

Hieronim HURNIK¹

Kraterzy meteorytowe na Marsie

Meteorite Craters on Mars

Abstract: Meteorite craters, volcanoes and deep valleys are main objects of Mars topography. There are many thousand or millions of craters and they are very different, with diameters of only centimeters to big basins with diameters of 2500 kilometers. The age of oldest craters on Mars is about 3,9 billions year.

Keywords: Mars, meteorite, craters.

W topografii Marsa widać przede wszystkim podział na nizinną półkulę północną (2–3 km poniżej elipsoidy odniesienia) i wyżynną południową (3–4 km powyżej elipsoidy). Wg NASA elipsoida Marsa ma parametry:

$$a = 3394,6 \text{ km}, \lambda = 105^\circ\text{E}$$

$$b = 3393,3 \text{ km}$$

$$c = 3376,3 \text{ km}$$

Na podstawie pomiarów altimetrem laserowym MOLA sondy Mars Global Surveyor (MGS) w latach 1999–2001, wykonano obraz ogólnej topografii

Na tym obrazie widać 2 zespoły wulkanów Tharsis i Elysium ($\lambda = 250^\circ$, $\varphi = 0^\circ$ i $\lambda = 150^\circ$, $\varphi = 20^\circ$) i kanion Valles Marineris, ale dominują podobnie jak na Księżycu kraterzy meteorytowe. Jest ich setki tysięcy (wg niektórych autorów miliony) i są bardzo różne co do wielkości, kształtu, struktury i widoczności. Największe tzw. „baseny”, mają średnice setek i tysięcy km, a ostatnio sfotografowane mikrokraterzy kilku cm. Rozmieszczenie kraterów o średnicy ponad 15 km pokazuje fig. 2.

¹ Obserwatorium Astronomiczne U. A. Mickiewicza, *Słoneczna* 36, 60-286 Poznań,
hurnik@vesta.astro.amu.edu.pl

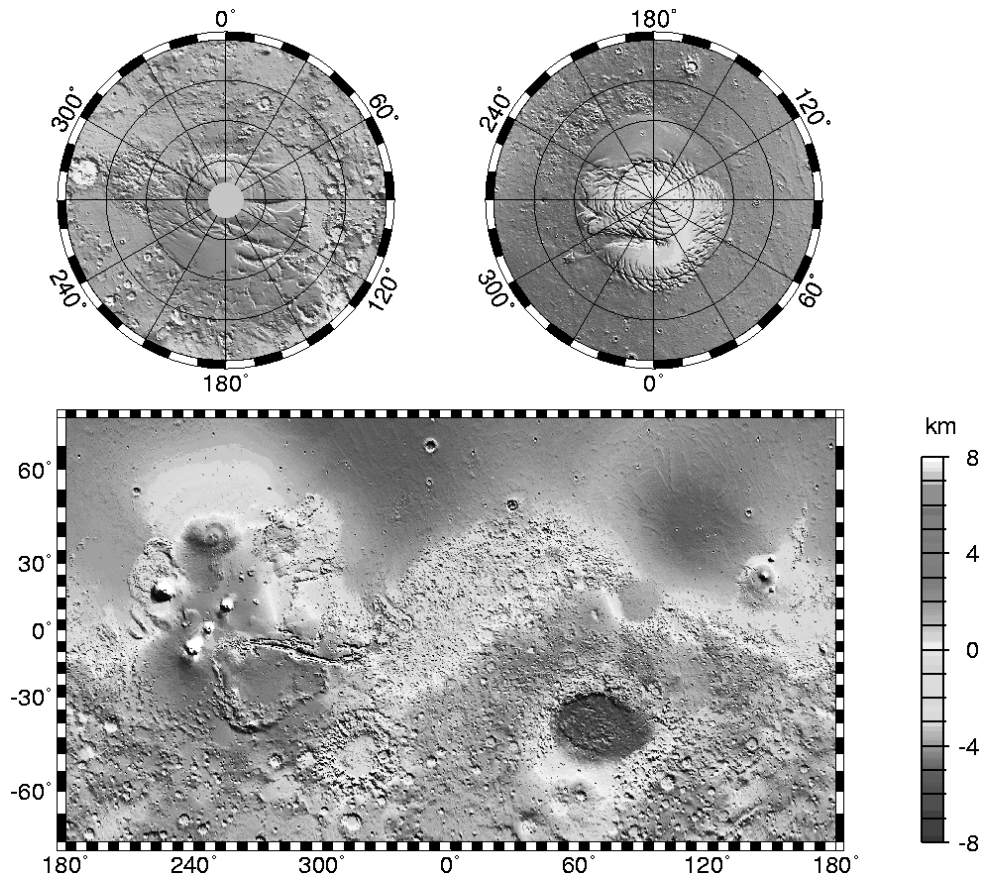


Fig. 1. Globalna topografija Marsa (Science.284; <http://www.science.org>)

