

Program Artemis – návrat člověka na Měsíc

Artemis – americký program návratu člověka na Měsíc. Na programu se dominantně podílí americká NASA, v menší míře i další vesmírné agentury: evropská ESA, japonská JAXA a kanadská CSA. První fáze, která bude stát 35 miliard amerických dolarů, by měla být završena přistáním člověka v oblasti jižního pólu Měsíce v roce 2025. Přistávání bude probíhat z vesmírné stanice Gateway na oběžné dráze kolem Měsíce. Program je pojmenován podle Artemis, řecké bohyně Měsíce, která byla dvojčetem boha hudby Apollóna. Jako nosná raketa poslouží nově vyvíjená SLS. Vlastní obytná loď programu Artemis se bude jmenovat Orion.

Je tomu již přes půl století, kdy poprvé vstoupila noha člověka na povrch našeho vesmírného souseda – Měsíce. Vesmírné závody o dobytí Měsíce mezi Spojenými státy a Sovětským svazem skončily fenomenálním úspěchem amerického programu Apollo. Dlouhá desetiletí se poté zdálo, že návrat člověka na Měsíc už není cílem velmocí. To vše by měl změnit americký program Artemis. Jeho název připomíná řeckou bohyni Měsíce, která byla dvojčetem boha hudby Apollóna. Název se proto současně týká jak Měsíce, tak předchozího úspěšného programu Apollo. Podle smělých plánů by měl člověk opět vstoupit na Měsíc v roce 2025, a to v oblasti jižního pólu, který je mimořádně zajímavý z fyzikálního i geologického hlediska. Americká NASA se o to pokusí ve spolupráci s dalšími vesmírnými agenturami: evropskou ESA, japonskou JAXA a kanadskou CSA. Pro přistávání člověka na Měsíci se vybuduje na oběžné dráze kolem Měsíce vesmírná stanice Gateway.

Supertěžké nosiče

Od vyřazení raket Saturn V, k němuž došlo v sedmdesátých letech 20. století, chybí na této planetě nosič „supertěžké kategorie“. Do této skupiny se řadí rakety s nosností přes 50 tun na nízkou oběžnou dráhu (označuje se LEO). Kromě již zmíněných Saturnů V to byla sovětská raketa N-1, která měla dopravit sovětské kosmonauty na povrch Měsíce, a raketa Eněrgija, jež měla sloužit jako nosič pro sovětský raketoplán Buran. Při svém prvním letu měla vynést na oběžnou dráhu maketu bojové družice Poljus (česky Pól), která měla v ostré verzi mít laserový systém pro ničení nepřátelských družic. Let se uskutečnil 15. května 1987 a byl neúspěšný. Při druhém a posledním letu byl úspěšně vynesena na orbitu nepilotovaný sovětský raketoplán Buran – stalo se tak 15. listopadu 1988. Po té byl projekt raketoplánu Buran i rakety Eněrgija ukončen. Raketa Falcon Heavy společnosti SpaceX do této kategorie spadá pouze v případě, že poletí v konfiguraci, v níž dojde k obětování prvního stupně i obou boosterů.

Pokud chceme poslat člověka dále než na nízkou oběžnou dráhu, například k Měsíci, či do ještě větší vzdálenosti, je třeba mít silný nosič. Americká NASA si tuto potřebu uvědomovala a již v osmdesátých



letech dvacátého století vzniklo několik koncepcí založených na designu tehdy zbrusu nových raketoplánů. Jednou z nich byla například koncepce *Shuttle-C*. Mělo jít o jednorázově použitelnou, nepilotovanou nákladní verzi raketoplánu. První koncepce rakety podobající se současné SLS se objevila již v roce 1991 během programu NLS (*National Launch System*). Projekt se bohužel nedostal z koncepční fáze, neboť byl administrativou prezidenta Billa Clintona v roce 1993 zrušen. V roce 2004 prezident George W. Bush vyhlásil program „*Constellation*“ (česky Souhvězdí), který měl za cíl znovu dopravit člověka na měsíční povrch do konce dvacátých let. V rámci tohoto programu mělo dojít ke konstrukci nové třídy raket Ares – v první fázi k vývoji raket Ares I a Ares V.

