

Sonda Huygens, zbudowana przez konsorcjum 40 europejskich firm kierowanych przez Alcatel Space, wylądowała 14 stycznia na Tytanie. Obiektem zainteresowania misji Cassini/Huygens, realizowanej przez Amerykańską Agencję Kosmiczną (NASA), Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) i Włoską Agencję Kosmiczną (ASI), jest badanie Saturna i jego księżyców. Jest to też jedna z ciekawszych misji, ze względu na badanie Tytana, jedynego księżycy w Układzie Słonecznym, posiadającego atmosferę.

# CO ZOBACZYŁ HUYGENS?

Monika Witan

Z punktu widzenia europejskich programów badania kosmosu projekt ten jest z wielu powodów przełomowy. Po raz pierwszy statek kosmiczny zbudowany w Europie musiał sprostać tak drastycznym warunkom. To również pierwszy obiekt kosmiczny, skonstruowany przez człowieka, który wylądował na księżycu planety tak oddalonej od Ziemi i jednocześnie pierwsze zakończone sukcesem lądowanie sondy europejskiej w innej części Układu Słonecznego. Pierwszy raz w historii pojazd skonstruowany przez człowieka wylądował na tak oddalonym obiekcie. Jest to zarazem ostatnia tak wielka i droga (2,3 mld dolarów) misja kosmiczna.



W tym małym czerwonym kółku wylądował Huygens. To zdjęcie wykonała sonda Cassini. Fot.: ESA/NASA/University of Arizona



Naukowcy prezentują wyniki z próbnika Huygens. Fot. ESA-P. SEBIROT.



Artystyczna wizja próbnika Huygens po oddzieleniu się od macierzystego statku Cassini. Rys. ESA-D.DUCROS

## PODRÓŻ HUYGENSA

Podróż międzyplanetarna sondy Cassini z próbnikiem Huygens trwała 7 lat, a odpowiednie przyspieszenie uzyskano między innymi dzięki dwukrotnemu wykorzystaniu pola grawitacyjnego Wenus, Ziemi i Jowisza. Od października 1997 przemierzył on 3,5 miliarda kilometrów. Huygens w okolicach Wenus musiał wytrzymać wysokie temperatury, przebyć pas asteroid wokół Marsa i Jowisza, a następnie pierścienie Saturna. Największym jednak wyzwaniem z technicznego punktu widzenia było schodzenie ku powierzchni Tytana, który to proces zakończył się po blisko trzech tygodniach od daty odłączenia od statku matki Cassini 25 grudnia. Po aerodynamicznym wyhamowaniu w górnych warstwach atmosfery i uruchomieniu trzech spadochronów, służących do kontroli procesu schodzenia ku powierzchni, sonda Huygens wylądowała na księżycu. Huygens to prawdziwe latające laboratorium, przynoszące na pokładzie 6 zaawansowanych instrumentów do przeprowadzenia wszystkich zaplanowanych przez naukowców badań.

W tym samym czasie Cassini przebywa na orbicie Saturna, realizując zadania obserwacyjne i jednocześnie retransmitując na Ziemię dane zbierane przez sondę.

Program Cassini/Huygens był bezprecedensowym wyzwaniem technicznym, w którym musiano poradzić sobie z wieloma dotąd nierozwiązanymi problemami.

*Uczeni ekscytują się podobieństwem Tytana do Ziemi. No tak, jeśli lubisz kąpiel w metanie o temperaturze  $-180^{\circ}\text{C}$ , to na Tytanie będzie Ci tak dobrze, jak na Ziemi.*

## LĄDOWANIE NA TYTANIE

Manewr lądowania był bardzo ryzykowny, bo odbywał się w gęstej atmosferze odległego o 1,5 mld km od Ziemi ciała niebieskiego, w praktycznie nieznanych warunkach. John Zarnecki, kierownik zespołu badającego pakiet danych nadesłanych z powierzchni Tytana, powiedział, że opadanie na spadochronie zajęło Huygensowi 2 godziny 27 minut i 50 sekund. Podczas gdy sonda Cassini pełniła rolę stacji przekaźnikowej, kapsuła próbnika zbliżała się do Tytana z szybkością ok. 22 tys. km/h. Na wysokości 190 km odrzucona została osłona termiczna, a szybkość opadania została zmniejszona do 1400 km/h przez kolejno otwierające się trzy spadochrony. Uderzenie nastąpiło przy prędkości 16,25 km/h i spowodowało bardzo krótkie przeciążenie równe 15 g. Wstrząs spowodował wyłączenie jednego czujnika, który jednak po kilku minutach sam wrócił do życia. Czujnik na spodzie próbnika zagłębił się na

rejestrowano mgłą lub cienką powłokę chmur z metanu. Ciśnienie zmierzone w tych wysokościach wynosi około 500 hPa. Temperatura zmierzona na początku opadania wynosiła  $-202^{\circ}\text{C}$ , zaś na powierzchni  $-179,35^{\circ}\text{C}$ .