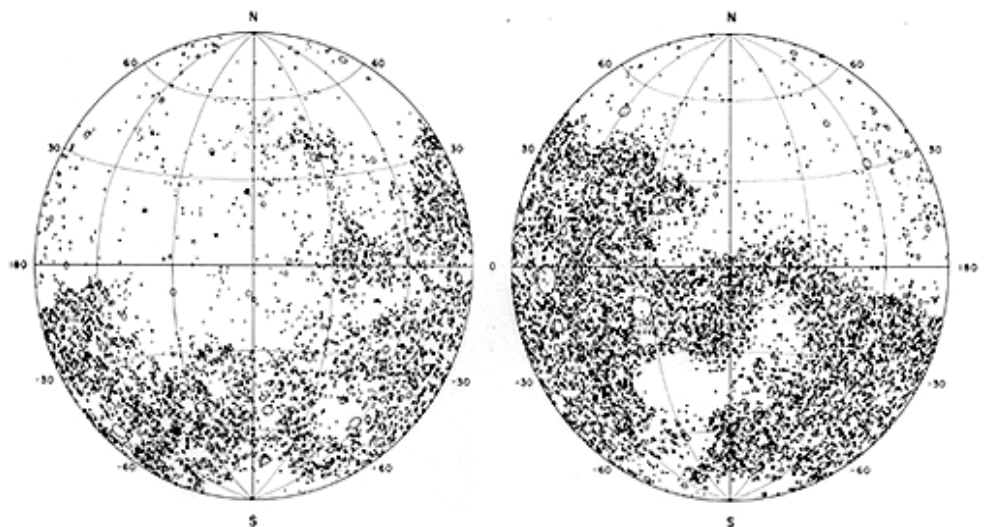


Fig. 2. Krateri > 15 km (http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19/Sect19_12.html)

Kraterzy olbrzymie (baseny)

Widoczny na wszystkich obrazach Marsa krater Hellas ma średnicę 2300 km, a głębokość około 7 km i otoczony jest około 2 kilometrowym pasem materii wyrzuconej w czasie uderzenia meteoroidu w okresie wielkiego bombardowania Układu Planetarnego ca 3,9 miliarda lat temu. Pokazuje to fig. 3.

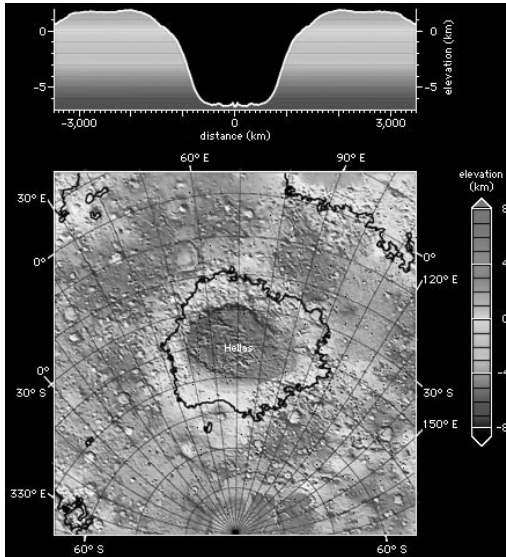


Fig. 3. Krater Hellas
(<http://www.britannica.com/EB/checked/topic/260267/Hellas>)

Drugi co do wielkości krater Argyre, o średnicy 1800 km, znajduje się około 100° na zachód od Hellas. Nazwę nadał mu Schiaparelli na swojej mapie Marsa (mityczna wyspa w greckiej mitologii) fig. 4.

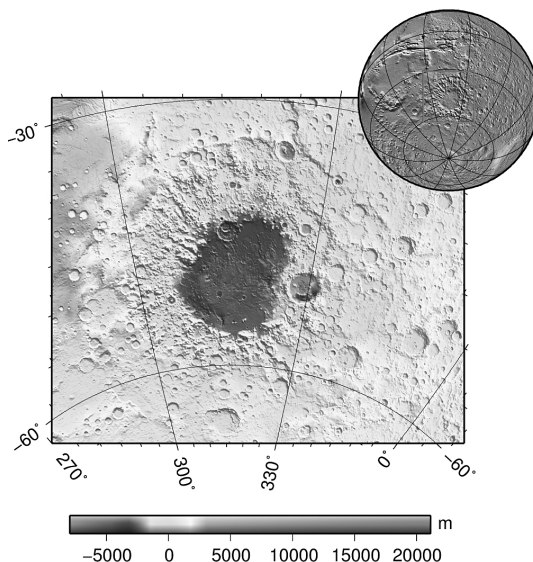


Fig. 4. Krater Argyre
(http://ew.wikipedia.org/wiki/Argyre_Planitia)

Krater ten powstał w tym samym czasie jak Hellas. Jest on otoczony wieńcem promienistym wyrzuconej materii, a na jego dnie znajduje się między innymi, krater z wydumą pyłu. Widać to na zdjęciu wykonanym przez High Resolution Stereo Camera sondy Mars Express, fig. 5.

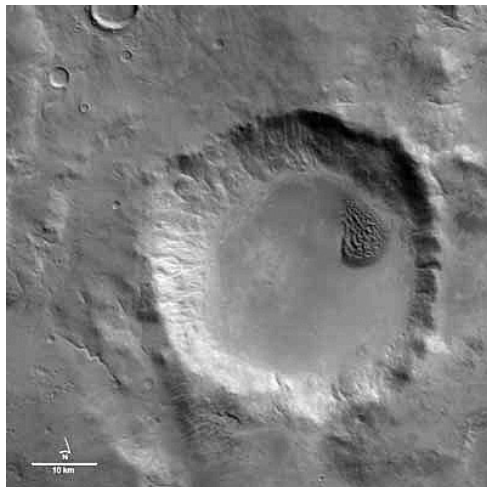


Fig. 5. Krater z wydumą na dnie Argyre
(http://www.esa.int/esa/M/Mars_Express-/SEMYRSW4QWD_0.html)

Krater Isidis jest trzecim co do wielkości kraterem olbrzymim. Jego średnica wynosi 1500 km. Na jego terenie planowano posadzenie lądownika Beagle 2, sondy Mars Express. Współrzędne krateru są: 4°N i 84°E , fig. 6.

Krater Schiaparelli, o średnicy 461 km, ma współrzędne: 3°S i 344°W . Na jego dnie widać kilka wtórnych kraterów, fig. 7. Na fig. 8 widać otoczenie krateru.