Ares I byla dvoustupňová raketa, která měla vynášet modul Orion s lidskou posádkou na nízkou oběžnou dráhu. První stupeň tvořil pětisegmentový raketový motor na pevné palivo SRB (*Solid Rocket Booster*) s tahem 15 000 kN. Druhý stupeň tvořil motor J-2X, který používal k pohonu směs tekutého vodíku a tekutého kyslíku. Ares I měl mít cílovou nosnost na nízkou oběžnou dráhu okolo 25 tun a primárním úkolem bylo vynášet loď Orion k Mezinárodní kosmické stanici a na oběžnou dráhu. Raketa Ares I, respektive její prototyp Ares I-X, letěla pouze jednou, a to 28. října 2009. Let byl částečně úspěšný, během odpojování prvního stupně došlo k anomálii, při které první stupeň narazil do stupně druhého.

Zatímco raketa Ares I byla určena k vynášení astronautů, Ares V měla být tažným koněm celého programu „*Constellation*“, neboť byla určena k vynášení až 160 tun nákladu na nízkou oběžnou dráhu (LEO). Jednalo se opět o dvoustupňovou raketu, první stupeň měl využívat prodlouženou verzi externí palivové nádrže používané raketoplány, která by obsahovala palivo a oksyličovadlo pro pět (nebo šest, nebylo definitivně rozhodnuto) motorů RS-68B, každý s tahem 3 300 kN. K nádrži měly být připojené dva pětisegmentové boostery SRB, každý s tahem 15 000 kN. Druhý stupeň měl být poháněn jedním, nebo dvěma motory J-2X. Je nesmírná škoda, že raketa Ares V nikdy nepustila projekční fázi. Celý program *Constellation* ukončila v roce 2010 administrativní rozhodnutí prezidenta Baracka Obamy. Oficiálním důvodem bylo značné překročení plánovaného rozpočtu. Součástí programu byl také vývoj kabiny Orion a servisního modulu vyvíjeného Evropskou kosmickou agenturou, ale o nich později.



Sovětská raketa *Eněrgija* s prototypem bojové družice *Poljus* připravená ke startu na kosmodromu Bajkonur. Zdroj: Neznámý.

LEO – Low Earth Orbit, nízká oběžná dráha, na které obíhají družice kolem Země ve výšce od cca 200 km do 2 000 km. Oběžná doba je od 84 do 127 minut. V této výšce již není takový odpor vzduchu, aby způsobil rychlý pokles výšky.

MEO – Medium Earth Orbit, střední oběžná dráha, na které obíhají družice kolem Země ve výšce od 2 000 km do 35 000 km.

GEO – Geostationary Earth Orbit, geostacionární dráha. Družice na této dráze má takovou oběžnou dobu, že zdánlivě „visí“ nad určitým místem Země. Výška takové dráhy je 35 800 km.

Saturn V – největší nosná raketa dosud vyrobená člověkem. Raketa Saturn V byla použita v programu Apollo a bezpečně dopravila člověka na Měsíc. Později vynesla upravená verze kosmickou stanici Skylab na oběžnou dráhu Země. Jedná se o třístupňovou raketu. První stupeň (5 motorů F-1 společnosti Rocketdyne) využíval jako palivo kerosin a kapalný kyslík, hořel 150 sekund a celkový tah měl 34 MN. Druhý stupeň (5 motorů J2) měl jako palivo kapalný vodík a kyslík, hořel 360 sekund a tah měl 5 MN. Třetí stupeň měl jediný motor J2 s tahem 1 MN a zapaloval se dvakrát, poprvé na 165 sekund a podruhé na 335 sekund. Celková výška rakety byla 111 metrů, průměr měla 10 metrů, hmotnost 3 000 tun. Při 13 startech rakety nedošlo nikdy k žádné havárii. Poslední start proběhl v roce 1973.

Nádrže na tekutý vodík a tekutý kyslík používané americkými raketoplány. Zdroj: NASA.



Raketa SLS

Raketa SLS (*Space Launch System*) je vyvíjena od roku 2011. Jde o „levnější“ alternativu ke třídě raket Ares. První stupeň SLS tvoří prodloužená verze externí palivové nádrže raketoplánů (program *Space Shuttle*). Nádrž je prodloužena ze 47 na 62 metrů, obsahuje palivo a okysličovač – tekutý vodík a tekutý kyslík – pro 4 motory RS-25D. Stejný typ motorů poháněl raketoplány. Pro první lety budou použity motory vyvinuté a používané v rámci letů raketoplánů. Od pozdějších letů se počítá s výrobou výkonnější verze označované jako RS-25E. K nádrži budou připevněny dva pětisegmentové pomocné raketové motory na pevné palivo (podobné, jako u raketoplánů, ale s tím rozdílem, že raketoplány používaly dvě čtyřsegmentové verze). Druhý stupeň rakety SLS Block 1 je tvořen druhým stupněm raket Delta IV poháněným jedním motorem RL-10B-2. Pro verzi SLS Block 1B se počítá s vývojem nového druhého stupně označovaného jako EUS (*Exploration Upper Stage*). Měl by být poháněn čtyřmi motory RL10C-3. Pro zajímavost: třetí stupeň raket Saturn I pohánělo šest motorů RL10A-3.

