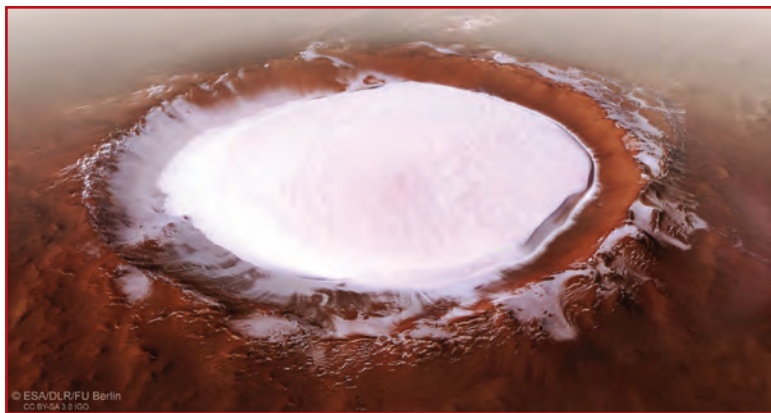
Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: areocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 24. 10. 2001

Stav: Nejdéle fungující kosmická sonda u Marsu pokračuje v mapování jeho

povrchu a podpoře dalších, modernějších, sond. V průběhu více než 18 let fungování se podařilo sondě 2001 Mars Odyssey také několikrát souborem vědeckých přístrojů pozorovat měsíc Phobos. Naposledy se tak stalo v dubnu 2019 a vědci tak uzavřeli tři roky trvající pozorování pomocí palubního přístroje THEMIS (*Thermal Emission Imaging System*). Podařilo se tak zlepšit znalosti o složení a také původ většího ze dvou měsíců Marsu.



Obrázek 1 – Kráter Koroljov na Marsu, ve kterém sonda TGO objevila ohromné zásoby vodního ledu. Zdroj: ESA

Mars Express

COSPAR: 2003-022A

SSC: 27816

Start: 2. 6. 2003, 17:45 UT, Bajkonur, Sojuz-FG

Provozující agentura: ESA

Cílová oběžná dráha: areocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 25. 12. 2013

Stav: Nejdéle fungující sonda ESA se řadí po bok sondy 2001 Mars Odyssey v dlouhém a systematickém průzkumu povrchu Marsu. Mars Express se v minulosti významnou měrou zasadil o potvrzení přítomnosti vody na Marsu a v tomto úsilí pokračuje. Na konci roku 2018 byla publikována zpráva o výskytu velkého množství (až 2 200 km³) vodního ledu v kráteru Koroljov. Vrstva ledu je navíc velmi stabilní. V lednu 2019 pak byl vydán článek, který na základě dat z kamery HRSC (*High/Super Resolution Stereo Camera*) dokazuje existenci celoplanetárního vodního systému v minulosti Marsu.

MRO (*Mars Reconnaissance Orbiter*)

COSPAR: 2005-029A

SSC: 28788

Start: 12. 8. 2005, 11:43 UT, KSC, Atlas V 401

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: areocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 10. 3. 2016

Stav: Dlouhodobě nejpreciznější sonda v mapování povrchu Marsu pokračuje v systematickém mapování Marsu a podpoře nových povrchových misí. S ohledem na vysoké rozlišení snímků a dlouhou škálu pozorování lze vysledovat časové a sezónní změny na povrchu Marsu. Ve sledovaném období však nedošlo k řádnému z významnějších objevů.

MSL (*Mars Science Laboratory*)/Curiosity

COSPAR: 2011-070A

SSC: 37936

Start: 26. 11. 2011, 15:02, KSC, Atlas V 541

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: přistání na povrchu Marsu

Dosažení cílové oběžné dráhy: přistání 6. 8. 2012

Stav: Nejmodernější rover na povrchu Marsu pokračuje v průzkumu Marsu v oblasti kráteru Gale. V průběhu let 2018 a 2019 rover potvrdil opětovně minulou přítomnost vody na povrchu Marsu. V únoru 2019 byla publikována další studie popisující zejména mechanické vlastnosti a složení oblasti přistání roveru, poukazující na možnost výskytu prastarého slané jezera. Rover Curiosity také opětovně v červnu 2019 zaznamenal pomocí přístroje SAM (*Sample Analysis at Mars*) zvýšenou koncentraci metanu v atmosféře, která ale nebyla zaznamenána na mnohem citlivějšími přístroji na palubě sondy TGO (*Trace Gas Orbiter*).

Mangalayaan

COSPAR: 2013-060A

SSC: 39370

Start: 5. 11. 2013, 09:08 UT, Šríharikota, PSLV-XL

Provozující agentura: ISRO

Cílová oběžná dráha: areocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 24. 9. 2014

Stav: První indická sonda u Marsu. Jak je u orbitálních sond této dekády zvykem, hlavní část vědeckých přístrojů je orientována na studium atmosféry Marsu. V posledních dvou letech nepřinesla sonda závažnější vědecká pozorování. Bylo konstatováno, s ohledem na množství pohonných látek, prodloužení její služby do roku 2020.

MAVEN (*Mars Atmosphere and Volatile Evolution*)

COSPAR: 2013-063A

SSC: 39378

Start: 18. 11. 2013, 18:28 UT, KSC, Atlas V 401

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: areocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 22. 9. 2014

Stav: Sonda MAVEN má za úkol obdobně jako evropská sonda TGO (*Trace Gas Orbiter*) zkoumat především atmosféru Marsu a její složení. V poslední době nedošlo k žádným zajímavým objevům a tak se za sledované období jako zajímavé jeví doplňkové měření interakce slunečního větru a atmosféry Marsu, kdy bylo poměrně detailně zmapováno ovlivňování toku protonů slunečního větru exosférou Marsu.

TGO (*Trace Gas Orbiter*)

COSPAR: 2016-017A

SSC: 41388

Start: 14. 3. 2016, 09:31 UT, Bajkonur, Proton-M

Provozující agentura: ESA, Roskosmos

Cílová oběžná dráha: areocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 19. 10. 2016

Stav: Zaměřením sondy je zkoumání atmosféry Marsu se zaměřením na plyny zastoupené ve stopovém množství a nalezení případných souvisejících zdrojů na povrchu planety. V letech 2018 a 2019 bylo provedeno velké množství měření koncentrace metanu v atmosféře Marsu, která nepotvrdila jeho přítomnost, i když jej i ve stejném časovém období zaznamenaly jiné sondy u Marsu. Ukazuje se tedy, že dřívější měření bude nutné anulovat, případně alespoň revidovat, a to s ohledem na mnohem přesnější přístroje na palubě sondy TGO. V říjnu 2019 byly také, zatím bez vědecké publikace, oznámeny nové poznatky o výskytu vody v podpovrchových vrstvách Marsu, její přesnější distribuce a také možné implikace k modelu vodního režimu Marsu. Zásahu na tomto objevu má přístroj FREND (*Fine-Resolution Epithermal Neutron Detector*).

InSight (*Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport*)

COSPAR: 2018-042A

SSC: 43457

Start: 5. 5. 2018, 11:05 UT, KSC, Atlas V 401

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: přistání na povrchu Marsu

Dosažení cílové oběžné dráhy: přistání 26. 11. 2018

Stav: První sonda zaměřená primárně na studium vnitřní struktury Marsu pomocí sledování šíření seismických vln. InSight úspěšně přistála na povrchu Marsu v rovníkové oblasti Elysium Planitia. Přistávacímu modulu se podařilo elementárně zmapovat místo přistání a v podobě zvuku zaznamenat některé mechanické vibrace způsobené větrem nebo zatlučením přístroje HP3 (*Heat Flow and Physical Properties Package*). Jeho zatlučení do regolitu Marsu se ale doposud nepodařilo, a tak jsou vědecká data omezena na ta získaná seismometrem SEIS (*Seismic Experiment for Interior Structure*). První zajímavé zprávy ale paradoxně pochází od HP3 neschopného dosáhnout požadované hloubky, což lze svést na neočekávané tření regolitu při zatlučení.

Jupiter

Juno

COSPAR: 2011-040A

SSC: 37773

Start: 5. 8. 2011, 16:25 UT, KSC, Atlas V 551

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: joviocentrická

Dosažení cílové oběžné dráhy: 5. 7. 2016

Stav: Sonda pokračovala v rutinním zkoumání Jupiteru a podrobném měření jeho magnetického a gravitačního pole. Systém měsíců a prstenců Jupiteru není v popředí zájmu sondy Juno. V popisovaném období proběhly oběhy s pořadovým číslem 17 až 23, ale mnoho nových objevů nebylo zatím publikováno. V květnu 2019 ale byla publikována dlouho očekávaná nová mapa magnetického pole Jupiteru. Bylo také rozhodnuto o prodloužení činnosti sondy a naplánování jejího cíleného zániku v atmosféře Jupiteru 30. 7. 2021.