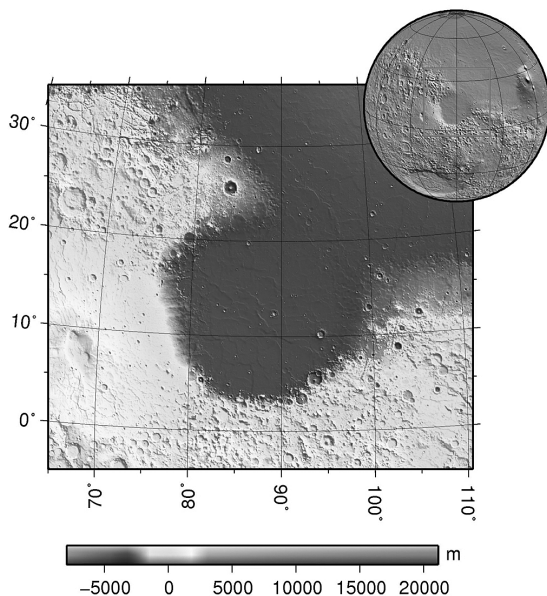


Fig. 6. Krater Isidis
(http://en.wikipedia.org/wiki/Isidis_planitia)

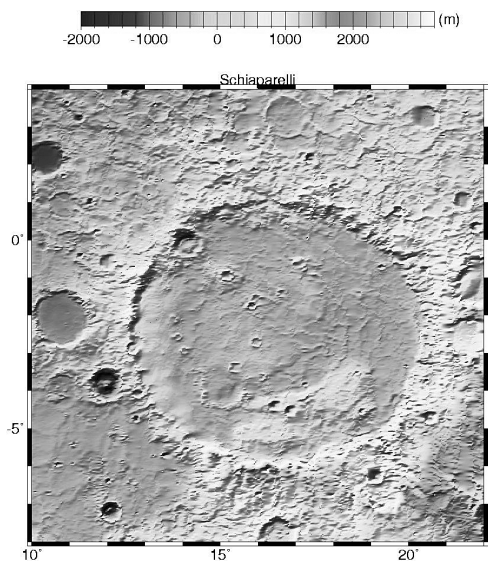


Fig. 7. Kraterzy na dnie krateru Schiaparelli (http://en.wikipedia.org/wiki/Schiaparelli_MartianCrater)

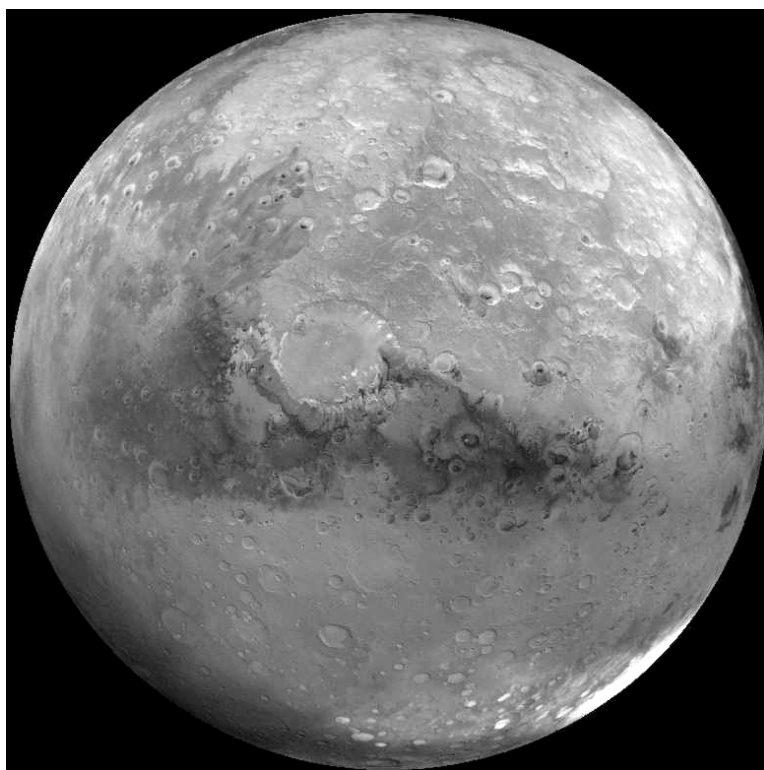
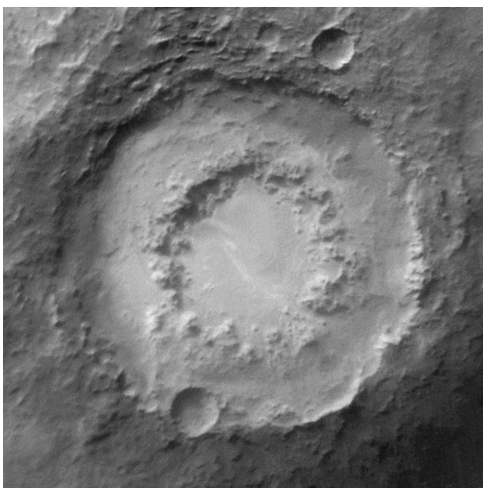


Fig. 8. Otoczenie krateru Schiaparelli (<http://www.solarviewss.com/cap/mars/me04s341.htm>)

Kraterzy średnie, powyżej 100 km średnicy, mają czasem pierścień wewnętrzny. Przykładem jest krater Lowella, o średnicy 201 km, położony na półkuli południowej: -52°S i 81°W , fig. 9.

Fig. 9. Krater Lowell
([http://en.wikipedia.org/wiki/Lowell_\(Martian_crater\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Lowell_(Martian_crater)))



Krater ten nazywany jest też „frostcrater” (krater mroźny). Temperatura jego dna spada do -100°C .