S verzí SLS Block 1 se počítá pro mise Artemis 1 až Artemis 3. Artemis 1 má za cíl bez posádky obletět Měsíc, mise Artemis 3 má v roce 2025 přistát na jižním pólu Měsíce. S Verzí SLS Block 1B se počítá od mise Artemis 4. Jisté pochybnosti způsobuje cena za SLS, neboť roční náklady na provoz se odhadují na dvě miliardy dolarů, přičemž samotná raketa má stát okolo 800 miliónů dolarů.

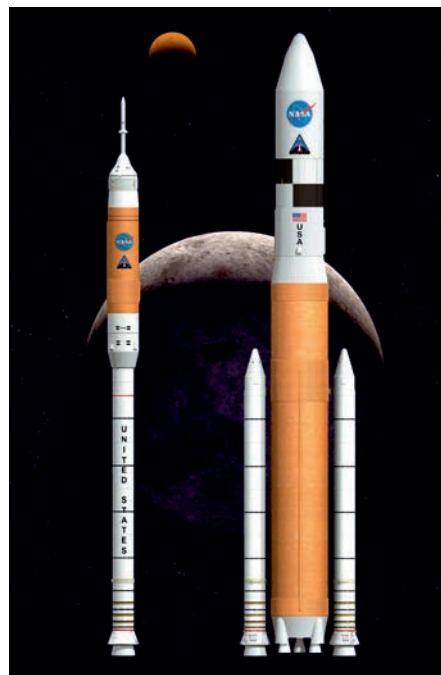
Raketa SLS měla původně vynést sondu Europa Clipper k Jupiteru. Přednost ale získala plánovaná cesta k Měsíci, a proto se autoři projektu museli poohlédnout po komerčním nosiči. Nakonec se problém vyřešil a sonda Europa Clipper bude vynesena raketou Falcon Heavy společnosti SpaceX. Stále se ale počítá s použitím rakety SLS pro vynesení následovníka sondy Europa Clipper, sondy Europa Lander, která by měla startovat k Jupiterově měsíci Europa v roce 2027, přistát na tomto měsíci a po-

kusit se provrtat jeho ledový příkrov. Prvních pět raket SLS je nyní blokováno pro lety k Měsíci v rámci projektu Artemis. Po mnoha odkladech stále platí, že první mise Artemis 1 by měla proběhnout v květnu 2022, tedy v období vydání této knihy. Jejím cílem je oblet Měsíce bez posádky. V plánu je při této misi vypustit miniaturní sondy CubeSat na translunární dráhu, po které se dostanou k Měsíci. Druhá mise, plánovaná na květen 2024, by měla dopravit člověka k Měsíci a opět vypustit početnou flotilu CubeSatů na translunární dráhu. Posádka Měsíc ale pouze obletí. K přistání by mělo dojít až při třetí misi plánované na rok 2025. Čtvrtá mise je plánována na rok 2026 a pátá na rok 2027. Po roce 2027 by měla být raketa SLS konečně využitelná i pro jiné projekty, než je Artemis. Počítá se s jejím nasazením pro projekty *Neptune Odyssey* (cesta k Neptunu a jeho měsícům), již zmíněný *Europa Lander*, *HabEx* (hledání obyvatelných exoplanet v naší Galaxii), *Origins Space Telescope* (vynesení dalekohledu pro vzdálený infračervený obor) a mnohé další. Raketa SLS by se tedy během nejbližších pěti let měla stát základním nosičem americké kosmonautiky.

