

Příběhy měsíčních map

Antonín Růkl

Počátkem třetího tisíciletí má virtuální tulák po sluneční soustavě na vybranou z celé řady více či méně prozkoumaných lokalit. Jestliže by hlavním kritériem výběru mělo být spolehlivé globální zmapování cílového tělesa, pak se nabízí především Mars, vícenásobně ofotografovaný a pokrytý mnoha sadami přesných map. Kdejaký kámen byl zaznamenán na planetce Eros. A potom lze vybírat z celé řady těles, zmapovaných méně spolehlivě, tj. nehomogenně (s nestejnou přesností a rozlišením podrobností v různých oblastech), nebo jen zčásti; kupodivu sem patří také Luna, naše sousedka. Jak to, že právě ona nebyla uvedena na prvním místě?

Odkaz starých selenografů

Byly jich desítky a zasloužili by zde mnohem více místa, než tento krátký odstavec. Poznávání Měsíce dalekohledem se datuje od Galileových pozorování v r. 1610. Kolem poloviny 17. století se objevují první „mapy“, nebo spíše kresby Měsíce, zpracované od ruky, bez měření poloh a s podrobnostmi viditelnými např. dnešním triedrem. Již v r. 1628 nakreslil *Michel Florent van Langren* (Langrenus) vyobrazení Měsíce, kde byly nejvýraznější útvary pojmenované po vybraných osobnostech – jen Langrenovo jméno z nich zůstalo dodnes. Také z další mapy, kterou v r. 1647 uveřejnil *Johannes Hevelius*, se zachovalo jen několik názvů. Lépe se ujal názvosloví, které zavedl *Giovanni Battista Riccioli* (1651); většina jeho názvů přešla do současné nomenklatury měsíčních útvarů.

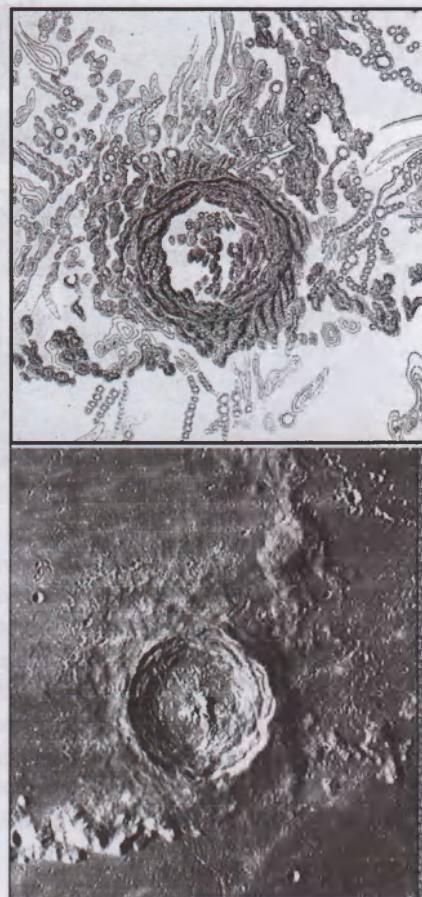
První opravdovou mapu, založenou na pečlivých měření poloh kráterů, zkonstruoval v l. 1748–49 *Tobias Mayer*. Jeho práci pak rozvíjeli zejména němečtí selenografové, zakladatelé selenografie jako vědního oboru, zabývajících se měřením, mapováním a popisem měsíčních útvarů. K těm nejvýznamnějším patřili *Johann Hieronymus Schröter* (1745–1816), *Wilhelm Gottlieb Lohrmann* (1796–1840), *Wilhelm Beer* (1797–1850), *Johann Heinrich Mädler* (1794–1874) a *Johann Friedrich Julius Schmidt* (1825–1884). Schmidtova mapa z r. 1878 obsahovala přes 30 000 kráterů, představovala vrchol úsilí visuálních pozorovatelů před érou fotografie.

Všichni klasičtí selenografové se opírali o přesná, mikrometrická měření poloh a o nesčetná vizuální pozorování. A všichni se museli svým způsobem vyrovnat s technikou zobrazování měsíčních útvarů. Zprvu to byly jednoduché či dvojité obrysy kráterů, později se kreslíři snažili vystihnout topografické tvary pomocí šraf, nebo obdoby vrstevnic, známých z pozemských map. Čitelnost takových map je nesnadná, vyžaduje od uživatele cvik, zkušenost a nemalou dávku prostorové představivosti. Kreslíř se opíral o vlastní interpretaci pozorovaných tvarů a přitom se nevyhnutelně dopouštěl chyb a omylů. Spolehlivost starých map je omezená i tím, že musely být kreslené „od oka“, doplňováním podrobností mezi zaměřenými body, jejichž síť nemohla nikdy být dostatečně hustá.

Co nám otcové selenografie odkázali? Nesčetná pozorování a popisy měsíčních útvarů, měření poloh, výšek, profilů... mnohá z nich dodnes použitelná. Systém měsíčního názvosloví, velice cenný odkaz, na němž je od r. 1930 budováno jednotné mezinárodní názvosloví IAU. Velkoryse koncipované mapy a atlasy Měsíce, krásná grafická díla značné historické ceny.