Podobny jest krater Barnarda (62°S , 298°W), o średnicy 128 km, fig. 10.

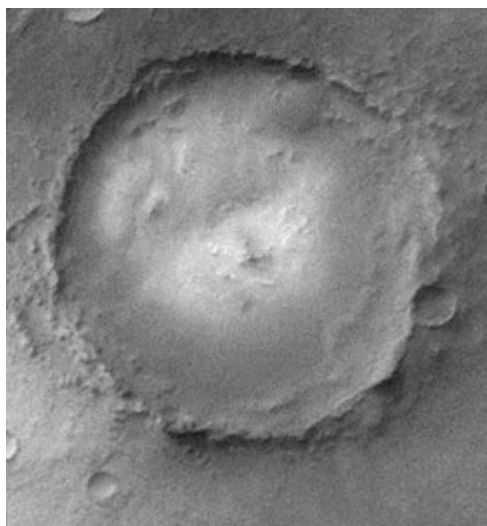


Fig. 10. Krater Barnard
(http://www.msss.com/mars_images/moc/nov_craters)

Przykładem krateru „młodego” może być krater Poona, o średnicy 20 km. Jego bezpośrednie otoczenie jest promieniste, a więc nie zamazane pyłem. Położony jest na północ od Valles Marineris (24°N i 52°W). W jego środku widoczny jest stożek, fig. 11.

Na brzegu olbrzymiego basenu Argyre znajduje się krater Galle o średnicy 230 km (51°S , 31°W) z dużym płaskim stożkiem w środku, fig. 12.

Na Terra Meridiana znajduje się krater regularnie kolisty o średnicy 2,6 km, z wieńcem koncentrycznych kół wewnątrz i wyraźną zewnętrzną warstwą wyrzuconej materii, fig. 13.



Fig. 11. Krater Poono (<http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19>)

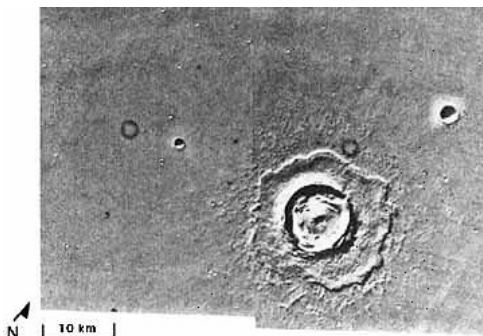
Fig. 12. Krater Galle
(http://www.esa.int/images/247-270306-06-co-Galle-crater-01_1.0.jpg)



Fig. 13. Krater na Terra Meridiani
(<http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19/E17-1676>)

Krater Belz (22°N, 43°W) o średnicy 10 km, jest klasycznym przykładem krateru z wałami (rampart crater), fig. 14.

Fig. 14. Krater Belz
(<http://history.nasa.gov/SP441/ch7.htm>)



Kraterzy postumentowe (pedestal craters) są liczne i rozmieszczone równoleżnikowo, fig. 15 i 16.



Fig. 15. Kraterzy postumentowe
(N.G.Barlow Meteoritics & Planetary Science 41 no. 10)

Na fig. 17 widzimy przykład krateru młodego, z promienistym wyrzutem materii nie „zamazanym” wszechobecnym na Marsie pyłem. Wiek tego krateru ocenia się na wiele tysięcy do wielu milionów lat.

W ostatnim czasie łaziki, Spirit i Opportunity, fotografowały mikrokraterzy o średnicy kilku centymetrów i centymetrowej głębokości, fig. 18.

Można też zauważyć kraterzy silnie eliptyczne jak ten na fig. 19. Jest to z pewnością efekt uderzenia prawie stycznego.

Są też przypadki wiązek lub szeregów małych kraterów. Taki przypadek występuje na zboczu wulkanu Ascræus Mons, fig. 20.

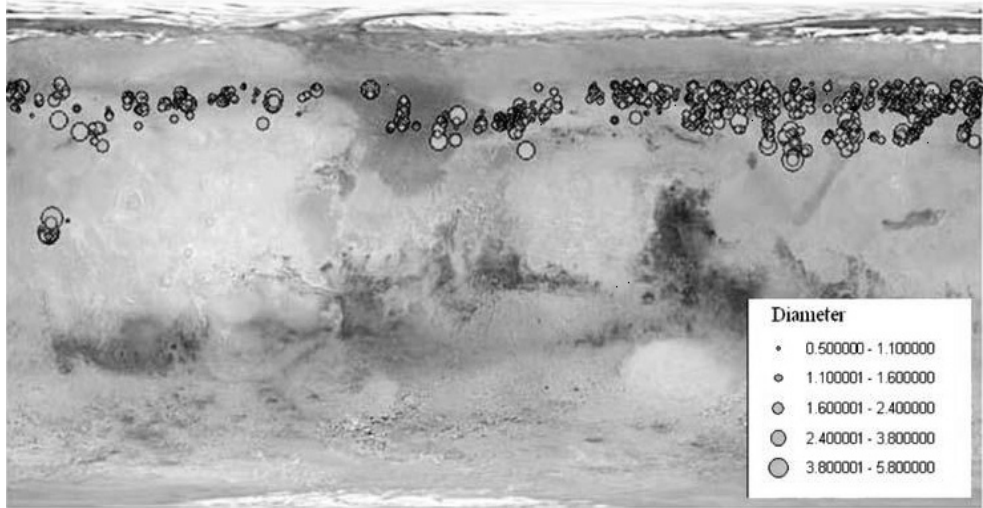


Fig. 16. Rozmieszczenie kraterów postumentowych (idem)

Fig. 17. Krater młody
(<http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19>)