Malá tělesa sluneční soustavy

New Horizons

COSPAR: 2006-001A

SSC: 28928

Start: 19. 1. 2006, 19:00, KSC, Atlas V 551

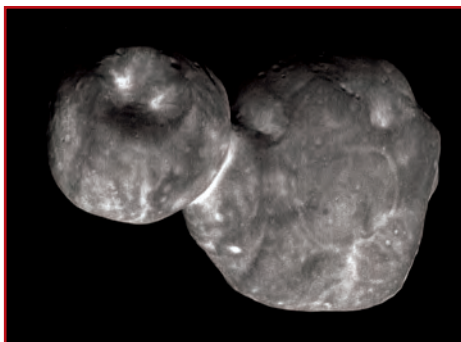
Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: heliocentrická, průlet okolo Pluta a planety 2014 MU69

Dosažení cílové oběžné dráhy: 19. 1. 2006, průlet okolo Pluta 14. 7. 2015, okolo 2014 MU69 1. 1. 2019

Stav: Po průletu okolo Pluta byla sonda nasměrována k průletu okolo ob-

jektu Kuiperova pásu a vybrána byla planetka 2014 MU69. V době největšího přiblížení se planetka nacházela ve vzdálenosti 43,4 au od Slunce a jedná se tak o nejvzdálenější kosmické těleso, které bylo z blízka zkoumáno pozemskou sondou. Z prozatím odešlaných dat byla zjištěna překvapivá různorodost složení povrchového materiálu a také nízká hustota blížící se spíše hustotě kometárního jádra. Stanovování všech získaných vědeckých dat má být dokončeno v září 2020.



Obrázek 2 - Prozatím jeden z nejdetailejších snímků planety 2014 MU69 pořízený sondou New Horizons. Zdroj: NASA

Hayabusa2

COSPAR: 2014-076A

SSC: 40319

Start: 3. 12. 2014, 04:22 UT, Tanegašima, H-IIA 202

Provozující agentura: JAXA

Cílová oběžná dráha: okolo planety Ryugu, návrat vzorků na Zemi

Dosažení cílové oběžné dráhy: 27. 6. 2018, návrat vzorků prosinec 2020

Stav: Sonda v letech 2018 a 2019 velmi podrobně zmapovala povrch blízkozemní planety Ryugu a vysadila na jeho povrchu několik drobných vědeckých přístrojů. Hlavním úkolem byl ale odběr vzorků. Dne 21. 2. 2019 proběhl odběr z povrchu a dne 11. 7. 2019 z podpovrchových vrstev, které byly obnaženy pomocí dopadu impaktoru. Odlet sondy Hayabusa2 od planety Ryugu je naplánován na prosinec 2019. Odebrané vzorky budou vyhodnoceny až po jejich návratu v laboratořích na Zemi.

OSIRIS-REx (*Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer*)

COSPAR: 2016-055A

SSC: 41757

Start: 8. 9. 2016, 23:05 UT, KSC, Atlas V 411

Provozující agentura: NASA

Cílová oběžná dráha: okolo planety Bennu, návrat vzorků na Zemi

Dosažení cílové oběžné dráhy: 31. 12. 2018, návrat vzorků 24. 9. 2023

Stav: Úkolem sondy je odebrat vzorky z blízkozemní planety Bennu a jejich návrat na Zemi. Podobně jako sonda Hayabusa2 se věnuje podrobnému mineralogickému a morfologickému průzkumu planety. Cílem je také nalézt vhodné

místo pro odběr vzorků, které má být oznámeno v prosinci 2019 a samotný odběr má proběhnout v polovině roku 2020. Odebrané vzorky budou vyhodnoceny až po jejich návratu v laboratořích na Zemi.

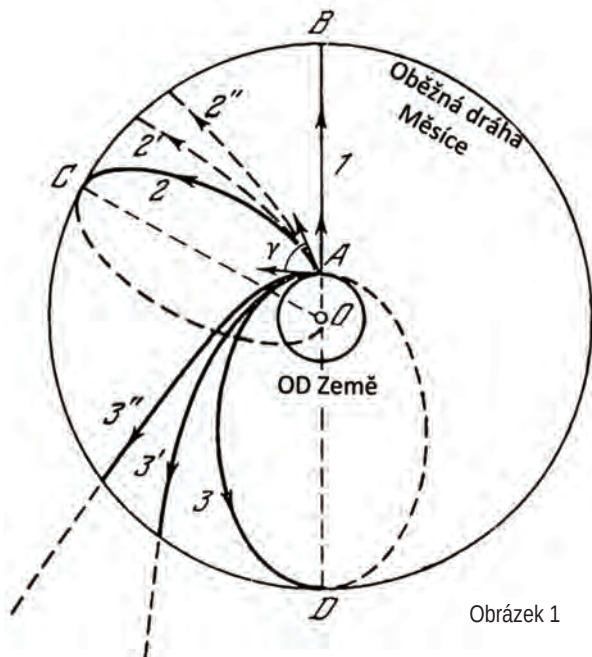
CISLUNÁRNÍ LETY

Vladimír Daněk, *Letecký ústav FSI VUT v Brně*

Cislunárními lety rozumíme lety prováděné v cislunárním prostoru, což je kosmický prostor mezi Zemí a Měsícem. Tento prostor je vymezen poloměrem o střední vzdálenosti Měsíce od Země, která činí přibližně 384 400 km. Mezi lety do cislunárního prostoru řadíme jakýkoliv let kosmického letadla (sondy, družice nebo kosmické lodě) do sféry vlivu Měsíce nebo přímo na Měsíc. Patří mezi ně například zásah Měsíce, měkké přistání na Měsíci nebo zachycení kosmického letadla s přechodem na oběžnou dráhu kolem Měsíce. Můžeme zde zařadit případně i průlet kolem Měsíce.

Pro předběžné návrhy cislunárních trajektorií se obvykle uchylujeme k určitému zjednodušenému řešení dané úlohy. Měsíc uvažujeme jako bod totožný s jeho středem pohybující se po kruhové oběžné dráze kolem Země pouze

pod vlivem jejího centrálního gravitačního pole. Poruchové účinky Slunce zanedbáváme. S ohledem na místo vzletu z povrchu Země, vzájemnou polohu rovin oběžných drah a okamžité polohy obou uvažovaných těles na svých drahách můžeme realizovat let k Měsíci buď jako rovinné nebo prostorové úlohy. Rovinné úlohy jsou řešitelné s menšími obtížemi než prostorové přelety ze Země na Měsíc. Rozdělení na rovinné a prostorové lety není zcela přesné, protože jakékoliv keplerovské dráhy (lety po kuželoseč-



Obrázek 1

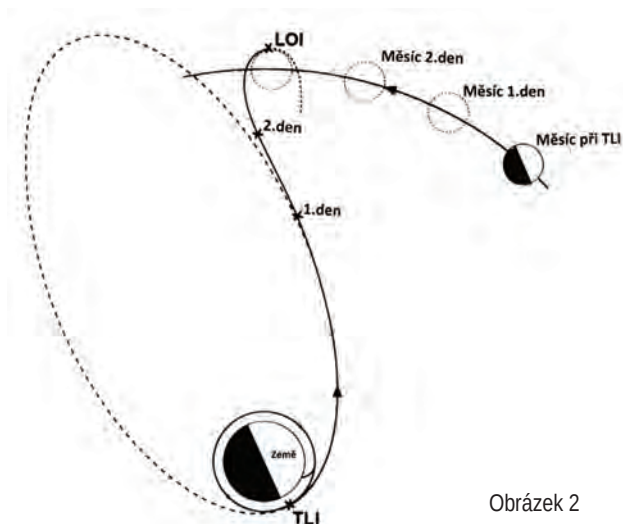
kách) jsou vždy rovinnými trajektoriemi.

Uvažujme nejprve rovinné trajektorie k Měsíci, které leží v rovině oběžné dráhy Měsíce. V případě, že naším cílem je dosáhnout oběžné dráhy Měsíce, pak je třeba kosmickému letadlu udělit odpovídající rychlostní impuls a vhodný počáteční směr letu. To se zpravidla děje z nějaké parkovací oběžné dráhy v blízkosti Země, i když je možný odlet přímo z povrchu Země. Udělením vhodné počáteční rychlosti a směru je možno uvést příslušné kosmické těleso na libovolnou cislunární trajektorii. Tou může být přímka, elipsa, parabola nebo dokonce hyperbola. Na zvolené trajektorii závisí místo setkání. To musíme volit na oběžné dráze Měsíce s časovým předstihem tak, aby Měsíc dosáhl tohoto bodu za stejnou dobu, která odpovídá době letu kosmického letadla po zvolené trajektorii letu. Měsíc se přemísťuje úhlovou rychlostí $13,2^\circ$ za den.