Mapy dvou učitelů

Na konci řady klasických selenografů, na přelomu 19. a 20. století, stanul *Philipp Johann Heinrich Fauth* (1867–1941). Ve svých 23 letech se stal učitelem a jako vášnivý astronom amatér si postavil první hvězdárnu s 15 cm refraktorem v obci Kaiserslautern. O dva roky později byl pře-



Obr. 1. Studie P. Fautha k mapě 1 ku milionu, povrchové útvary jsou znázorněny vrstevnicemi, kreslenými od oka. Dole: stejná oblast na snímku z Lunar Orbiteru IV. Sever je dole. Eratosthenes má průměr 58 km a je hluboký 3570 m. Podrobné srovnání obou obrázků ukazuje nejen obdivuhodné výsledky Fauthova vizuálního pozorování a ruční kresby, ale i nevyhnutelné odchylky kresby od objektivní reality.

ložen do vzdálenějšího města a následovaly čtyři roky náročného pendlování za pozorování: odpoledne 4,5 km pěšky cestou přes kopce, pak 16 km vlakem a další 1 km pěšky na hvězdárnu. Ráno za svítání zpátky do školy, v létě i v zimě, někdy v hlubokém sněhu, nikdy na úkor povinností ve škole. Příklad německé důkladnosti.

Později postavil ještě tři soukromé hvězdárny a ne malé: od r. 1911 pozoroval vynikajícím refraktorem 385/4100 mm (byl to největší ze 16 dalekohledů, které Fauth postupně používal; kolik amatérů si kdy pořídilo takové „sklo“?). Byla to rozporuplná osobnost, vlk samotář, který si proti sobě popudil kdekoho; urazil i slavnou anglickou astronomickou společnost, když vybrané kresby Měsíce od britských pozorovatelů označil za příklad „degenerované selenografie“. Obětoval roky života a popsal stovky

stran na obhajobu pošetilé Hörbigerovy „ledové kosmogonie“. Avšak na druhé straně to byl nepředstavitelně pilný a zkušený pozorovatel, vynikající kreslíř a vlastní pozorování mu byla podkladem pro řadu publikací. V popředí jeho zájmů byl Měsíc. Jeho kniha „Unser Mond“ (1936, 600 stran) stále ještě patří k nejpodrobnějším a nejzavšvěčenějším popisům měsíčního povrchu. Vydal dva atlasy vybraných oblastí Měsíce (1895 a 1932). Jeho životním dílem byla mapa Měsíce v měřítku 1:1 000 000 ve 22 sekcích, kterou jako celek rozpracoval, ale stačil dokončit pro tisk jen 5 sekcí. Zbývajících 17 sekcí později připravil do tisku Fauthův syn Hermann a atlas byl vydán až v r. 1964, kdy ovšem měl již jen historický význam. Dodnes však obdivujeme preciznost Fauthovy kresby, znázorňující měsíční povrch obdobou vrstevnic, kreslených „od oka“, podle představy a zkušenosti pozorovatele, kreslíře a kartografa v jedné osobě.

Fauth byl poslední z velkých selenografů-pozorovatelů, jenž přistoupil k titánskému úkolu podrobně popsat a zmapovat Měsíc na základě celoživotních vizuálních pozorování. Na rozdíl od svých starších předchůdců se již mohl opřít také o fotografie, ale využil je pouze jako poziční podklad, protože vizuálně mohl tehdy zachytit mnohem jemnější detaily. Vizuální pozorování Měsíce ze Země mají ovšem určitá omezení, daná použitou aparaturou, pozorovacími podmínkami a samotným pozorovatelem. Fauth si vytkl nespílitelný úkol, a jeho pokus o přesné zmapování Měsíce v měřítku 1 ku milionu to ilustruje (obr. 1). Vizuálně lze sice rozlišit na Měsíci jednotlivé útvary i menší než 1 km v průměru, ale v interpretaci pozorování a zejména v zakreslení útvarů a větších oblastí do mapy vznikají v praxi odchylky velké

až několik km. Teprve fotografické metody umožnily objektivní a přesné mapování.

Docela jiný příběh učitele, který mapoval Měsíc, se odehrál v nepříliš odlišné době v Praze. Karel Anděl (1884–1947) byl český učitel, astronom amatér, spoluzakladatel Československé astronomické společnosti, ČAS. Rychle se rozrůstající společnost od svých začátků připravovala pro členy i pro širokou veřejnost odbornou literaturu, pomůcky a astronomické mapy. Hlavním hybatelem a sponzorem publikační činnosti ČAS byl pan Josef Klepešta, podnikatel, také spoluzakladatel ČAS a její pozdější jednatel, zakladatel Knihovny přátel oblohy, zanícený fotograf a iniciátor řady projektů astronomických map. Klepeštiny aktivity spolu se zájmy a mimořádným nadáním Karla Anděla jako vynikajícího kreslíře a kartografa vedly ke vzniku mapy Měsíce zcela nových kvalit.

Ve srovnání s rozsáhlými projekty předních selenografů minulosti bylo zadání pro Anděla velmi skromné: nakreslit přehlednou mapu Měsíce pro astronomy amatéry. Anděl nevycházel z vizuálních pozorování, ale jako mapové podklady použil fotografie, především kvalitní snímky Měsíce z Licovy observatoře, které pan Klepešta vyhledal v pozůstalosti po L. Weinekovi, řediteli bývalé pražské hvězdárny. Svým pojetím zpracování mapy Karel Anděl předešel tehdejší kartografii Měsíce o několik desetiletí. Nejen že důsledně vycházel z fotografií jako objektivního podkladu pro zakreslení poloh a tvarů měsíčních útvarů, ale především navrhl a použil zcela nový způsob kresby měsíčního povrchu. Místo pracné a laikovi těžko srozumitelné kresby ve šrafách či vrstevnicích použil Anděl velmi elegantní a názorné, realistické vyobrazení Měsíce, jakoby celý jeho povrch byl osvětlen Sluncem ze stejné výšky nad obzorem. Výsledkem byla mapa nejen přesná a názorná, ale i graficky velmi krásná. Byla vydána v r. 1926 pod názvem „Mappa Selenographica“ ve dvou provedeních: jako černobílý tisk bez názvů a v hnědém odstínu s názvy a pravouhloú souřadnicovou sítí (obr. 2 + celou mapu přetiskujeme plnobarevně na str. 42). Mapa byla přijata s nadšením u nás i v zahraničí. Povzbuzen úspěchem, zahájil Karel Anděl práci na mnohem náročnějším projektu, kterým měl být velký atlas Měsíce. Bohužel, do konce svého života stačil zpracovat jen některé listy díla, jež by bývalo