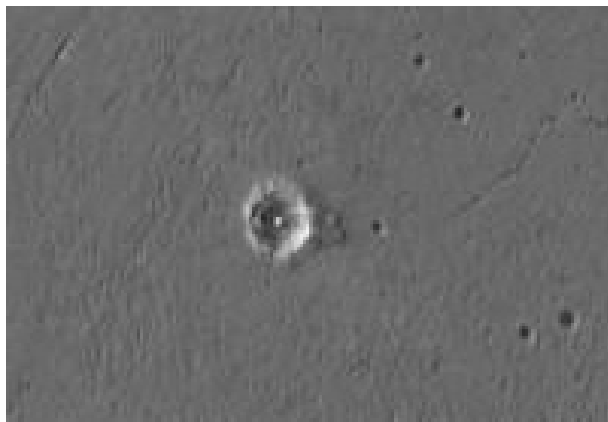


Fig. 18. Mikrokrater

Fig. 19. Krater nawet nie eliptyczny
(http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19/Sect19_12.htm)

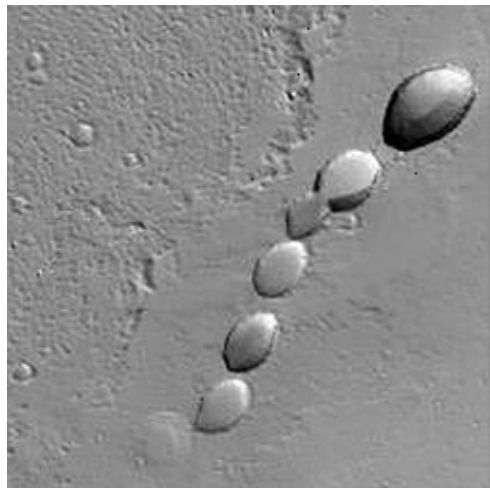


Fig. 20. Zbocze wulkanu Asraeus Mons
(http://www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/SE/M1NYV1SD_0.html)

W tej samej grupie wulkanów, na Ulysses Patera, są 2 kraterzy na brzegu krateru wulkanicznego o średnicy 56 km, fig. 21.



Fig. 21. Ulysses Patera i kraterzy meteorytowe
(http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19/originals-fig19_226.jpg)

Niektóre kraterzy wykazują związki z występowaniem wody. Na półkuli północnej, na równoleżniku 70°N i 105°E , widoczny jest krater o średnicy 35 km i głębokości 2 km. Na jego dnie znajduje się duża bryła lodu, fig. 22 i 23.

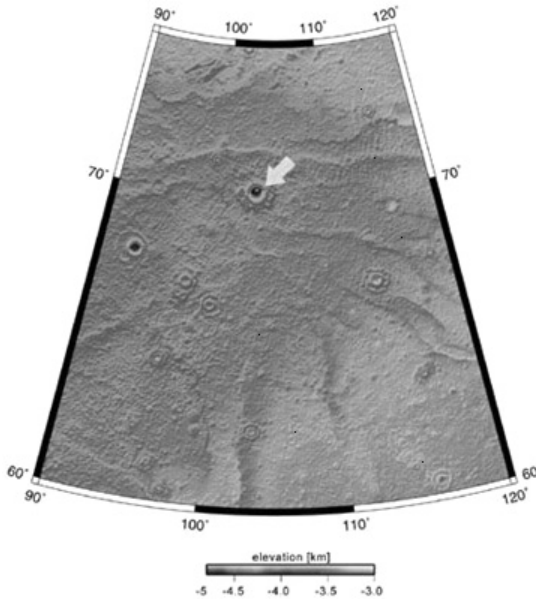
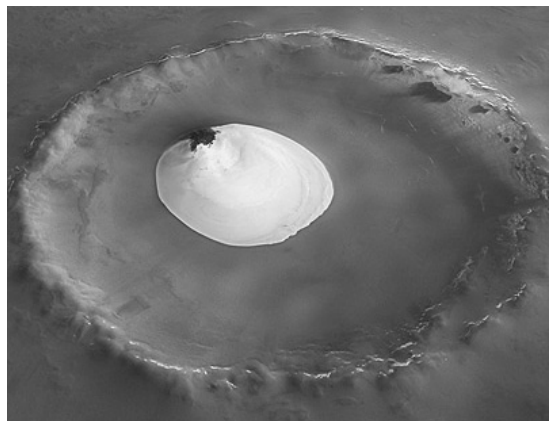


Fig. 22. Położenie krateru z lodem (http://www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/SEMGA808BE1.html)

Fig. 23. Krater z lodem (idem)



Na Western Arabia Shelf (38°N i 347°W) znajdują się kraterzy, które zamiast wałów mają rowy, fig. 24.

J. Ormo i P. Muinonen porównali je z kraterami Lockne w Szwecji i Kamiensk w Rosji, które powstały na dnach jezior. Znalezione podobieństwo wskazuje na podmorskie pochodzenie badanych kraterów.

Na półkuli południowej w Solis Planum jest krater, na którego dnie znajduje się prawdopodobnie śnieg, fig. 25.

Fig. 24. Kratery z dna oceanu (LPS XXXI)

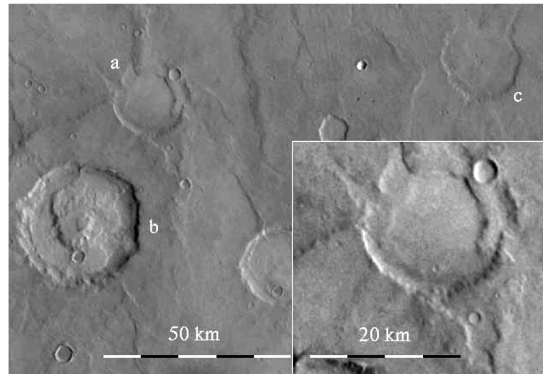


Figure 1. The crater "a" (38° lat., 347° lon.) resembles terrestrial marine-target craters. It is concentric with an outer, shallow zone that lacks a pronounced rim wall. Gully-like features are visible (see magnified section). They do not appear much fresher than the crater and may therefore have formed in connection to the impact event.