Lod' Orion

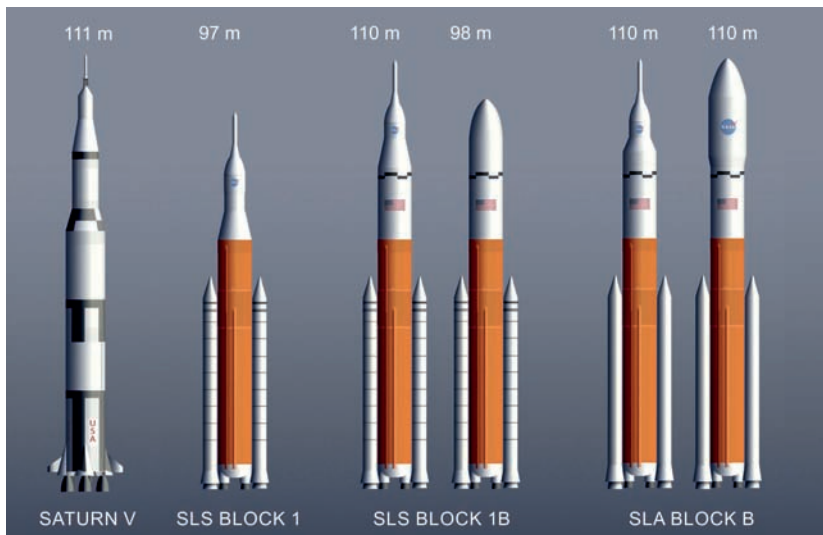
Celý název lodi je Orion MPCV (*Orion Multi-Purpose Crew Vehicle*). Tato vesmírná loď se skládá z modulu pro posádku CM (*Crew Module*) a z evropského servisního modulu ESM (*European Service Module*) zajišťujícího pohon a manévrování lodi. Vesmírná loď Orion pochází z programu *Constellation* a je ve vývoji od roku 2006. Její první let proběhl dne 5. prosince 2014, kdy byla vynesena pomocí rakety Delta IV Heavy na oběžnou dráhu. Testovací let trval několik hodin a modul pro posádku (kapsle) se úspěšně vrátil na Zem.

Lod' Orion je navržena pro šest astronautů, jejichž mise mohou trvat po dobu až tří týdnů. K pohonu Orionu slouží evropský servisní modul ESM obsahující řadu manévrovacích trysek a hlavní motor AJ10. Během misí Artemis 1 až 3 bude použit typ AJ10-190, jenž používá jako palivo monometylhydrazin a jako okysličovadlo oxid dusíku NO_2 . Tento typ motoru byl používán raketoplány při manévrování na oběžné dráze, předešlá generace tohoto motoru, AJ10-137, poháněla servisní modul programu Apollo. Výhodou hydrazinového paliva je jeho vysoká stabilita a fakt, že snese i prudké změny teploty po dlouhou dobu. Nevýhodou je vysoká toxicita a karcinogenita, proto se převážně používá k pohonu vyšších stupňů raket nebo vesmírných sond.



Rakety Ares I a Ares V ze zrušeného programu Constellation (2004–2010). Zdroj: NASA.





Porovnání raket SLS s raketou Saturn V. Verze se záchrannou věžičkou (nalevo) je verze pro posádku (pod věžičkou je kuželovitá kabina posádky s katapultovacím zařízením a pod ní vlastní loď Orion). Verze bez věžičky (napravo) je určena pouze pro dopravu nákladu (Cargo). Zdroj: NASA.



V rámci programu Artemis se počítá při misi Artemis 1 s nepilotovaným testem lodě Orion v polovině roku 2022, následně o dva roky později by mělo během pilotované mise Artemis 2 dojít k obletu Měsíce – tato mise by měla trvat 21 dní – a následná mise Artemis 3 by již měla přistát na měsíčním povrchu. Plánovaná data startů ale byla již několikrát posunuta. Při všech letech bude loď Orion vynesena na oběžnou dráhu raketou SLS, jmenovitě pro mise Artemis 1 až 3 raketou SLS Block 1, od mise Artemis 4 se počítá s využitím výkonnější verze SLS Block 1B.

Srovnání misí Apollo a Artemis

Hlavním rozdílem bude místo přistání. Mise Apollo mohly přistávat pouze do třicáté rovnoběžky (severně i jižně) od měsíčního rovníku. Bylo to dáno jejich letovou trajektorií. Přistát v okolí měsíčního rovníku je navigačně a technicky nejsnazší – ze všech možných přistávacích míst je potřebná změna rychlosti mezi oběžnou dráhou a povrchem nejmenší. Pokud je vaším cílem „jen“ přistát na Měsíci, je toto ideální volba. Pokud chcete na Měsíci zůstat delší dobu, je vhodnější zvolit místo, které vám umožní získat komodity, například vodu, které by jinak musely být dovezeny ze Země. Voda se ve formě ledu nachází v kráterech v okolí měsíčních pólů, větší koncentrace se předpokládá na jižním pólu, který je také cílem programu Artemis. Vodu, resp. hydroxylové molekuly, objevila sonda *Lunar Reconnaissance Orbiter* po dopadu impaktoru do jednoho z kráterů v blízkosti jižního pólu Měsíce. K čemu je vlastně potřeba voda? Kromě obvyklých lidských potřeb, kterými je dostatečná hydratace nebo kyslík pro dýchání, lze vodu přeměnit na raketové palivo. Mít jeho zásobárnu 400 tisíc kilometrů od Země není k zahazení, ušetří to značnou část nákladů pro budoucí mise k Marsu či k planetkám. Program Artemis také počítá s výstavbou vesmírné stanice Gateway na polární dráze kolem Měsíce.