Obr. 2. Výřez z „Andělových map“, která vyšla v r. 1926 ve dvou provedeních, na obrázku je ukázka „hnědé“ verze s přetiskem pravouhloú souřadnicové sítě a názvosloví. Podle tehdejších zvyklostí je sever na mapě dole, jako v převraceném dalekohledu. Na zobrazeném detailu je vyznačena poloha kráteru, pojmenovaného v r. 1935 na počest Karla Anděla (jméno Anděl bylo do reprodukce doplněno dodatečně).

mohlo mít ve světě nemenší ohlas než pozdější hvězdné atlasy Bečvářovy.

Třicet let po vydání Andělových map o ní napsali známí britští selenografové, H. P. Wilkins a P. Moore: „Obrazová mapa Karla Anděla z Prahy je překrásné dílo, obsahující mnoho podrobností. Vzhled měsíčních útvarů je na ni zdůrazněn jemným stínováním provedeným s neobyčejnou zručností, takže tato mapa je nejnázornější dosud (v r. 1957 – pozn. autora) vydanou mapou Měsíce.“ Měli pravdu. Až 34 roků po vydání Andělových map začaly vycházet mapy LAC, znamenající další vývojový stupeň v zobrazování měsíčního povrchu, ale to už je jiný příběh.

Dodejme, že oba zmínění učitelé, astronomové amatéři (ale byli to opravdu jen amatéři?) právem zaujali svá místa v měsíčním Panteonu, když IAU přiřadila v r. 1935 jejich jména ke dvěma kráterům.

Příběh milionové mapy

Astronomie v první polovině dvacátého století mířila do vzdálených končin vesmíru a výzkum Měsíce v podstatě vymizel z programů profesionálních pracovišť. Zdálo se, že o našem nejbližším nebeském sousedu toho už víme dost. Situace se radikálně změnila koncem padesátých let se zahájením éry kosmických letů. Náhle se ukázalo, jak nepřesné a nedostatečné pro přípravu letů na Měsíc byly tehdejší poznatky o měsíčním povrchu. Mezi jiným zcela chyběly podrobné a spolehlivé mapy.

K Měsíci se obrátila pozornost předních astronomů; mezi nimi to byl především

Ing. Antonín Růkl (*1932)

Vystudoval fakultu geodézie ČVUT v Praze, obor geodetické astronomie. Od r. 1960 lektor a vedoucí Planetária Praha, od r. 1979 pracovník Hvězdárny a planetária hl.m. Prahy (do r. 1999 byl zástupcem ředitele HaP). Autor astronomických map, atlasů a populárně vědeckých publikací, kartograf a ilustrátor. Autor šestice *Map měsíčních polokoulí* (1970), *Atlasu Měsíce* (Atlas of the Moon, Mondatlas, Atlas de la Lune, též v japonštině, 1990-2003), nástěnné mapy Měsíce (1999). Na jeho počest pojmenovala IAU v r. 2000 planetku (15395) Rukl (objevitel P. Pravec v r. 1997 v Ondřejově).
E-mail: rukl@planetarium.cz



Obr. 3. Mapování libračních oblastí Měsíce: Vpravo je výřez z Rektifikovaného atlasu Měsíce se zvýrazněným poledníkem 90°E, což je smluvené rozhraní mezi přivrácenou a odvrácenou stranou Měsíce. Vlevo je mapa odpovídající librační oblasti (A. Ruki, Atlas Měsíce, Praha 1990), tj. okolí poledníku 90°E, teoreticky pozorovatelné ze Země za optimálních podmínek (extrémní librace, vhodné osvětlení, ...). Výmluvný doklad toho, že ze Země prakticky nelze rozpoznat a mapovat útvary ve vzdálenějších partiích libračních oblastí. Učebnicové tvrzení, že ze Země můžeme díky libracím pozorovat celkem 59% povrchu Měsíce, má pouze teoretický význam.

Gerard Kuiper (1905–1973), Američan holandského původu, vynikající vědec a organizátor, ředitel Yerkesovy a McDonalldovy observatoře, zakladatel Lunar and Planetary Laboratory při Arizonské univerzitě v Tucsonu. Pod jeho vedením vznikly čtyři velké fotografické atlasy, zakládající novou etapu mapování Měsíce; nadále to už nebyla mravenčí, celoživotní práce jednotlivců, ale týmová práce, vedoucí mnohem rychleji a efektivněji k vytčenému cíli. Základním mapovým podkladem se stává fotografický snímek, vizuální pozorování dostávají pouze doplňující úlohu.