Fig. 25. Krater z „śniegiem” (http://www.marsartgallery.com/0_craterwith-snow.htm)

Większość kraterów powstała z pewnością w czasie „wielkiego bombardowania” Układu Planetarnego w pierwszym miliardzie lat jego istnienia i te są najstarsze, ale kratery powstawały też później aż do dnia dzisiejszego, tylko nie w tak wielkiej liczbie. Obok kraterów „młodych”, o wyraźnych szczegółach, są też „stare”, w różny sposób zamazane lub nawet zakryte. Powodują to pył, ruchy tektoniczne i prawdopodobnie woda. Widać to na fig. 26 i dalszych.

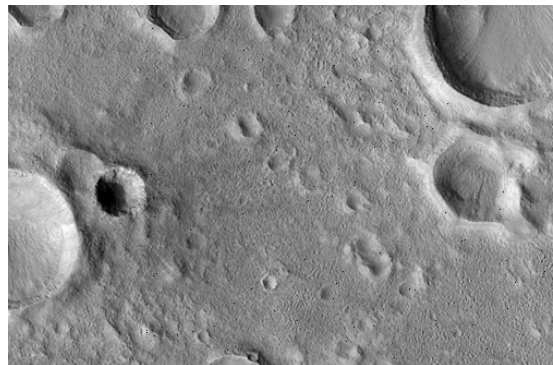


Fig. 26. Kratery „zamazane” pyłem (http://hirise.lpl.arizona.edu/PSP_00297_2175)

Na obydwóch półkulach są równoleżnikowe pasy średniej szerokości z „płaszczami” tak działającego pyłu. Widzimy to na fig. 27.

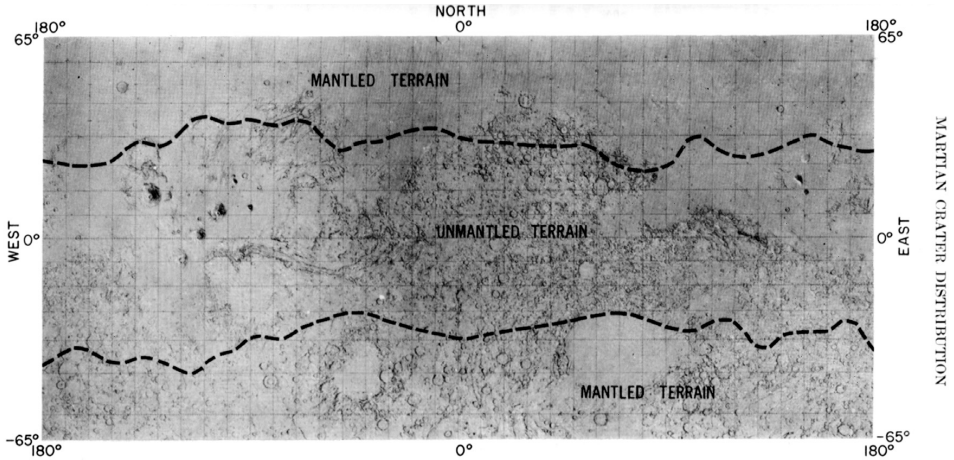


Fig. 2. Distribution of thick Martian mantles (from Soderblom *et al.*, 1973). In this study no crater density data were considered for area north and south of boundary delineating unmantled terrain.

Fig. 27. Tereny „płaszczowe” (Sanderblom *et al.* 1973a)

Na półkuli południowej są tereny o niewyraźnych konturach kraterów. Widać to na figurach 28 i 29.

Są wreszcie na obydwu półkulach kraterzy zakryte. Instrument MARSIS sondy Mars Express znalazł ich na północy kilkanaście. Pokazują to fig. 30 i 31.

Odrębny problem dotyczy kraterów, z których mogą pochodzić meteoryty marsjańskie. Uwzględnić należy prędkość ucieczki z Marsa równą 5 km/s, która może być efektem wybuchu przy uderzeniu pionowym meteoroidu tworzącym krater > 100 km. Przy uderzeniu prawie stycznym może to być krater o średnicy kilku do

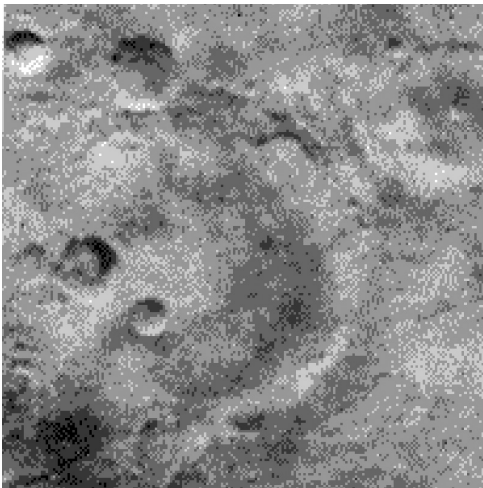


Fig. 28. Rejon Sinus Sabaeus (http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19/originals/fig19_75.gif)

Fig. 29. Eroded Terrain
(<http://airandspace.si.edu/ctp/mars/surface/creters.html>)