Předpokládejme, že se kosmické letadlo nachází na nízké parkovací kruhové oběžné dráze kolem Země (obr. 1) a jsme mu schopni postupně udělovat počáteční rychlosti s různými sklony dráhy letu v bodě A. Sklon dráhy letu γ je úhel, který svírá vektor počáteční rychlosti s lokální horizontální rovinou. Pokud bude sklon dráhy letu $\gamma = 90^\circ$, pak se jedná o zvláštní případ, který nemá své praktické opodstatnění. Jde o dělostřelecký přístup, podobný tomu, kterým vyslal J. Verne své tři cestovatele na Měsíc ve svém románu „Ze Země na Měsíc“. Nicméně, za přijatých předpokladů, je to teoreticky možný způsob zásahu Měsíce. Jak víme, v centrálním gravitačním poli se tělesa pohybují po kuželosečkách. A přímka je právě jedním speciálním případem kuželosečky. V tomto případě by po této přímočaré trajektorii bylo dosaženo oběžné dráhy Měsíce v bodě B. Při odletu z nízké parkovací oběžné dráhy ve výšce $H = 200$ km by bylo třeba kosmickému letadlu udělit minimální počáteční rychlost $V_0 = 11,9$ km/s pro dosažení oběžné dráhy Měsíce v bodě B při rychlosti $V = 0$.

Při menším sklonu dráhy letu než 90 stupňů pak udělováním různých počátečních rychlostí obdržíme celou množinu trajektorií, z nichž jedna (elipsa 2 na obr. 1) se bude právě dotýkat oběžné dráhy Měsíce v bodě C. Snížíme-li úhel sklonu dráhy letu na nulu, což odpovídá horizontálnímu vypuštění kosmického tělesa, pak při různých počátečních rychlostech vypuštění kosmického letadla obdržíme další množinu trajektorií, z nichž opět jen jedna (elipsa 3 na obr. 1) se bude dotýkat oběžné dráhy Měsíce v bodě D. Bod D reprezentuje apogeum této eliptické dráhy a leží přesně naproti místu vypuštění v bodě A, který je perigeem téže eliptické dráhy. Počáteční rychlost vypuštění odpovídá v tomto případě minimální počáteční rychlosti vypuštění pro dosažení oběžné dráhy Měsíce.

Porovnáme-li počáteční rychlosti vypuštění kosmických těles na trajektorie 1 až 3, bude, v souladu s energetickou rovnicí, největší počáteční rychlost nutná pro dosažení oběžné dráhy Měsíce pro dráhu 1. O něco menší pro dráhu 2 a nepatrně větší pro dráhu 3 ve srovnání s dráhou 2. Posledně uvedený rozdíl je dán různými velikostmi hlavních poloos a. Jak patrně z obr. 1, eliptická trajektorie



Obrázek 2

3 má větší hlavní poloosu, což vede k nepatrně vyšší rychlosti. Rozdíl mezi těmito počátečními rychlostmi není nijak velký. Nicméně, nejvhodnější bude vypouštění s malými sklony dráhy letu, protože při nich budou nejmenší gravitační ztráty ve srovnání s vertikálním vypouštěním kosmického letadla.

Při letech k Měsíci hraje důležitou roli další významný parametr, tzv. úhlová vzdálenost. Úhlo-

vá vzdálenost je úhel mezi spojnicemi centra gravitačního pole a počátečního a koncového bodu trajektorie letu. Obecně se snažíme volit trajektorie s velkou úhlovou vzdáleností. Vyžadují menší počáteční rychlosti. Při výběru trajektorií hraje rovněž významnou roli doba letu. Rozbory ukazují, že doba letu k Měsíci prakticky závisí pouze na velikosti počáteční rychlosti. Velikost počátečního sklonu dráhy letu má zanedbatelnou roli.

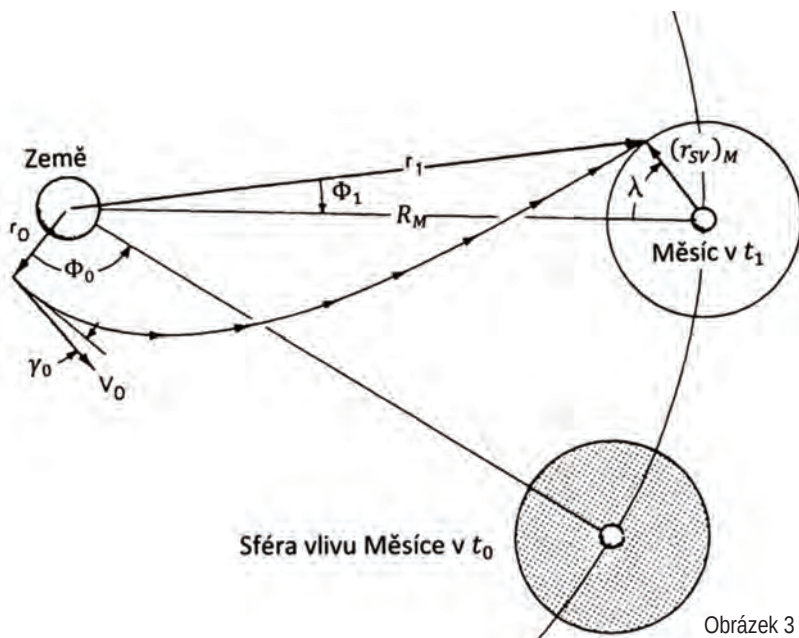
Pokud však chceme realizovat let s přistáním na Měsíci nebo uvést družici na oběžnou dráhu Měsíce, nestačí dosáhnout oběžné dráhy Měsíce výše zmíněnou jednoduchou trajektorií. Je třeba použít kombinovanou trajektorii, která při pohledu ze severní strany sestává ze dvou částí, geocentrické a selenocentrické trajektorie (obr. 2). Přesný výpočet trajektorie letu k Měsíci je možný jen řešením úplných pohybových rovnic nějakou numerickou integrační metodou pro zadané počáteční podmínky. Přesné řešení vyžaduje zahrnout řadu rušivých vlivů, jako je vliv Slunce, zploštění Země, nepravidelnosti v jejím pohybu i pohybu Měsíce. Proto se pro předběžné plánování misí k Měsíci používají zjednodušené analytické metody.

Metoda navazujících kuželoseček

Jednou z přibližných analytických metod je metoda navazujících kuželoseček. Metoda navazujících kuželoseček je poměrně dobrá metoda pro řešení meziplanetárních letů, avšak pro cislunární lety je málo přesná. Oběžná dráha Měsíce je totiž primárně určována Zemí, jejíž sféra vlivu sahá mnohem dále (925 000 km), než je vzdálenost Měsíce od Země (384 400 km). Při aplikaci metody navazujících kuželoseček pro cislunární trajektorie ignorujeme Slunce

$$(r_{SV})_M \doteq r \left(\frac{m_M}{m_Z} \right)^{2/5} \doteq 66\,200 \text{ km.}$$

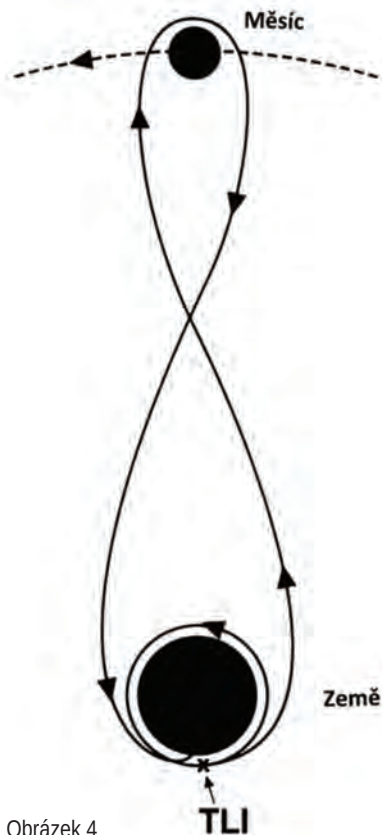
a úlohu řešíme jako restringovaný problém tří těles, Země, Měsíce a kosmického letadla. K řešení používáme v podstatě poznatky teorie dvou těles s tím, že nejprve řešíme geocentrický pohyb kosmického letadla pod vlivem pouze gravitačních účinků Země. Po přiblížení se k Měsíci, konkrétně dosažení sféry vlivu Měsíce „přepneme“ na jiný problém pohybu dvou těles (obr. 2). Řešíme selenocentrický pohyb kosmického letadla pod gravitačními účinky pouze Měsíce v jeho sféře vlivu. Sféru vlivu Měsíce můžeme stanovit Laplaceovou metodou dle zjednodušeného vztahu



Obrázek 3

V této metodě se opět musí zvolit počáteční podmínky v místě odletu (TLI), a to počáteční polohový vektor, počáteční rychlost a počáteční sklon dráhy letu (r_0, V_0, γ_0) . Místo fázového úhlu odletu Φ_0 z parkovací oběžné dráhy kolem Země se volí úhel λ , který definuje bod vzhledem k Měsíci, v němž geocentrická eliptická trajektorie protíná sféru vlivu Měsíce (obr. 3). Pro tyto čtyři zadané veličiny lze analyticky dopočítat zbývající příletové parametry $(r_1, V_1, \gamma_1, \Phi_1)$, z nichž lze stanovit parametry selenocentrického pohybu kosmického letadla po hyperbole ve sféře vlivu Měsíce. Řešením Keplerovy rovnice můžeme stanovit také dobu letu

a nakonec potřebný fázový úhel pro odlet Φ_0 . Pokud stanovená trajektorie nevyhovuje, opakujeme výpočet tak dlouho, až docílíme žádané dráhy letu. Zvláštní pozornost je věnována době letu, protože energeticky výhodnější trajektorie si obvykle vyžadují dlouhé doby přeletu. Mohly by přesáhnout dobu, po niž jsme schopni zabezpečit životní potřeby posádky i ostatního vybavení (vytrvalost kosmického letadla). Zvláštním problémem, který by si vyžádal podrobnější rozbor, je návrh přiletové trajektorie, která nepovede jen k obletu nebo zásahu Měsíce, ale měla by umožnit zachycení kosmického letadla v gravitačním poli Měsíce. A poté jeho uvedení na oběžnou dráhu kolem Měsíce, tak jak tomu bylo při prvních pilotovaných letech kosmických lodí Apollo.