V roce 1960 vychází „Kuiperův atlas“ (Kuiper, G. P. et al.: *Photographic Lunar Atlas*. University of Chicago Press, 1960). Byl to výběr nejkvalitnějších snímků z velkých observatoří, Lickovy, Yerkesovy atd., sice nehomogenní soubor, ale nic lepšího v té době nebylo k dispozici. O rok později vyšel Ortografický atlas Měsíce, což byly vybrané snímky z Kuiperova atlasu opatřené přetiskem sítě selenografických souřadnic (Kuiper, G. P., Arthur, D. W. G., Whitaker, E. A.: *Orthographic Atlas of the Moon*. University of Arizona Press, Tucson, 1961). Následovala pozoruhodná novinka: Rektifikovaný atlas, kde byly pozemské snímky Měsíce fotograficky transformo-

vány do „kosmické“ perspektivy, ukazující jednotlivé části Měsíce bez obvyklého zkreslení (Whitaker, E. A. et al: *Rectified Lunar Atlas*. University of Arizona Press, Tucson, 1963). Zejména v okrajových částech Měsíce, fotografovaných za příznivých librací v šířce a délce, se tak podařilo zpřesnit dosavadní mapy i názvosloví měsíčních útvarů (obr. 3).

Uvedená tři díla byla vydána v malých nákladech a jsou dostupná až na výjimky jen v odborných ústavech, málokterý amatér měl možnost s nimi pracovat. Podobný osud na dlouho postihl také dodnes nedokonalejší lunární atlas pozemského původu, *Consolidated Lunar Atlas, CLA* (Kuiper, G. P. et al.: *Consolidated Lunar Atlas*. Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, 1967). Je to homogenní soubor vynikajících snímků z 61" astrometrického reflektoru Catalina Observatory. Atlas byl rozmnožen fotograficky, všechny listy v něm jsou originální, pečlivě zpracované zvětšeniny s vysokým rozlišením podrobností. G. Kuiper osobně představil první listy nového díla na kongresu IAU v Praze v r. 1967. Bylo vydáno jen něco málo přes 100 kopií CLA, opět se jednalo o výjimečné, těžko dostupné dílo. Dnes je díky internetu (a především díky iniciativě

autorů projektu) CLA k dispozici on-line, zdarma pro všechny zájemce o Měsíc (<http://cass.jsc.nasa.gov/research/cla/menu.html>). Dílo jako celek zůstává nepřekonáno, i když soudobá technologie umožňuje snímkovat Měsíc s podstatně vyšším rozlišením, než to bylo možné v šedesátých letech.

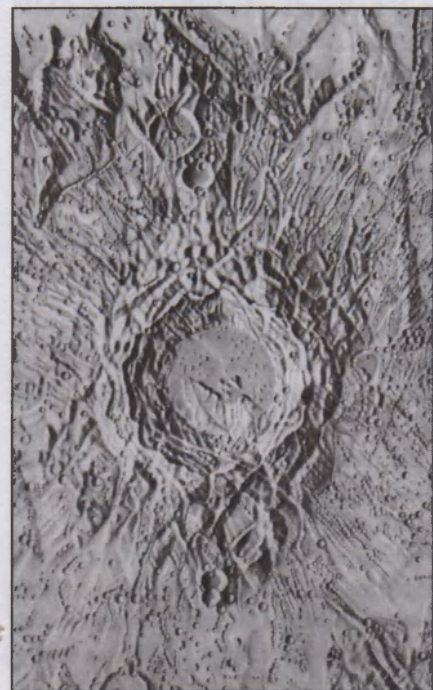
Rok 1960 lze označit v historii mapování Měsíce za přelomový: souběžně s prací na Kuiperově atlasu se v USA rozeběhl velkorysý projekt mapování Měsíce v měřítku 1:1 milionu pod označením LAC – *Lunar Astronautical Chart*. Pro organizaci NASA zpracovávala mapy LAC mapovací služba amerického letectva, ACIC (Aeronautical Chart and Information Center) v letech 1960–1967. Jako podklad pro kresbu měsíčního povrchu sloužily nejlepší fotografie, pořízené velkými dalekohledy a zejména Kuiperovy atlasy. Na „milionové“ mapě odpovídá 1 mm skutečné vzdálenosti 1 km, což se blíží nejmenším podrobnostem, bezpečně rozlišitelným na nejkvalitnějších tehdy dostupných fotografiích. Výjimečně zdařilých snímků, ani času na jejich pořízení se však nedostávalo; proto týmy zkušených pozorovatelů doplňovaly vizuálním pozorováním jemné detaily, nezřetelné na fotografiích. Další podpůrný program produkoval výšková data. Na vysokohorské observatoři Pic-du-Midi v Pyrenejích byly pořízeny tisíce snímků Měsíce jako podklad k měření relativních výšek a výškových profilů pro mapy LAC; tento program probíhal při Manchesterské universitě v Anglii pod vedením našeho proslulého krajana, prof. Zdeňka Kopala.

Do roku 1967 bylo dokončeno celkem 44 map LAC, pokrývajících větší část přivrácené strany Měsíce. Celý projekt, původně počítající s pokrytím povrchu Měsíce (včetně odvrácené strany) 144 mapami, bohužel nebyl nikdy dokončen. Snímkování Měsíce z kosmických sond, zahájené programy Ranger a Lunar Orbiter v letech 1964–1967, ukázalo četné a ovšem nevyhnutelné nepřesnosti map LAC, založených na terestrických pozorováních. Pět sond Lunar Orbiter vyfotografovalo celkem téměř 99% povrchu Měsíce. Většina povrchu přivrácené strany byla snímkována s rozlišením od 75 do 125 metrů, tedy mnohem podrobněji, než dovolují rozlišit na Měsíci pozorování ze Země. Nebyl tu však již zájem starší mapy LAC přepracova-

vat s využitím nových podkladů a projekt dokončit. Neboť závod o Měsíc nabýval na úpornosti a globální mapování v něm již nemělo prvořadý význam: zájem se přirozeně soustředil na detailní mapy oblastí, přicházejících v úvahu pro přistání astronautů. Přesto patří mapy LAC k tomu nejlepšímu, co kdy bylo v kartografii Měsíce vytvořeno. V neposlední řadě jsou to mapy krásné; poprvé na nich byla uplatněna nová technika kresby stínovaného terénu pomocí speciální stříkací pistole (obr. 4). Tato technika (vyvinuli ji slečna Patricia Bridges a Jay Inge z týmu kartografů ACIC) je od té doby standardně používána na všech moderních mapách těles sluneční soustavy.