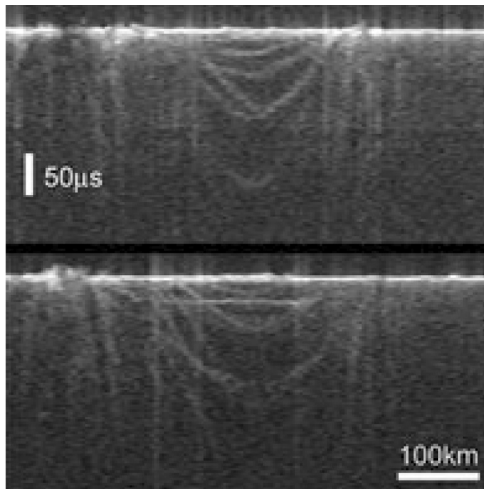
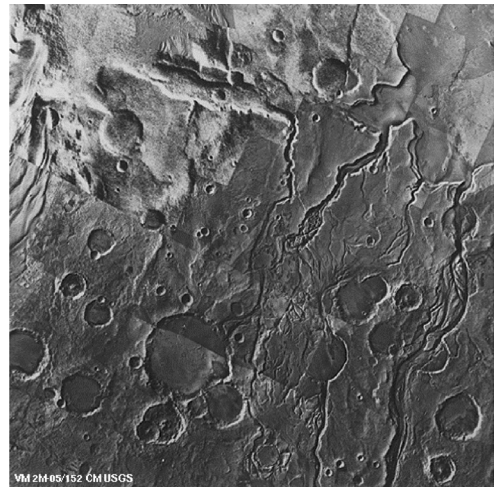


Fig. 30. Obserwacja krateru „zakrytego”
(http://www.esa.int/SPECIALS/Results_from_Mars_Express_and_Huygens/SEM7ZT)

Table 1 | MARSIS buried basins in the northern lowlands

Location	Lat., Long. (°N, °E)	Diameter (km)	Orbits	Bands (MHz)
Chryse	36, 337	290–310	1903,1892	3, 4
Chryse	36, 336	220	1903,1892	3, 4
Acidalia	48, 342	400–470	1881	3
Acidalia	53, 339*	220	1881	3
Acidalia	50, 338	150	1903	3
Acidalia	54, 15*	470	1899	3
Amazonis	19, 208	210–240	1886	4
Amazonis	33, 206*	140	1897	4
Amazonis	13, 208*	210	1875	4
Elysium	6, 144*	120–200	1872	4
Utopia	16, 112*	270	1887	3

The MARSIS subsurface sounding bands are centred at 1.8, 3.0, 4.0 and 5.0 MHz.
* Basin centre location is not uniquely determined.

Fig. 31. Kraterzy „zakryte” (idem)

kilkunastu km i byłby to krater eliptyczny. Po drugie tylko meteoryt ALH 84001 ma wiek krystalizacji około 4,5 miliarda lat. Wiek krystalizacji innych meteorytów marsjańskich jest nie większy niż 1,3 miliarda lat, a ich wyrzut z Marsa miał miejsce od 600 tysięcy do 20 milionów lat temu. Należało więc szukać odpowiednich kraterów głównie na półkuli północnej.

Dr Nadine G. Barlow z Uniwersytetu Centralnej Florydy znalazła w swoim katalogu liczącym 42284 kraterzy, 2 możliwe kraterzy. Jeden w rejonie Sinus Sabaeus na południe od krateru Schiaparelli, o wymiarach 23×14,5 km, na brzegu starszego krateru o średnicy 50 km. Drugi krater, możliwy dla meteorytu ALH 84001, jest na wschód od rejonu Hespera Planitia i ma wymiary 4×9 km.

Dr Livio Tornabene (University of Arizona) z zespołem szukał kraterów z promienistymi wyrzutami materii, na zdjęciach podczerwonych wykonanych przez Thermal Emission Imaging System sondy Mars Odyssey. Znalezione w paśmie 45°S do 45°N, 2 kraterzy w rejonie Tharsis i 6 w rejonie Elysium, fig. 32.

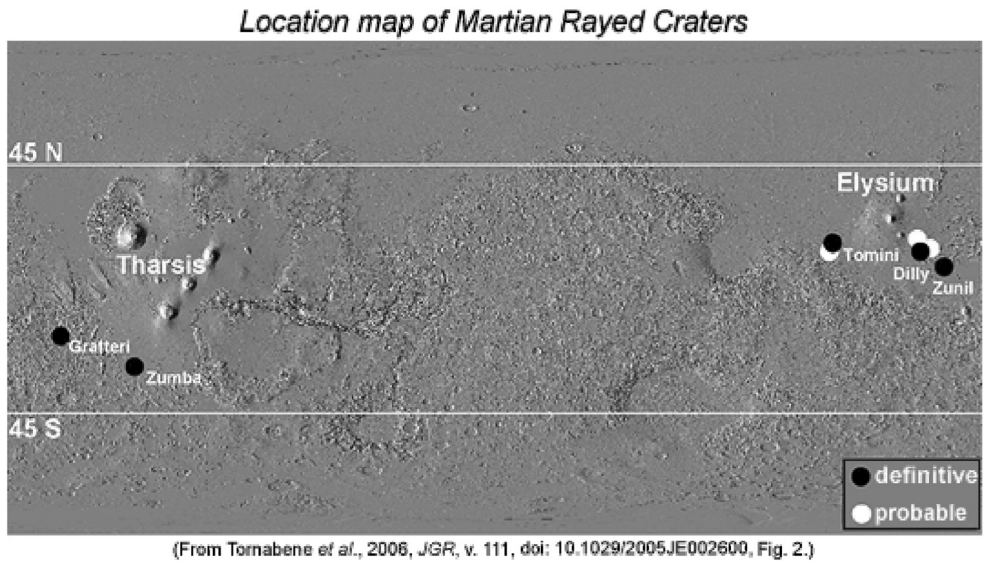


Fig. 32. Kraterzy „promieniste” (<http://www.psr.d.hawaii.edu/Jan07/MarsRayedCraters>)

Kolejny rysunek pokazuje porównanie zdjęcia w świetle widzialnym i zdjęcia w zakresie podczerwonym krateru Gratteri, fig. 33.