Obrázek 4

Trajektorie volného návratu

Na existenci trajektorie volného návratu údajně poprvé upozornil již v první polovině minulého století ruský vědec Jurij V. Kondratjuk (1897-1942), který se zabýval možnostmi letu k Měsíci. Kondratjuk je spíše známý tím, že již před druhou světovou válkou navrhl efektivní způsob letu na Měsíc, který byl prakticky v mírně modifikované podobě používán v šedesátých a sedmdesátých letech při misích Apollo na Měsíc.

Trajektorie volného návratu byly využívány například bezpilotními sovětskými sondami Zond 5 až 8 při obletech Měsíce. U pilotovaných letů byla z bezpečnostních důvodů metoda volného návratu používána při prvních letech k Měsíci u misí Apollo 8, 10 a Apollo 11. Její princip spočívá v nalezení správného místa a vhodné počáteční rychlosti na parkovací oběžné dráze kolem Země pro vyvedení kosmického letadla na protáhlou geocentrickou eliptickou dráhu, jejíž apogeum se nachází až za oběžnou dráhou Měsíce. Po obletu Měsíce čelní sférou dojde k tomu, že kosmické letadlo, které odlétá ze sféry vlivu Měsíce, je v ideálním případě bez využití jakéhokoliv propulzního

zařízení nasměrováno zpět do blízkosti Země. Případně lze tuto návratovou větev korigovat méně náročným způsobem. Například jen využitím soustavy reaktivních řídicích motorků (RCS) jako byly používány u kosmických lodí Apollo.

Trajektorie volného návratu se pak z nadhledu jeví ve tvaru „osmičky“ (obr. 4) pro pozorovatele v souřadnicové soustavě s počátkem ve středu Země a otáčející se úhlovou rychlostí pohybu Měsíce. Jedna z os leží na spojnici Země-Měsíc.

Prostorové lety k Měsíci

Doposud jsme uvažovali rovinné trajektorie ležící v rovině oběžné dráhy Měsíce. Nicméně, skutečností je, že rovina oběžné dráhy Měsíce je nakloněna vůči rovině zemského rovníku a navíc se během periody 18,6 let mění v rozsahu od $18^{\circ}20'$ do $28^{\circ}36'$ a naopak. Proto jsou rovinné trajektorie letů k Měsíci možné jen v případě, že kosmodrom leží v zóně blízké k rovníku zaujímající v lepším období rozsah zemských šířek od $28^{\circ}36'$ s.z.š. do $28^{\circ}36'$ j.z.š. V méně výhodném období je rozsah omezen od $18^{\circ}20'$ s.z.š. do $18^{\circ}20'$ j.z.š. Přesto všechno, jestliže se kosmodrom nachází v některé z uvedených zón, odlet je možný jen v okamžiku, kdy kosmodrom protíná rovinu oběžné dráhy Měsíce. To nastává díky rotaci Země jen dvakrát za den. Přitom se však může stát, že se Měsíc nachází v takovém bodě své dráhy, že v této době je let možný jen s malou úhlovou vzdáleností, což vyžaduje strmý vzlet (velký sklon dráhy letu), který vede k velkým gravitačním ztrátám. Pokud se kosmodrom nachází mimo zónu poblíž rovníku, je nutné používat prostorové trajektorie letů. Kosmodrom se díky rotaci Země pohybuje po místní rovnoběžce, což umožňuje vybrat nejvhodnější úhlovou vzdálenost přeletu. Pro kosmodrom nacházející se na severní polokouli bude k dispozici maximální úhlová vzdálenost tehdy, když se Měsíc bude nacházet ve svém nejjižnějším bodě oběžné dráhy a rovina trajektorie letu k Měsíci bude procházet osou rotace Země.

Použitá literatura

- [1] Chobotov, V.A. Orbital Mechanics. Reston (VA): AIAA, 2002. 460 s. ISBN 1-56347-537-5.
- [2] Levantovskij, V.I. Mechanika kosmičeskovo poleta v elementarnom izložennii, Moskva: Nauka, 1974. 487 s.

Jak (ne)najít život na Marsu

Jana Kvíderová, Centrum polární ekologie, Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice & Centrum pro algologii, Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Třeboň

Vědecký pohled na život na Marsu se v průběhu času měnil podle toho, jak se rozvíjely metodiky průzkumu planety a vylepšovaly detekční metody pro zkoumání její geologické historie, chemického složení hornin i atmosféry, dynamických procesů na povrchu apod. Odhady kolísaly od velmi pravděpodobných (1. polovina 20. století) přes velmi málo pravděpodobné (po snímcích z Marineru 4) po pravděpodobně možné v dávné minulosti, ale dnes nejspíš velmi vzácné (současnost).

1. Mars „před Sputnikem“

Vědecké zkoumání Marsu začalo ve 2. polovině 19. století, kdy se zlepšily možnosti pozemských dalekohledů a rozvíjely se nové obory jako spektrometrie. Přelomovým mezníkem byl Schiaparelliho objev kanálů v roce 1877 (obr. 1) [1], i když se později prokázalo, že šlo o optický klam [2]. Italský název *canali* neoznačuje primárně uměle vytvořené kanály, nepřesný anglický překlad *canals* vedl k názoru, že by mohlo jít o stavby vytvořené marsovskou civilizací [3]. Poprvé se tak začalo vědecky uvažovat o Marsu jako planetě, kde by mohl existovat život.



Obr. 1. Schiaparelliho kanály na Marsu (J. V. Schiaparelli/Wikipedia Commons)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schiaparelli_Mars_Map.jpeg

V polovině 20. století byl Mars považován za chladnou a suchou planetu, ale tehdy předpokládaný atmosférický tlak (8× vyšší než skutečný) byl považován za dostačující pro existenci možného života (např. Sadil (1956) [4]). Porovnání

reflexních spekter Marsu a vysokohorských lišejníků, která byla prováděna ve 40. a 50. letech 20. století, vedla k domněnce, že tmavší oblasti na povrchu Marsu by mohly být pokryty lišejníky [5].

2. Mars v očích Marinerů

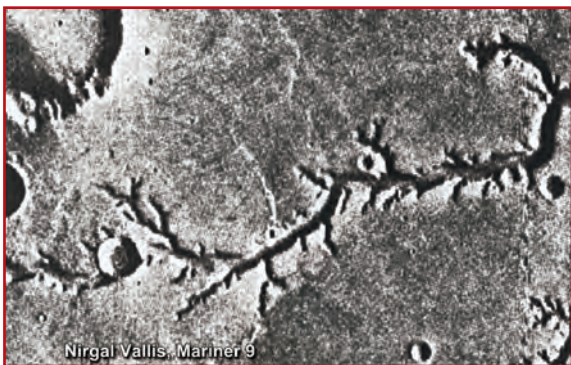
Poměrně snadná dostupnost – startovací okno pro let k Marsu se otevírá v intervalech cca 780 dní a přelet trvá jen několik měsíců – a atraktivnost Marsu jako planety velmi podobné Zemi s možným mimozemským životem na povrchu vedla k vypuštění prvních sond k Marsu již na počátku 60. let [6].

První sonda, která úspěšně vyfotografovala povrch Marsu, byla americká sonda **Mariner 4** (start: 28. 11. 1964, mise ukončena 21. 12. 1967). Mariner 4 proletěl kolem Marsu 14. - 15. 6. 1965, nejvíce se přiblížil k planetě na vzdálenost 9 846 km 15. 6. 1965 v 01:00:57 UT. Pořídil 22 snímků, které zachytily cca 1 % povrchu [7] a odhalily pustý, suchý svět s impaktními krátery podobný Měsíci (obr. 2).