Mapy pro závod o Měsíc

Co bylo v pozadí tak nebyvalého úsilí o zmapování Měsíce v šedesátých letech? Nevedly k tomu jen pokroky ve vědě a technice, otevírající selenografii nové možnosti; rozhodovala zejména motivace a vydatná finanční podpora, vycházející z vyšších zájmů. Nedílnou součástí soupeření tehdejších dvou velmocí, USA a SSSR v ekonomických a vojensko-politických



Obr. 4. Kráter Copernicus na mapě LAC 58: Na zadních stranách map LAC je vytištěná samotná kresba měsíčního povrchu, bez přetisku názvů, polohových a výškových údajů apod. Můžeme zde obdivovat dokonalost a názornost kresby (vytvořené speciální stříkací pistolí), jež je syntézou nejvyšších fotografických a vizuálních pozorování, dostupných v 60. letech před obdobím letů k Měsíci.

oblastech, bylo pronikání do kosmického prostoru. Dosažení Měsíce se v této partii nabízelo jako nezpochybnitelný triumf: kdo tam bude první, dokáže názorně svoji převahu. Rozeběhl se oficiálně nevyhlášený, ale o to úpornější závod o Měsíc, podporovaný nevidaným soustředěním lidských, technologických a finančních zdrojů. Astronomům-managerům, kteří stáli v čele velkých mapovacích projektů, G. Kuiperovi, Z. Kopalovi a dalším, náleží velké uznání za prozíravost s jakou dokázali dané příležitosti využít ve prospěch vědy; zlí jazykové tvrdí, že jim muselo být od počátku jasné, jak málo bude „Astronautická mapa“, LAC, platná astronautům na Měsíci. Ani pozemský pěší turista zdaleka nevystačí s mapou v měřítku 1:1 000 000. Globální mapování Měsíce mělo ovšem nezastupitelnou roli při plánování letů a bylo též součástí úvah o budoucím osídlování Měsíce; dnes můžeme jen nostalgicky vzpomínat na tehdejší optimistické projekty lunárních základů – už tam mohly být...

Podrobné mapování Měsíce „zblízka“ zahájily tři dopadové sondy, Ranger 7, 8 a 9 v letech 1964–65. Byl to neobyčejný vývojový skok k 1 000krát jemnějším detailům: od půlkilometrových útvarů rozlišitelných ze Země k půlmetrovým jamkám a balvanům, viditelným na posledních televizních záběrech, vyslaných sondou před jejím dopadem na Měsíc. Ze snímků sond Ranger byly odvozeny tři série map RLC (*Ranger Lunar Chart*) v měřítkách, rostoucích s klesající výškou sond. Pro tři nevelké oblasti na Měsíci vznikly mapy, měřítkem srovnatelné s našimi turistickými mapami a dokonce i s katastrálními mapami (pro malé části měsíčního povrchu, zachycené krátce před dopadem jednotlivých sond).

Asi nejvýznamnějším úspěchem selenografie na prahu kosmické éry bylo rozšíření mapování na odvrácenou stranu Měsíce. Navzdory vžitým učebnicovým tvrzením, že díky libracím můžeme ze Země postupně pozorovat až 59% měsíčního povrchu, je prakticky možné spolehlivě mapovat jen necelých 50% povrchu našeho souseda. Značné nerovnosti terénu a extrémní perspektivní zkreslení znemožňují rozpoznat ze Země útvary v okrajových partiích Měsíce. Chceme-li poznat okrajové partie a tím spíše odvrácenou stranu Měsíce, nezbyvá než si prohlédnout našeho souputníka z jiných směrů, očima kosmic-

Poznámka o formách a dostupnosti map Měsíce

V 60. a 70. letech, zejména po skončení projektu Apollo, vzniklo jen v USA přes 800 map nejrůznějších měřítek, provedení a určení. Výsledným produktem v té době byla přirozeně mapa vytištěná na papíru. Naprostá většina těchto map se neobjevila na knižním trhu a zájemci si je objednávali individuálně, přímo u výrobce. Dvacetiletý odstup v mapování Měsíce od Apolla ke Clementine znamenal také podstatnou změnu v přístupu, technice, metodách výroby a distribuce nových map. Výroba tištěných map (nejen Měsíce, ale i ostatních těles sluneční soustavy) byla značně omezena. Data ze sondy Clementine již nebyla zpracována ve formě vytištěné mapy, ale výhradně v digitální podobě. Pro odborné kruhy, kde je uživatelů málo, se tisk nevyplatí, nehledě na to, že tiskem ani dost dobře nelze zobrazit veškerá získaná data a jejich kombinace tak, jak je zapotřebí pro řešení jednotlivých výzkumných úkolů. K uživateli se digitální mapy dostávají na nosičích CD-ROM, prostřednictvím internetu apod. (např.: <http://pdsmaps.wr.usgs.gov/maps.html>). Také mapy a atlasy Měsíce jsou dosažitelné on-line, nebo jako součásti počítačových programů. Na papíru nadále zůstávají mapy určené pro nejšíří okruh zájemců: nástěnné mapy, školní atlasy, mapy a atlasy pro astronomy amatéry apod., běžně dostupné na knižním trhu. V České republice je největším vydavatelem a distributorem astronomických map Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy (<http://www.planetarium.cz>, kde naleznete i nabídku mapy Měsíce).