Analizy statystyczne kraterów na Marsie wykorzystano do oceny wieku różnych części powierzchni planety. Wg Mike Caplinger’a w epoce Neochian są duże kraterzy i wiele małych, w Hesperian dużo małych, a w Amazonian niewiele małych. Na figurze 34 mamy kraterzy o średnicy ≥ 100 km.

Figura 35 pokazuje epoki: Neochian (Noachis 4,6–3,7 miliarda lat) – czerwone, Hesperian (Hesperia 3,7–1,0) – zielone i Amazonian (Amazonis 1,0–0) – niebieskie. Figura 36 przedstawia dwa modele epok marsjańskich.

Fig. 33. Krater Gratteri

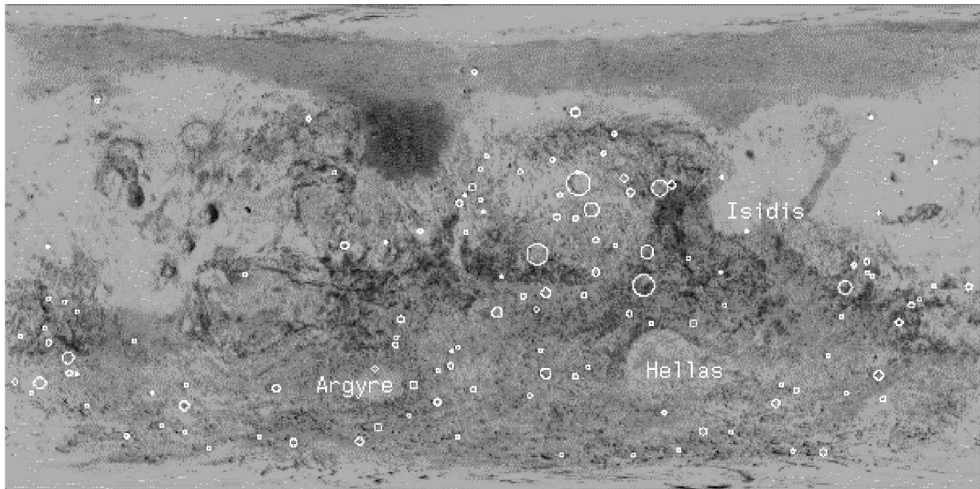
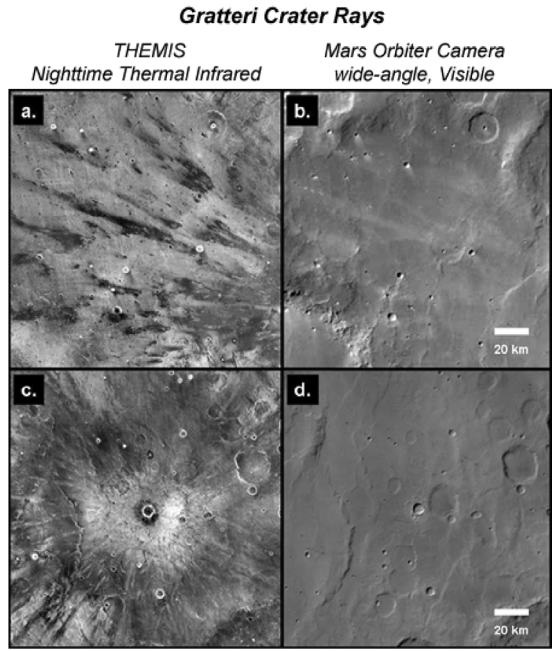


Fig. 34. Kratery ≥ 100 km (<http://cmex.ihmc.us/MarsEssy/age2.htm>)

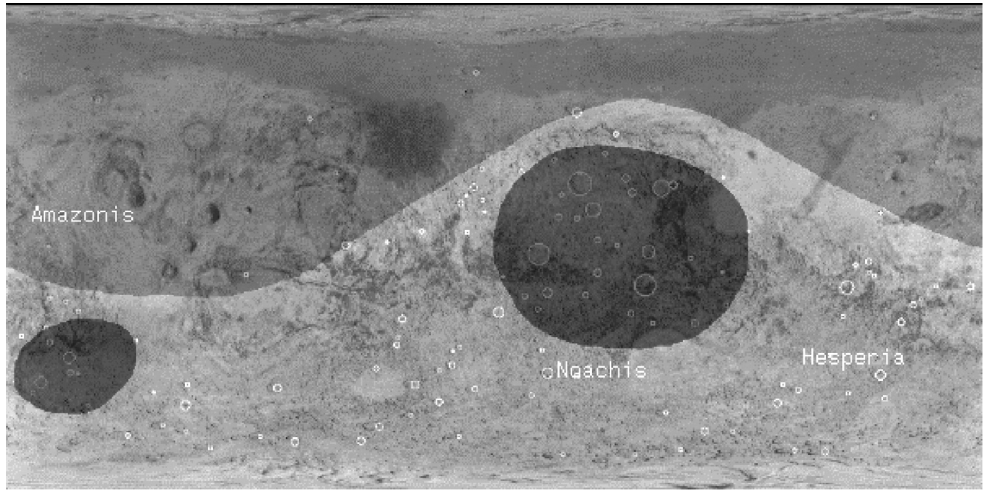


Fig. 35. Epoki marsjańskie (idem)

Fig. 36. Dwa modele epok na Marsie (<http://cmex.ihmc.us/sitecat/sitecat2-geochron.htm>)