První detailní průzkum Marsu provedl americký **Mariner 9** (start 30. 5. 1971, na oběžné dráze Marsu od 14. 11. 1971 mise ukončena 27. 10. 1972, předpokládáný zánik v roce 2022). Snímkování povrchu z oběžné dráhy (1 650 – 16 860 km) trvalo od listopadu 1971 do 27. 10. 1972 [7]. Snímky Marineru 9, jejich pokrytí podle různých zdrojů, zahrnovalo 80 – 100 % povrchu planety, ukázaly úplně jiný svět než Mariner 4. Svět, který je dynamický, geomorfologicky podobnější Zemi než Měsíci, a na jehož povrchu kdysi tekla voda (obr. 3).



Obr. 2. Povrch Marsu ze sondy Mariner 4. (Mariner 4/NASA JPL nssdc_m04_11ea.jpg)



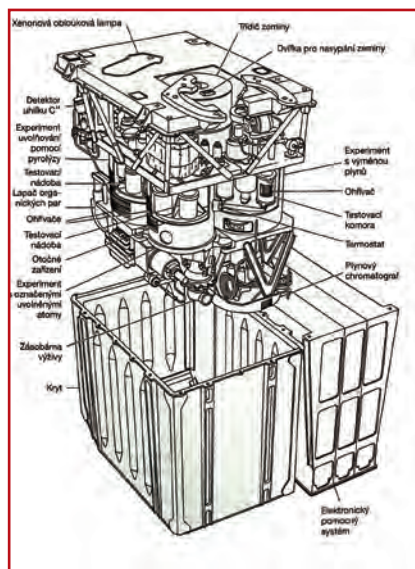
Obr 3. Nirgal Vallis na Marsu (NASA/JPL-Caltec, PIA: 15090)

3. Sága Vikingů

Úspěchy a výsledky Marineru 9 připravily cestu pro dvojici sond. **Viking 1**

(start 2. 8. 1975, navedení orbitálního modulu na oběžnou dráhu Marsu 19. 6. 1976, mise orbitálního modulu ukončena 7. 8. 1980), který přistál 20. 7. 1976 v Chryse Planitia. Mise přistávacího modulu Vikingu 1 byla ukončena 13. 11. 1982. O měsíc později následoval **Viking 2** (start 9. 9. 1975, navedení orbitálního modulu na oběžnou dráhu 7. 8. 1976, mise orbitálního modulu ukončena 24. 7. 1978), který přistál 3. 9. 1976 v Utopia Planitia. Mise přistávacího modulu Vikingu 2 byla ukončena 11. 4. 1980 [7].

Přistávací moduly Viking 1 a Viking 2 provedly první cílené experimenty pro detekci života mimo Zemi. Pro testování byly pro **Biologické vybavení Vikingu** (*Viking Biological Experiment System* - vedoucí týmu Harold P. Klein, NASA Ames) vybrány tři základní experimenty a jeden doplňkový. Celý systém vážil 15,5 kg (Obr. 4) [8].



Obr. 4. Biologické vybavení Vikingu (a) fotografie Ezell et Ezell (1984) [9], (b) schéma NASA/Bizony (1997) [10].

Vzorky „půdy“ byly během mise několikrát analyzovány. Vzorky o objemu cca 6 cm³ byly získány ze svrchních 4 cm půdy a byly rozděleny mezi jednotlivé experimenty (obr. 5). Inkubační doba se u jednotlivých experimentů lišila. Teploty během inkubace se pohybovaly v rozmezí 15 ± 10 °C. Každý experiment byl schopný provést nezávislou kontrolu, při které byl vzorek zahřátý na 160 °C po 3 hodiny v případě pozitivních výsledků [11].

Tři základní experimenty a jeden doplňující zahrnovaly [8, 11]

- **GEX** (*Gas EXchange* – výměna plynů) – Vance Oyama (NASA Ames)
- Vyměňuje něco v „půdě“ Marsu plyn s atmosférou?**

Hypotéza: Metabolicky aktivní organismy by měly svou aktivitou změnit složení atmosféry.

Experiment byl proveden ve dvou způsobech:

- „vlhký“ způsob – vzorek byl inkubován v přítomnosti vodních par a CO_2 – vzorek není limitován živinami, je jen v dormantním stádiu kvůli nedostatku vody
- „heterotrofní“ – přidán živný roztok – předpokládá se přítomnost heterotrofních organismů. Médium proto obsahuje D- a L-aminokyseliny, růstové faktory a anorganické látky.

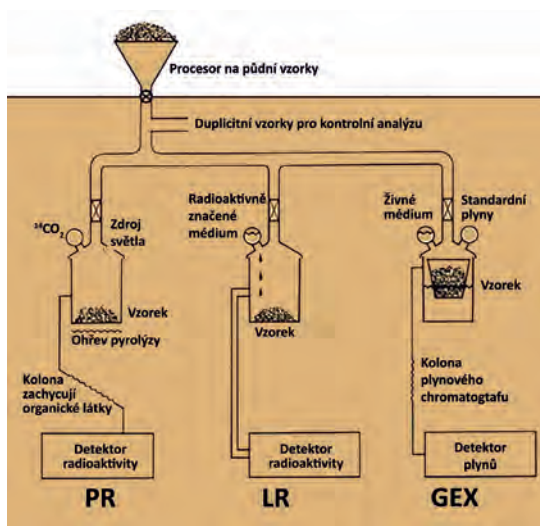
Objem vzorku: 1 cm^3

Postup: Po umístění vzorku do inkubační komůrky je do atmosféry přidána směs CO_2 a Kr v He (tzv. inkubační atmosféra). Poté je $0,5 \text{ cm}^3$ média nalito na dno komůrky. Během inkubace je vzorek uchovávan v vnitřní porézní nádobě, aby nedošlo ke přímému kontaktu média se vzorkem. Póry umožní dosáhnout rovnováhy mezi vzorkem a atmosférou. Vzorek vzduchu o objemu $100 \mu\text{l}$ je odebrán z atmosféry okamžitě po přidání média a pak ve specifických intervalech po dalších 7 dní. Vzorky plynu procházejí chromatografickou kolonou a jednotlivé složky jsou detekovány termálním vodivostním detektorem. Pokud po 7 dnech ve „vlhkém“ způsobu nepřijde jiný příkaz, je automaticky přidána další dávka média, aby celkový objem média dosáhl $2,5 \text{ cm}^3$. Tento objem zaručí, že vzorek bude nasycený živným médiem a inkubace bude probíhat „heterotrofním“ způsobem. „Heterotrofní“ inkubace probíhá dalších 9 dní, vzorky plynů jsou odebírány ve stanovených intervalech [11].

- **LR** (*Labeled Release* – uvolnění označených atomů; „dýchání“) - Gilbert Levin (Biospherics Inc.)

Spotřebovává něco v „půdě“ Marsu živiny s označenými atomy?

Hypotéza: Metabolicky aktivní organismy využijí jako zdroj energie organické látky značené ^{14}C a uvolní ho ve formě $^{14}\text{CO}_2$ do atmosféry.



Obr. 5. Schéma rozdělení vzorků a jednotlivých experimentů, upraveno [8].

Objem vzorku: 0,5 cm³

Postup: Vzorek je umístěn do komůrky a uchováván v původní marsovské atmosféře. Během následujících cca 24 hodin je provedeno měření pozadí. Poté je automaticky do vzorku přidáno 0,115 cm³ naředěného roztoku sedmi jednoduchých organických sloučenin s jedním až třemi atomy uhlíku (derivát kyseliny mravenčí, glykolát, glycin, D- a L- alanin, D- and L-laktát), které byly zjištěny ve výsledcích Millerova–Ureyova experimentu a jsou značeny ¹⁴C. Inkubace bude probíhat následujících 8 dní. Poté proběhne druhé přidání živin a inkubace bude pokračovat další 2 dny. Během celé doby bude monitorována atmosféra nad vzorkem detektorem ¹⁴C, aby bylo možné určit kinetiku uvolňování atomů ¹⁴C po každém dávkování média [11, 12].

- **PR** (*Pyrolytic Release* – uvolnění pomocí pyrolýzy; „fotosyntéza“) - Norman Horowitz, (Caltech)

Dokáže něco v „půdě“ Marsu inkorporovat CO₂?

Hypotéza: Autotrofní organismy asimilují atmosférický CO₂ a zabudovávají je do svých těl.

Objem vzorku: 0,25 cm³

Postup: Ke vzorku půdy byla přidána směs ¹⁴CO₂ a ¹⁴CO v poměru přibližně 95 : 5. Vzorek byl ozařován xenonovou lampou o intenzitě 20 % maxima na Marsu. UV záření o vlnové délce kratší než 340 nm bylo odfiltrováno, aby nedocházelo k abiotické syntéze organických sloučenin. Inkubace potrvá 5 dní, pak bude atmosféra nahrazena He, vzorek bude pyrolyzován zahřátím na 625 °C a bude detekován uvolněný ¹⁴C ve formě ¹⁴CO₂ a ¹⁴CO [11].