Lunární orbitální stanice Gateway

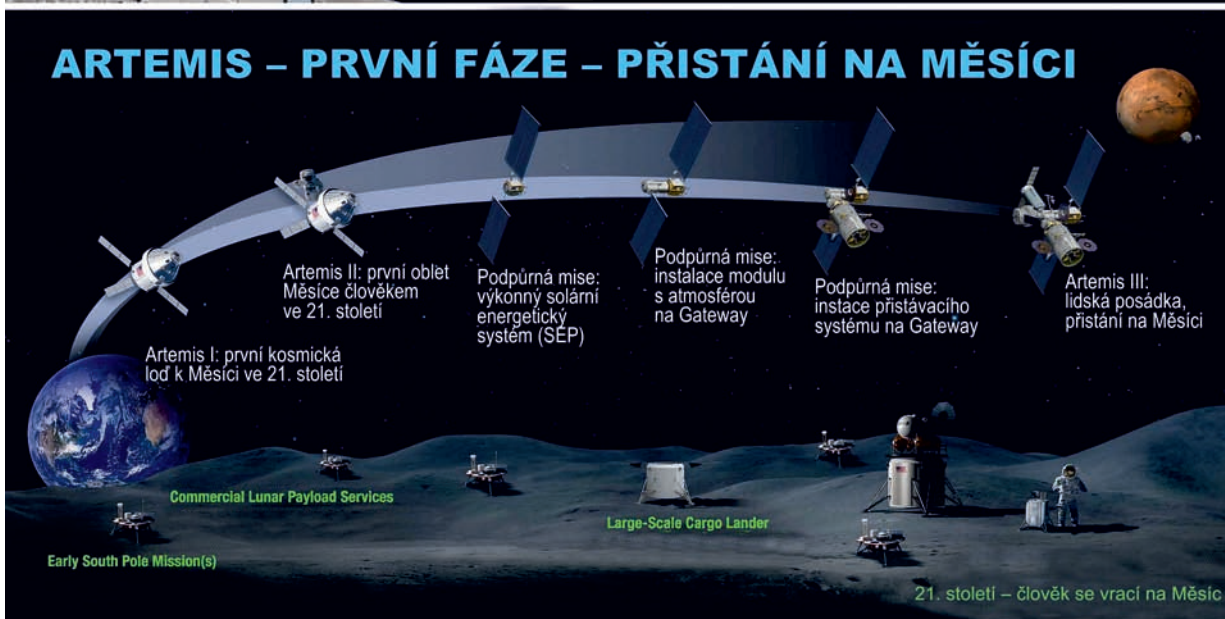
Výběr vhodné oběžné dráhy pro lunární orbitální stanici probíhal na základě mnoha kritérií a byl nakonec kompromisem, který umožní lodi Orion spojení se stanicí a bezpečné přistání na Měsíci. Stanice Gateway bude nakonec obíhat na polární dráze okolo Měsíce, periluna má být ve výšce přibližně 3 000 km nad severním pólem Měsíce a apoluna ve výšce 70 000 km nad jižním pólem Měsíce. Perioda oběhu by měla být 7 dní a stanice nebude, na rozdíl od Mezinárodní kosmické stanice, obydlená po celý rok. V první fázi se počítá se čtyřmi moduly lunární orbitální stanice Gateway: modul PPE (*Power and Propulsion Element*) zajišťující energetické potřeby stanice, obytný a zásobovací modul HALO (*Habitation and Logistics Outpost*), modul pro telekomunikaci a doplňování paliva ESPRIT (*European System Providing Refueling, Infrastructure and Telecommunications*) a další obytný modul iHAB (*International Habitation Module*). Oba obytné moduly HALO a iHAB budou poskytovat přibližně 125 metrů krychlových obyvatelného prostoru pro posádku. Stanice bude samozřejmě budována a uváděna do provozu postupně.