kých sond. První pohled na část odvrácené strany zprostředkovala sovětská sonda Luna 3 již v roce 1959. Avšak celý povrch Měsíce byl poprvé systematicky snímkován americkými sondami Lunar Orbiter v letech 1966–67. Od roku 1967 byl již zmapován celý Měsíc až na 1% povrchu v okolí jižního pólu (obr. 5). Lví podíl na tom měli Američané, nepříliš velkým dílem přispěly i některé sovětské sondy Luna a Zond. Rusové však systematické mapování Měsíce ve svém programu neměli.

Přínos programu Lunar Orbiter byl a zůstává zcela zásadní: lepší soubor snímků, vhodných pro globální topografické mapo-

vání Měsíce dodnes nemáme. Pět umělých družic bylo původně určeno k podrobnému snímkování míst, předběžně vybraných pro přistávání expedice Apollo. Úkol však úspěšně splnily již první tři Orbiter a dva zbývající byly pak vyslány na polární dráhy, sledující rozhraní mezi dnem a nocí na Měsíci, terminátor. Taková orientace dráhy družice je optimální pro topografické mapování, protože měsíční povrch je snímčován v šikmém osvětlení, dávajícím vyniknout terénním tvarům. Unikátní soubory snímků z Orbiterů 4 a 5 pokrývají celý Měsíc (až na uvedené 1% povrchu) a jsou pravým pokladem pro selenografy. Také tyto materiály jsou dnes zdarma dostupné on-line (http://cass.jsc.nasa.gov/pub/research/lunar_orbiter/index.html).

Bohužel, "Express Science", aneb „věda z rychlíku“, jak se někdy označuje výzkum naší přirozené družice v období závodu o Měsíc, poznamenala i program Lunar Orbiter: nedostatečná data ke snímkům se stala noční můrou kartografů. Náhle tu byly nesmírně podrobné snímky povrchu Měsíce, ale nebylo v lidských silách umístit je dostatečně přesně do sítě měsíčních poledníků a rovnoběžek. Největší nejistota v polohách útvarů byla na mapách odvrácené strany Měsíce, kde chyby dosahovaly několika stupňů (selenocentricky), což znamená desítky až stovky kilometrů velké odchylky v souřadnicích.

Další mapovací programy základního významu byly spojeny s expedicemi Apollo.

Odkazy na některé mapy Měsíce na Internetu:

- http://cass.jsc.nasa.gov/pub/research/lunar_orbiter/index.html
(Lunar Orbiter Atlas of the Moon)
- <http://cass.jsc.nasa.gov/research/cla/menu.html>
(Consolidated Lunar Atlas)
- <http://www.flag.wr.usgs.gov/USGSFlag/Space/nomen/nomen.html>
(IAU nomenklatura, mapy Měsíce s názvy útvarů)
- <http://www.flag.wr.usgs.gov/USGSFlag/Space/clementine/>
(snímky ze sondy Clementine)
- <http://www.pdsimage.wr.usgs.gov/PDS/public/explorer/html/moonlvls.htm>
(PDS Lunar Image Atlas)
- <http://www.astrosurf.org/astrovc>
(Virtuální atlas Měsíce, freeware!)

Rovňové oblasti (asi 20% z celkového povrchu Měsíce) byly velmi podrobně a přesně mapovány z kosmických lodí Apollo 15, 16 a 17. Orbitální moduly těchto expedic byly vybaveny speciálními mapovacími a panoramatickými kamerami s vysokým rozlišením. Fotografovalo se na filmový materiál, který pak posádky dopravily na Zemi k dalšímu zpracování, takže odpadly problémy s dálkovým přenosem obrazu. Použily se v podstatě modifikované metody pozemské letecké fotogrammetrie; ke všem snímkům byla tentokrát k dispozici veškerá data, nezbytná k jejich kartografickému vyhodnocení. Odkazem projektu Apollo jsou mimo jiné série přesných topografických map v měřítku 1:250 000 (*Lunar Topographic Orthophotomaps, Lunar Orthophotomaps*). Byly též aktualizovány a doplněny některé mapy LAC 1:1 000 000 v rovňové oblasti Měsíce. Bohužel, program Apollo byl ukončen předčasně, zřejmě proto že akce „závod o Měsíc“ skončila přesvědčivým vítězstvím Američanů a z politicko-vojenského hlediska se nejevily další investice jako účelné. Zbývající tři plánované lety Apolla byly tedy zrušeny k velké lítosti vědců, NASA a také nás pamětníků, kteří jsme mohli z povzdálí sledovat toto úžasné dobrodružství poznání. Přitom nejméně dva ze zbývajících letů mohly zahrnovat snímkování z polární dráhy a tím by bývalo bylo možné dosáhnout téměř úplného, podrobného a velmi přesného zmapování Měsíce už v sedmdesátých letech. Zrušením pečlivě připravovaného programu byla promarněna neopakovatelná příležitost; kterým komínem pak asi vyletěly takto „ušetřené“ dolary?

Velký, ale nešikovný globus.