- **GC/MS** (*Gas Chromatography/Mass Spectrometry* - plynová chromatografie/hmotnostní spektrometrie) - Klaus Biemann (MIT)

Obsahuje „půda“ Marsu organické látky?

Doplňující experiment, nezávislý na biologii.

Hypotéza: Pokud je na Marsu život, nebo zde proběhla chemická evoluce nějakého stupně, měla by „půda“ Marsu obsahovat organické sloučeniny.

Objem vzorku: neuvedeno

Postup: vzorky jsou zahřáty na 200 °C a 500 °C a vyvinuté výpary s organickými sloučeninami (pokud budou) se rozdělí v chromatografické koloně. Kompletní plynový chromatogram trvá 84 minut a během této doby hmotový spektrometr zaznamená kompletní hmotnostní spektrum látek o relativní hmotnosti od 12 do 200 každých 10,3 s [11].

Pro srovnání relativní hmotnost některých jednoduchých sloučenin:

Sloučenina	Relativní hmotnost	Sloučenina	Relativní hmotnost
Voda	18	Acetaldehyd	44
Metan	16	Aceton	58
CO ₂	44	Kys. mravenčí	46
Metanol	32	Močovina	60
Etanol	46	Glycin	75

Teoreticky v případě existence života na Marsu by měly být výsledky následující:

	Nesterilizovaný vzorek	Sterilní vzorek
GEX	Uvolnění O ₂ nebo CO ₂	Žádná reakce
LR	Uvolnění označených plynů	Žádná reakce
PR	Detekován ¹⁴ C	Žádná reakce
GC/MS	Organické látky detekovány	---

V případě neexistence života na Marsu by měly být výsledky následující

	Nesterilizovaný vzorek	Sterilní vzorek
GEX/LR/PR	Žádná reakce	Žádná reakce
GC/MS	Organické látky nenalezeny	---

Reálné výsledky z Marsu byly úplně jiné [9, 12-15]

	Nesterilizovaný vzorek	Sterilní vzorek
GEX	Uvolnění O ₂	Uvolnění O ₂ (slabší produkce)
LR	Uvolnění označených plynů	Žádná reakce
PR	Detekován ¹⁴ C	Detekován ¹⁴ C (slabší produkce)
GC/MS	Organické látky nenalezeny	---

Závěr: Pozorované výsledky jsou způsobeny neobvyklým chemickým složením „půdy“ Marsu, pravděpodobně přítomností peroxidů v půdě [9, 12-15]. G. V. Levin, odpovědný za LR, však s tímto závěrem nesouhlasí a snaží se na základě dat prokázat, že LR našel život na Marsu, např. Bianciardi et al (2012) [16] nebo Levin et Straat (2016) [17].

Přítomnost peroxidů a jiných silně oxidačních látek v regolitu Marsu skutečně prokázala sonda Phoenix, to by mohlo vysvětlovat chybějící organické látky [18]. Přítomnost chlorovaných uhlovodíků zjištěná GC/MS ve vzorcích Vikingů,

považovaná za pozemskou kontaminaci, však může být způsobena přítomností jak peroxidů, tak organických látek v marsovských vzorcích [19]. Organické látky - thiofenolické, aromatické a alifatické sloučeniny - později našla i MSL Curiosity v kráteru Gale [20].

Analýza vzorku č. 726 z Dry Valleys v Antarktidě pomocí LR a GC/MS vykazovala podobné výsledky jako Vikingy na Marsu, v antarktickém vzorku byl nalezen velmi nízký počet mikroorganismů [17, 21]. Experiment, který mohl jasně rozhodnout, jestli na Marsu je nebo není život, byla jednoduchá kultivační metoda navržená W. Vishniacem, kdy by se půda vložila do živného roztoku – pokud by byly ve vzorku živé organismy, živné médium by se zakalilo. Bohužel se na Viking nedostala [22].

4. Nový pohled: Biomarkery

Biologické experimenty Vikingu byly založeny na detekci metabolických procesů aktivních buněk [11]. Je ale možné, že pokud na Marsu existují živé mikroorganismy, budou s největší pravděpodobností po většinu marsovského roku v dormatním (klidovém, s minimální metabolickou aktivitou) stádiu [23]. Nebo život na Marsu vznikl a po zhoršení podmínek na planetě vyhynul, avšak stále lze nalézt důkazy o jeho existenci [24]. Struktury, které indikují existenci života, ať už v minulosti nebo v přítomnosti, jsou obecně označovány jako biomarkery a jsou definovány jako chemické, morfologické, sedimentární nebo izotopické procesy nebo struktury, které mohou být detekovány jako znaky vyhynulého nebo současného života [25]. **Biomarkery** se rozdělují do následujících skupin:

• Morfologické biomarkery

= objekty nebo struktury biologického původu, které zahrnují

• (mikro)fosilie (obr. 6)

Velikost mikrofosilií se pohybuje v rozmezí 0,001 až 1 mm, jsou proto studovatelné světelným nebo elektronovým mikroskopem. Nejstarší známé mikrofosilie pocházejí ze severního Quebecu. Jsou staré minimálně $3,77 \times 10^9$ let, možná až $4,28 \times 10^9$ let a byly nalezeny ve vysráženém materiálu hydrotermálního vývěru [26]. Je u nich možná záměna s abioticky vzniklými strukturami nebo mohou vzniknout jako artefakt při zpracování vzorku pro mikroskopii.



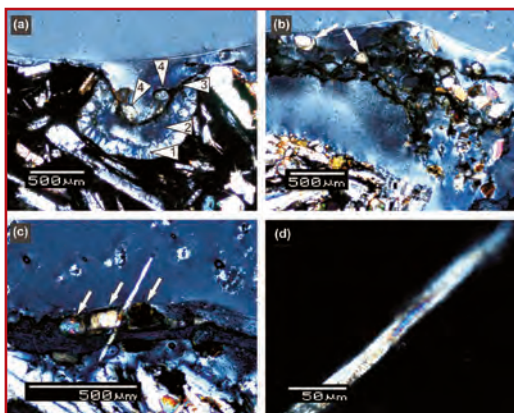
Obr. 6. Příklad mikrofosilie *Primaevifilum delicatulum* z Apex chert, Západní Austrálie, výřez z obrázku [27].

• Biominerály (obr. 7)

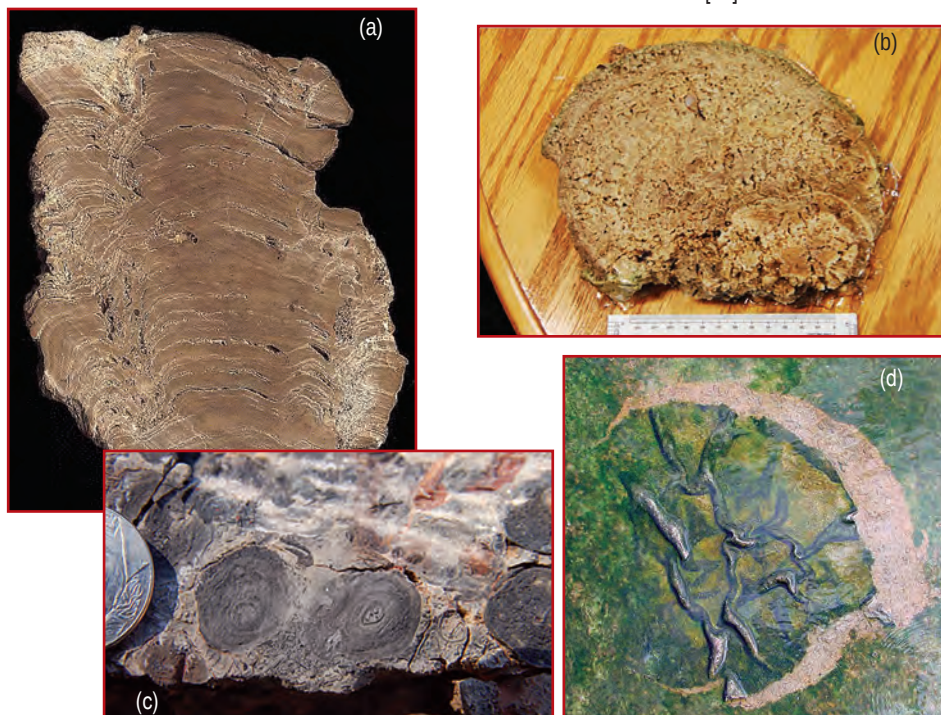
= minerály vzniklé činností živých organismů

V současné době je známo cca 60 typů biomine-

rálů [28, 29], mezi nejznámější patří např. vápence a aragonity v ulitách měkkýšů, křemičitany ve schránkách rozsovek, apatit v zubní sklovině obratlovců [30] nebo magnetit v magnetotaktických bakteriích [31]. Od roku 2014 se MSL Curiosity, podobně jako předtím MER Opportunity, zaměřila na vývoj prediktivních modelů pro fosilizaci organické hmoty [32].



Obr. 7. Vápencové struktury v antarktickém mikrobiálním nárůstu [33].