Mezinárodní lunární stanice Gateway. Zdroj: NASA.

Ilustrace lodi Orion při zážehu motorů, který loď navede na přechodovou dráhu k Měsíci. Zdroj: NASA.





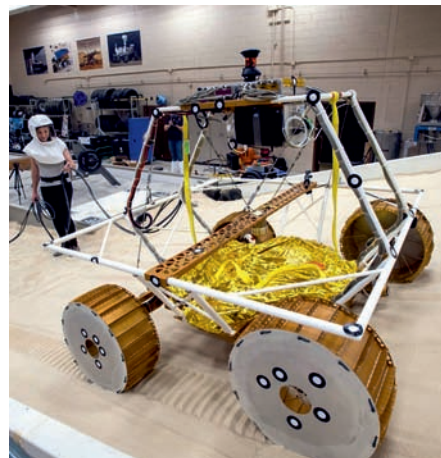
Přistání na Měsíci

Přistání na Měsíci bude probíhat následovně: loď Orion se připojí ke stanici Gateway. Ke stanici bude také připojen přistávací modul, který bude vyneseno pomocí komerčních raket. Část osádky Orionu přestoupí do přistávacího modulu, který se oddělí od stanice ve chvíli, kdy stanice bude nejbližší měsíčnímu povrchu a provede zážeh motoru, který jej zpomalí. Až se bude modul přibližovat k jižnímu pólu, dojde ke druhému zážehu a následnému přistávacímu manévru zakončenému samotným přistáním. Celý proces od opuštění stanice po přistání by neměl trvat déle než den. Okno pro start z Měsíce se bude otevírat každých sedm dní, opětovné spojení se stanicí se bude znovu odehrávat během největšího přiblížení stanice k povrchu.

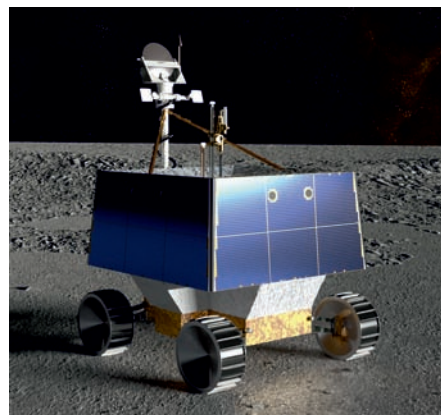
Program Artemis nebude čistě americkou záležitostí, Evropská vesmírná agentura ESA vyvíjí servisní moduly pro loď Orion a společně s Japonskou vesmírnou agenturou JAXA vyvíjejí obytný modul iHAB. Stejně jako v případě Mezinárodní kosmické stanice se počítá s „robotickou rukou“, která umožní snazší připojení lodí ke stanici. Robotickou ruku dodá Kanadská vesmírná agentura CSA. Zásobování stanice by měly zajišťovat jak státní (JAXA, Roskosmos, ESA), tak i soukromé subjekty (Blue Origin, ULA, SpaceX...). Na podzim roku 2019 projevil zájem o širší zapojení do programu Artemis Japonsko. Japonsko konkrétně nabízí nové generace dopravních lodí, které budou pomáhat dopravovat zásoby k Měsíci a také vývoj a stavbu lunárního roveru. To vše výměnou za přistání japonského astronauta, či astronautů na měsíčním povrchu.

V rámci programu Artemis, před samotným přistáním člověka, dojde na jižním pólu Měsíce k přistání několika automatů se zásobami, rovery, či jinými vědeckými přístroji. V současné době usiluje 14 společností o vítězství svého přistávacího modulu v tomto podpůrném programu, který dostal název *Commercial Lunar Payload Services*. Na konci roku 2023 by měl na jižním pólu Měsíce přistát rover VIPER (*Volatiles Investigating Polar Exploration Rover*), který bude mít za úkol zkoumat výskyt a dostupnost ledu v místě přistání misí Artemis. Doufejme, že se po více než půl století člověk úspěšně vrátí k našemu nejbližšímu vesmírnému sousedu – Měsíci – a plány několika vesmírných agentur se podaří splnit.

■ Vilém Boušek, 13. 3. 2020, AB 11/2020



Vývoj roveru VIPER. Snímek je z roku 2020. Zdroj: NASA.



Umělecká vize roveru Viper na Měsíci. Zdroj: Sierra Nevada Corporation.