Co bylo po Apollu? Kolem Měsíce se rozhostil na dlouho klid. Nahodilé snímky Měsíce přicházely např. ze sond Mariner 10 a Galileo. Sonda Mariner 10, určená k výzkumu Merkuru, proletěla v r. 1974 kolem Měsíce; přitom byl testován kamerový systém sondy a získána velmi dobrá mozaika ze snímků okolí severního pólu Měsíce. V letech 1990 a 1992, v obou případech v prosinci, proletěla kolem Měsíce sonda Galileo, využívající „gravitační prak“ od Země ke změně dráhy k Jupiteru. „Letný pohled“ z Galilea stačil k objevu gigantické impaktní pánve (později nazvané South Pole – Aitken) na odvrácené straně Měsíce. Snímky z průletových sond nazna-

čily velmi slibné perspektivy pro mapování Měsíce s využitím pokročilých technologií. Meziplanetární sonda Galileo jako první nesla CCD kameru se systémem pro digitální přenos obrazu; tato technika poskytuje mnohem kvalitnější data pro mapovací (i jiné) účely, než předtím používaný televizní přenos obrazu. Pokročilá technologie rovněž umožnila fotografování v několika vybraných spektrálních oborech (multi-spektrální zobrazování).

Na další systematické mapování čekal Měsíc až do roku 1994, kdy sonda Clementine pořídila z polární oběžné dráhy kolem Měsíce přes 2,5 milionu snímků v několika spektrálních oborech, spolu s měřením výšek a dalších parametrů. Snímky z Clementine vyplnily také zbývající bílé místo na mapách okolí jižního pólu Měsíce (obr. 5). Poprvé byl získán globální soubor digitálních dat, charakterizujících řadu parametrů měsíčního tělesa, včetně přesných poloh zobrazených útvarů. Data z Clementine umožňují mapovat také tvar celého měsíčního tělesa, zastoupení určitých chemických prvků na povrchu Měsíce, gravitační pole Měsíce atd. Sonda Clementine zprostředkovala vskutku komplexní pohled na Měsíc, zejména z geofyzikálního a geologického hlediska. Další podstatný pokrok v tomto směru znamenaly výsledky pozorování z družice Lunar Prospector, která operovala na polární oběžné dráze kolem Měsíce od ledna 1998 do července 1999. Družice podrobně mapovala chemické složení měsíčního povrchu, pátrala po ledu v polárních oblastech, měřila charakteristiky gravitačního a magnetického pole Měsíce atd. Velký ohlas mělo oznámení objevu vodního ledu o předpokládané hmotnosti kolem tří miliard tun, nacházejícího se ve stále zastíněných oblastech na obou pólech. Mezi přístroji Lunar Prospectoru však nebyla fotografická kamera.

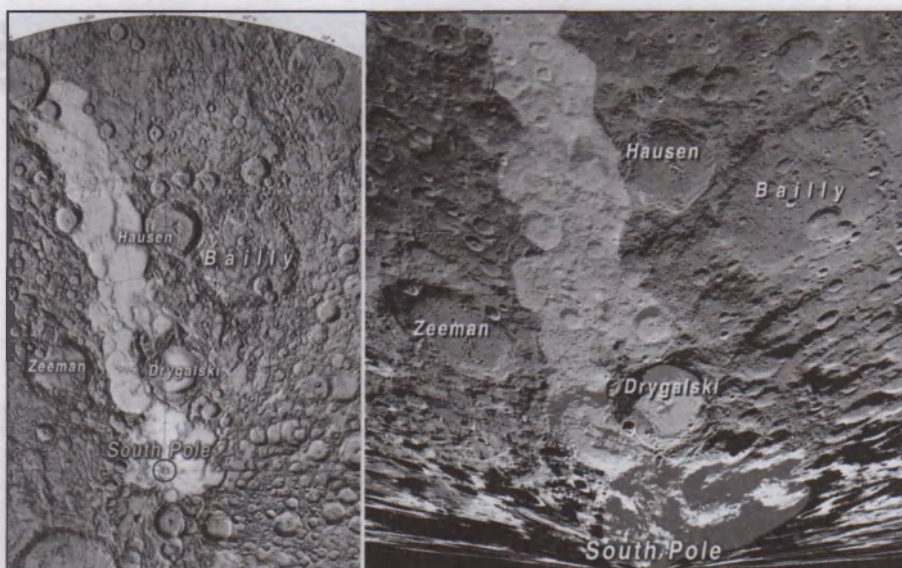
Ze dvou posledně jmenovaných sond to tedy byla jen Clementine, která pořizovala data potřebná k mapování povrchových útvarů měsíční krajiny. Jenže v tom byl háček, a pořádný. Clementine vznikala jako vojenská sonda, určená k ověření funkce souboru nových senzorů, vyvinutých v rámci programu SDI – strategické obranné iniciativy. Vědcům se podařilo tento projekt spojit s dalším výzkumem Měsíce, ale koordinace všech technických a vědeckých záměrů byla přitom problematická. Těžko

řešitelný byl zejména výběr oběžné dráhy kolem Měsíce tak, aby vyhověla pokud možno všem experimentům. Nakonec byla dráha sondy zvolena jako nevyhnutelný kompromis, bohužel zcela nevhodně pro potřeby topografického mapování. Většina měsíčního povrchu byla snímkována „se Sluncem v zádech“, tj. v úplňkovém osvětlení, bez stínů, jež by daly vyniknout povrchovým útvarům. Digitální mapy z Clementine sice mají vysokou polohovou přesnost, poskytují rozlišení podrobnosti do velikosti 100 metrů, ale na převážné části měsíčního povrchu nepodávají plastický a názorný obraz terénu; pouze v okolí pólů, kde Slunce svítí trvale pod malým úhlem, je osvětlení vyhovující. Přes uvedené výhrady znamenala Clementine velký pokrok v mapování měsíčního tělesa. Tak rozsáhlý a homogenní soubor snímků a měření umožnil vytvořit třírozměrný digitální model Měsíce, velký virtuální globus, první svého druhu. Můžeme jej studovat na monitoru počítače, prohlížet si Měsíc ze všech směrů a z různých vzdáleností. Jen to ploché, úplňkové osvětlení globu je velmi nešikovné. Škoda.