Obr. 8. Mikrobiologicky indukované sedimentární struktury: (a) Vnitřní struktura stromatolitu (University of Wisconsin Botanical Images Collection), (b) Vnitřní struktura sladkovodního thrombolitu z Laguna Bacalar (K. Konhauser, University of Alberta), (c) Vnitřní struktura onkolitu (<http://educationally.narod.ru/californiageology1photoalbum.html>), (d) Zvláště struktura MISS (Noffke in GSA Today (2009) <http://www.geosociety.org/gsatoday/archive/19/11/cover/1052-5173-19-11.htm>).

• Mikrobiologicky indukované sedimentární struktury (obr. 8)

Nejstarší známé sedimentární struktury vzniklé činností mikroorganismů, stromatolity, jsou až $2,7 \times 10^9$ let staré [34]. Mimo stromatolity (vrstevnaté vápenité struktury vysrážené nebo zachycené mikroorganismy) se do sedimentárních struktur dále řadí thrombolity (amorfní vápenité struktury vysrážené nebo zachycené mikroorganismy), onkolity (malé vápencové kuličky s koncentrickými vrstvami vysrážené mikroorganismy) a vlastní mikrobiologicky indukované sedimentární struktury (MISS) vznikající díky aktivitě mikrobiálních nárostů, obvykle v neuhličitánových horninách, např. v pískovci. MISS podobné struktury byly objeveny i na Marsu [35].



Obr. 9. Biovětrávání sádrovce Petuniabukta, Svalbard.
Zdroj: Jana Kvíderová/CPE PřF JU.

• Biovětrávání (obr. 9)

Biovětrávání, tj. narušení struktury hornin činností mikroorganismů, může sloužit jako makroskopický indikátor života pod povrchem hornin. Typické je odlupování šupinek, když je struktura horniny narušena endolitickými mikroorganismy [36].

• Molekulární fosilie

Molekulární fosilie jsou organické molekuly pocházející z kdysi živých organismů odvozené od membránových lipidů a dalších

alifatických uhlovodíků. Jsou specifické pro hlavní skupiny organismů, např. 2-methylhopanoidy pro sinice, arylisoprenoidy pro zelené sírné bakterie nebo steroidy pro eukaryotické organismy [37].

• Isotopické biomarkery

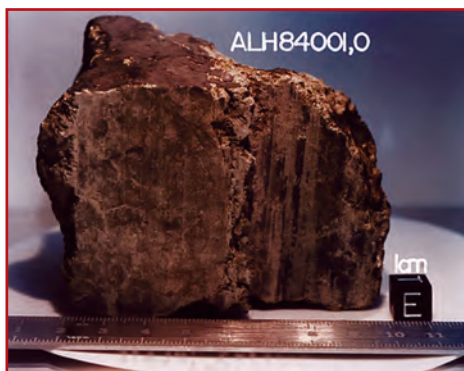
V metabolických procesech dochází k diskriminaci stabilních izotopů C, N, S a Fe. Tyto procesy zahrnují syntézu a degradaci organické hmoty a biominerálů, odrážejí podmínky v době depozice a umožňují tak rekonstrukci biogeochemických cyklů. Pro výzkum jsou využívány poměry izotopů $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ a $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$. Výraznou diskriminaci těžších prvků lze považovat jako přímý důkaz biologického původu fosilní organické hmoty. Mohou pomoci při odhadu biologické aktivity včetně rozlišení metabolických drah [38].

• Spektrální biomarkery

Spektroskopická/spektrometrická identifikace je běžná metodika pro detekci chemických látek. V astrobiologicky zaměřených studiích je pro detekci látek spojených s biologickou aktivitou a pro geochemickou charakterizaci prostředí nutné uvážit, jak a kde bude analýza probíhat a podle toho vybrat vhodné spektrální biomarkery a instrumentaci. Pro analýzu in situ, např. v extrémním prostředí na Zemi nebo na jiném tělese Sluneční soustavy, je možné využít spektroskopické metody, jako jsou rentgenová difrakce, Mössbauerova spektroskopie, Ramanova spektrometrie, UV-VIS-NIR spektrofotometrie nebo laserem indukovaná fluorescenční emise [39, 40]. Pro dálkový průzkum, zejména v případě exoplanet ani není jiná možnost, se využívá transmisní spektrometrie [41].

Příkladem jak je těžké interpretovat možné biomarkery jsou marsovské meteority. Nejznámějším případem je **ALH84001** (obr. 10). McKay a kol. [42] indikovali pět biomarkerů, které měly indikovat přítomnost života na Marsu před cca 4×10^9 let: polyaromatické uhlovodíky, uhlíčitanové globule, magnetitová zrna, mikrofosilie a sulfidy. Detailní analýzy však biogenní původ neprokázaly.

Dalším možným biomarkerem je přítomnost **metanu** v marsovské atmosféře. Přítomnost metanu byla potvrzena pozemskými teleskopy [43], sondou Mars Express na oběžné dráze Marsu [44] a na povrchu planety MSL Curiosity [45]. I v tomto případě je možný abiotický i biotický původ metanu, možná analýzy sondou Trace Gas Orbiter přinesou klíčová data [46].



Obr. 10. Meteorit ALH84001 (NASA/JSC/Stanford University, PIA00289).

5. Následovníci Vikingů

Od doby Vikingů zatím žádná sonda neprováděla analýzy pro detekci života. Plánovaná sonda ESA ExoMars 2020 ponese dva přístroje pro detekci života. Prvním je Ramanův spektrometr (RSL), který má charakterizovat mineralogické složení a detekovat organické pigmenty [47]. Druhým přístrojem je *Mars Organic Molecule Analyser* (MOMA), hmotnostní spektrometr se dvěma odlišnými separačními moduly, který je schopen analyzovat organické sloučeniny i ve velmi nízkých koncentracích a dokonce určit chiralitu aminokyselin, což by mohlo rozlišit jejich původ [48]. V roce 2020 by se měla k Marsu vydat sonda NASA Mars 2020

s přístrojem *Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals* (SHERLOC), který obsahuje Ramanův spektrometr a laserem indikovanou luminescenci pro citlivou detekci minerálů, organických látek a možných biomarkerů [49].

Použitá literatura

- [1] Schiaparelli, G.V., *Il pianeta marte*. Natura ed Arte, 1893. **2**(5-6): p. 1-15.
- [2] MariaLane, K.D., *Mapping the Mars Canal Mania: Cartographic Projection and the Creation of a Popular Icon*. Imago Mundi, 2006. **58**(2): p. 198-211.
- [3] Lowell, P., *Mars as the Abode of Life*. 1908: The Macmillan Company.
- [4] Sadil, J., *Planeta Mars*. 1956, Praha: Orbis. 284.
- [5] Sinton, W.M., *Spectroscopic evidence for vegetation on Mars*. The Astrophysical Journal, 1957. **126**: p. 231.
- [6] *Space 50*. 1.11.2019]; Available from: http://space50.cz/index.php?jazyk=pp_en.
- [7] Vitek, A. *Space 40*. 1.11.2019]; Available from: <https://www.lib.cas.cz/space.40/IN-DEX1.HTM>.
- [8] Klein, H.P., J. Lederberg, and A. Rich, *Biological experiments: the Viking Mars lander*. Icarus, 1972. **16**(1): p. 139-146.
- [9] Ezell, E.C. and L.N. Ezell, *On Mars: Exploration of the red planet, 1958-1978*. Vol. 4212. 1984: Scientific and Technical Information Branch, National Aeronautics and Space
- [10] Bizony, P., *Řeky na Marsu*. 1998: Práh.
- [11] Klein, H.P., *The Viking mission and the search for life on Mars*. Reviews of Geophysics, 1979. **17**(7): p. 1655-1662.
- [12] Klein, H.P., et al., *The Viking biological investigation: preliminary results*. Science, 1976. **194**(4260): p. 99-105.
- [13] Horowitz, N., G. Hobby, and J.S. Hubbard, *Viking on Mars: the carbon assimilation experiments*. Journal of Geophysical Research, 1977. **82**(28): p. 4659-4662.
- [14] Levin, G.V. and P.A. Straat, *Completion of the Viking labeled release experiment on Mars*. Journal of molecular evolution, 1979. **14**(1-3): p. 167-183.
- [15] Oyama, V.I. and B.J. Berdahl, *The Viking gas exchange experiment results from Chryse and Utopia surface samples*. Journal of Geophysical Research, 1977. **82**(28): p. 4669-4676.
- [16] Bianciardi, G., et al., *Complexity analysis of the Viking labeled release experiments*. International Journal of Aeronautical and Space Sciences, 2012. **13**(1): p. 14-26.
- [17] Levin, G.V. and P.A. Straat, *The case for extant life on Mars and its possible detection by the Viking labeled release experiment*. Astrobiology, 2016. **16**(10): p. 798-810.
- [18] Hecht, M., et al., *Detection of perchlorate and the soluble chemistry of martian soil at the Phoenix lander site*. Science, 2009. **325**(5936): p. 64-67.
- [19] Navarro-González, R., et al., *Reanalysis of the Viking results suggests perchlorate and organics at midlatitudes on Mars*. Journal of Geophysical Research: Planets, 2010. **115**(E12).
- [20] Ming, D.W., et al., *Volatile and organic compositions of sedimentary rocks in Yellowk-*

- nife Bay, *Gale Crater, Mars*. Science, 2014. **343**(6169): p. 1245267.
- [21] Levin, G.V. and P.A. Straat, *Antarctic soil no. 726 and implications for the Viking labeled release experiment*. Journal of Theoretical Biology, 1981. **91**(1): p. 41-45.
- [22] Vishniac, W.V. and G.A. Welty, *Light scattering experiment: the viking mars lander*. Icarus, 1972. **16**(1): p. 185-195.
- [23] Szathmáry, E., et al., *Life in the dark dune spots of Mars: a testable hypothesis, in Planetary Systems and the Origins of Life*, J. Stone, P. Higgs, and R. Pudritz, Editors. 2007, Cambridge University Press: Cambridge. p. 241-262.
- [24] McKay, C.P. and C.R. Stoker, *The early environment and its evolution on Mars: Implication for life*. Reviews of Geophysics, 1989. **27**(2): p. 189-214.
- [25] Javaux, E.J., Biomarkers, in *Encyclopedia of Astrobiology*, M. Gargaud, et al., Editors. 2015, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 293.
- [26] Dodd, M.S., et al., *Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates*. Nature, 2017. **543**(7643): p. 60.
- [27] Schopf, J.W., *Microfossils of the Early Archean Apex Chert: New evidence of the antiquity of life*. Science, 1993. **260**: p. 640-646.
- [28] Sigel, A., H. Sigel, and R.K. Sigel, *Biomineralization: from nature to application*. Vol. 12. 2008: John Wiley & Sons.
- [29] Cuif, J.-P., Y. Dauphin, and J.E. Sorauf, *Biominerals and fossils through time*. 2010: Cambridge University Press.
- [30] Veis, A., *A window on biomineralization*. Science, 2005. **307**(5714): p. 1419-1420.
- [31] Schüler, D. and R.B. Frankel, *Bacterial magnetosomes: microbiology, biomineralization and biotechnological applications*. Applied Microbiology and Biotechnology, 1999. **52**(4): p. 464-473.
- [32] Grotzinger, J.P., *Habitability, taphonomy, and the search for organic carbon on Mars*. 2014, American Association for the Advancement of Science.
- [33] Elster, J., et al., *Unusual biogenic calcite structures in two shallow lakes, James Ross Island, Antarctica*. Biogeosciences, 2016. **13**(2): p. 535-549.
- [34] Lepot, K., et al., *Microbially influenced formation of 2,724-million-year-old stromatolites*. Nature Geoscience, 2008. **1**(2): p. 118.
- [35] Noffke, N., *Ancient sedimentary structures in the < 3.7 Ga Gillespie Lake Member, Mars, that resemble macroscopic morphology, spatial associations, and temporal succession in terrestrial microbialites*. Astrobiology, 2015. **15**(2): p. 169-192.
- [36] Friedmann, E.I. and R. Weed, *Microbial trace-fossil formation, biogenous, and abiotic weathering in the Antarctic cold desert*. Science, 1987. **236**(4802): p. 703-705.
- [37] Eigenbrode, J., *Molecular fossils*. Encyclopedia of Astrobiology, 2011: p. 1070-1076.
- [38] Thomazo, C. and H. Strauss, *Biomarkers, isotopic*. Encyclopedia of Astrobiology, 2011: p. 183-187.
- [39] Gómez, F., et al., *Multidisciplinary integrated field campaign to an acidic Martian Earth analogue with astrobiological interest: Rio Tinto*. International Journal of Astrobiology, 2011. **10**(Special Issue 03): p. 291-305.
- [40] Storrie-Lombardi, M.C., et al., *Laser-Induced Fluorescence Emission (LIFE): searching for Mars organics with a UV-enhanced PanCam*. Astrobiology, 2009. **9**(10): p. 953-964.

- [41] Vázquez, M., E. Pallé, and P. Montanés Rodrigues, *Earth as a distant planet*. 2010, New York Dordrecht Heidelberg London: Springer. 422.
- [42] McKay, D.S., et al., *Search for the past life on Mars: Possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001*. Science, 1996. **273**: p. 924-930.
- [43] Hand, E., *Mars methane rises and falls with the seasons*. 2018, American Association for the Advancement of Science.
- [44] Krasnopolsky, V.A., J.P. Maillard, and T.C. Owen, *Detection of methane in the martian atmosphere: evidence for life?* Icarus, 2004. **172**(2): p. 537-547.
- [45] Webster, C.R., et al., *Mars methane detection and variability at Gale crater*. Science, 2015. **347**(6220): p. 415-417.
- [46] Vago, J., et al., *ESA ExoMars program: the next step in exploring Mars*. Solar System Research, 2015. **49**(7): p. 518-528.
- [47] Rull, F., et al., *The Raman laser spectrometer for the ExoMars Rover mission to Mars*. Astrobiology, 2017. **17**(6-7): p. 627-654.
- [48] Goetz, W., et al., *MOMA: the challenge to search for organics and biosignatures on Mars*. International Journal of Astrobiology, 2016. **15**(3): p. 239-250.
- [49] Williford, K.H., et al., *The NASA Mars 2020 rover mission and the search for extraterrestrial life, in From Habitability to Life on Mars*. 2018, Elsevier. p. 275-308.

Sborník sylabů ze semináře Kosmické technologie a kosmický výzkum 2019 – část 1

© listopad 2019 Hvězdárna Valašské Meziříčí, příspěvková organizace

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

IČ: 000 98 639

Telefon: + 420 571 611 928

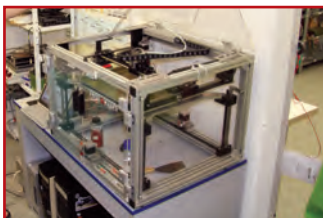
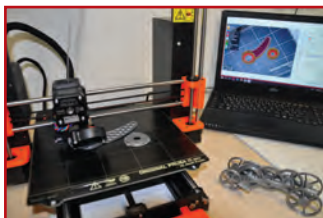
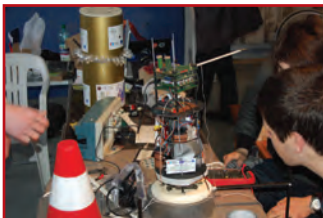
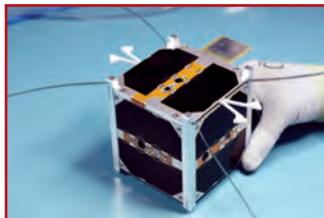
Web: www.astrovnm.cz

Připravil: Libor Lenža

Sazba: Naděžda Lenžová



Projekt SPOLEČNĚ PRO PODPORU VZDĚLÁVÁNÍ V OBLASTI NOVÝCH TECHNOLOGIÍ



PROGRAM SEMINÁŘE

- GARDEROBA PRO MĚSÍC – Ondra Šamárek
- DVANÁCT STATEČNÝCH A TI OSTATNÍ – ASTRONAUTI A POSÁDKY PRO APOLLO – Tomáš Příbyl
- KOSMICKÉ SONDY A JEJICH OBJEVY, 2018–2019 – Michal Václavík
- CISELUNÁRNÍ LETY – Vladimír Daněk
- JAK (NE)NAJÍT ŽIVOT NA MARSU – Jana Kvíderová
- PŘEHLED UDÁLOSTÍ V PILOTOVANÉ KOSMONAUTICE, 2018–2019 – Michal Václavík
- 10 LET SOSA (SKCUBE | ARDEA | STRATOSFÉRICKÉ BALÓNY | ÚSILÍ O ESA A POHLEDY DO BUDOUCNOSTI...) – Jakub Kapuš
- 1969: DOBYTÍ MĚSÍCE – NEJEN PRŮBĚHU LETU APOLLO 11 – Tomáš Příbyl
- SPACEX ROKU 2019 – Dušan Majer
- JAK UKLIDIT OBĚŽNOU DRÁHU – Ivo Míček
- PROJEKT GALILEO - 30 LET OD STARTU VÝZNAMNÉ SONDY – Michal Václavík

Projekt je spolufinancován z programu Interreg V-A Slovenská republika -
Česká republika Fond malých projektů



Detailní pohled na pronikající mrak z nižších vrstev oblak Jupiteru. Výškový rozsah může činit až několik tisíc kilometrů. Zdroj: NASA. K příspěvku *Kosmické sondy a jejich objevy, 2018–2019*.



Na přelomu září a října 2019 pobývalo téměř 7,5 dne na ISS 7 mužů a 2 ženy. Zdroj: NASA
K příspěvku *Přehled událostí v pilotované kosmonautice, 2018–2019*.