Mapy Měsíce po 330 letech

Tři století trvající úsilí o zmapování Měsíce na dálku, ze Země, mohlo přinést jen dílčí výsledky: do šedesátých let dvacátého století byla zmapována necelá polovina povrchu měsíčního tělesa, a to s nevelkou přesností, odpovídající pozemským prostředkům. Pak stačilo pouhých 30 let, od sondy Ranger 7 do Clementine (1964–1994), aby zmizela veškerá bílá místa a celý Měsíc byl pokryt detailními snímky z měsíčních sond a mapami odpovídajícími kvalitě. Tento pokrok, a zejména člověčí úsilí za ním, zasluhují nejvyšší obdiv. Ale...

Náš virtuální tulák po sluneční soustavě by při výběru map Měsíce narazil na ne jeden problém. Nejlepší mapy, velmi podrobné a přesné, jsou k dispozici pro rovníkové oblasti, snímkové z orbitálních modulů Apollo 15, 16 a 17. Ještě podrobnější, přímo turistické mapy, pokrývají okolí míst přistání expedice Apollo, nebo okolí míst dopadu sond Ranger 7, 8 a 9. Pak jsou tu jednotlivé snímky s vysokým rozlišením podrobností, pořízené zejména ze sond Lunar Orbiter, Clementine a v rámci expedice Apollo, rozesté po celém Měsíci. To vše dohromady pokrývá jen několik desítek procent



Obr. 5. Poslední bílé místo na Měsíci: Sondy Lunar Orbiter zmapovaly téměř celý Měsíc s výjimkou 1% povrchu v sousedství jižního pólu. Na levém obrázku je nezmapovaná oblast, svého času nazývaná „Luna Incognita“ (nepoznaný Měsíc), vyznačená světlým odstínem (podkladem je výřez mapy 1:5 000 000, Lunar Polar Chart, NASA). Toto poslední bílé místo vydrželo na mapách Měsíce od r. 1967 až do r. 1994, kdy konečně zjedнала jasno sonda Clementine. Na mozaice ze snímků Clementine (vpravo) je zmíněná oblast zesvětlená.

povrchu Měsíce. Zbývající většina povrchu je zatím dokumentována pouze snímky s menším rozlišením; hlavním problémem je však nedostatek snímků, nezbytných pro topografické mapování, tj. zobrazování terénních tvarů v měsíční krajině. Např. nízké, oblé vyvýšeniny, jako jsou tzv. dómy nebo mořské hřbety, čela lávových proudů apod., se prozradí svým stínem jen v bezprostřední blízkosti terminátoru (rozhraní mezi osvětlenou a neosvětlenou polokoulí). To dobře znají pozorovatelé Měsíce, kteří díky zřetelným stínům snadno rozliší u terminátoru nepatrné vyvýšeniny či deprese, jaké se na fotografiích pořízených při jiném, méně příznivém osvětlení, prostě neprojeví. Nejde tu o nějaký samoúčelný hon za detaily, ale o informace, nepostradatelné např. pro geologická a geomorfologická studia.

Další pokroky v mapování Měsíce mohou přinést jen budoucí umělé družice Měsíce, které budou systematicky a v krátkých časových odstupech fotografovat okolí ranního i večerního terminátoru. Snímky takového charakteru, nejlépe stereoskopické a doplněné výškovými daty, by bylo možno využít k podrobnému globálnímu zmapování Měsíce, včetně vytvoření digitálního třírozměrného modelu měsíčního povrchu. Z technického hlediska by to dnes byl rutinní projekt, vycházející z vícekrát ověřených postupů a technologie. Budoucí mapovací družice Měsíce by měla realizo-

vat program srovnatelný s výsledky sond Marsu, jako byly Viking 1 a 2 (1976–1980), nebo mimořádně úspěšný Mars Global Surveyor (mapuje Mars velmi podrobně od r. 1999). Zatím můžeme pouze konstatovat, že Mars je jako celek zmapován lépe, systematictější a přesněji než neskonale bližší Měsíc. Značně pokročilo i mapování vzdálenějších těles sluneční soustavy. Je to není to paradox; díky pokročilé technologii snímání a přenosu dat dnes není vzdálenost mapovaného tělesa rozhodující pro kvalitu přenášených údajů.

Od pionýrských letů k Měsíci dospěla kosmonautika již před lety do stadia, kdy zadání, jakým je globální zmapování Měsíce se zadanými parametry (pokrytí Měsíce, rozlišení, přesnost, měřítko, osvětlení, ...) lze pokládat za rutinní úkol. Chtělo by se říci „není co řešit“, pokud by o takový projekt byl zájem podpořený příslušným rozpočtem. Anž bychom uváděli předpokládané termíny oznámených projektů (kolik se jich už změnilo či zrušilo!), spokojme se na závěr optimistickým výhledem: starty nových měsíčních sond s mapovacími kamerami připravují některé organizace a státy (ESA: SMART 1, Japonsko: Lunar A, Selene) na nejbližší léta a pokud budou plánované mise úspěšné, mohli bychom se již v první dekádě 21. století dočkat i dalších příběhů měsíčních map.