## TYTAN - CO O NIM WIADOMO?

Tytan jest jednym z najbardziej interesujących i tajemniczych obiektów w Układzie Słonecznym. Zbadanie go ma dostarczyć informacji na temat początków życia. Uważa się bowiem, że panują na nim warunki podobne do tych, jakie panowały kiedyś na Ziemi. Na razie wiadomo jedynie, iż na Tytanie jest  $-180$  stopni Celsjusza, atmosfera składa się głównie z azotu. Prawdopodobnie znajdują się tam także oceany płynnego metanu i etanu.

Tytan, który jest większy od planet Merkurego i Plutona, uważany jest za jedyną księżyc w Układzie Słonecznym posiadający własną atmosferę. Składa się ona głów-

przewidywano z Ziemi ( $-180$  stopni)" - podkreślił dr Ziółkowski. Prof. Zbigniew Klos, dyrektor Centrum Badań Kosmicznych (CBK) PAN, pod-

**Próbnik Huygens - dane:**

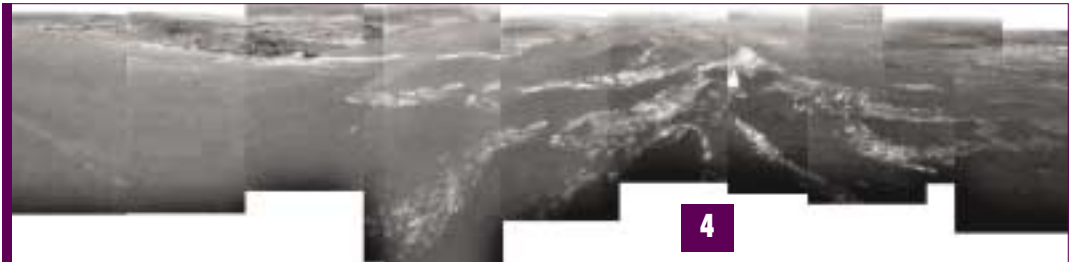
Średnica - 2,7 m

Waga - 320 kg

kreślał, że cała operacja była ogromnym sukcesem technologicznym. Przypomnił również, że polscy naukowcy będą mieli dostęp do danych przesłanych przez próbnik.

## CO WIDĄĆ NA ZDJĘCIACH?

Na zdjęciach z Tytana udostępnionych przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) widać bryły lodu, linie brzegowe, wyspy oraz struktury geologiczne podobne do kanałów. Na fotografiach widoczne są ciemne, wijące się linie, przypominające kanały, które mogą oznaczać, że na Tytanie znajdują się ciecz. Widać także otwartą przestrzeń usianą skalistymi obiektami, roz-



360° panorama w górnej części została złożona ze zdjęć zrobionych podczas 2,5-godzinnego opadania Huygensa na mroźną powierzchnię Tytana. Lewa część pokazuje teren za Huygensem, a prawa obszar, gdzie wylądował. Jasne obszary z cieniami zidentyfikowano jako teren wzniesiony. Gładkie i ciemne to najpewniej zmarznięty grunt przesiąknięty metanem i etanem, być może w niektórych miejscach są ich większe skupiska. Fot.: ESA/NASA/JPL/University of Arizona

około 15 cm w zmrożony grunt. Z danych możemy wnioskować o właściwościach gruntu na Tytanie. Według Zarneckiego grunt Tytana ma jednolitą konsystencję i cienką zmrożoną skorupkę na powierzchni. Jego właściwości mechaniczne są zbliżone do gliny lub mokrego piasku. Podczas opadania z prędkością około 26 km/h, Huygens pobierał próbki atmosfery w przedziale wysokości około 19-10 km. Na wysokości 19,3-17,7 km za-

nie z azotu i jest tak gęsta, że uniemożliwia obserwacje powierzchni. Uczeni nie są pewni, jakie procesy zachodzą w atmosferze i na powierzchni Tytana.

## POLSKI UDZIAŁ

Zadziałał polski czujnik temperatury umieszczony na próbniku Huygens. Polski czujnik miał zmierzyć temperaturę oraz przewodność cieplną atmosfery i powierzchni Tytana. „Czujnik zadziałał. Zmierzona na powierzchni Tytana temperatura,  $-179$  stopni z małym ułamkiem, okazała się bardzo bliska tego, co

świetloną powierzchnię i przyciemnione pasma. Pierwsze ze zdjęć zostały wykonane na wysokości 16 km, kiedy próbnik Huygens opadał na powierzchnię księżycy. Tego typu dane są wyzwaniem dla naszych wyobrażeń o obcych planetach jako statycznych rejonach. Okazuje się, że są to dynamiczne i złożone miejsca. Próbnik Huygens zaskoczył naukowców - był zaprojektowany do działania przez kilka minut po wylądowaniu, tymczasem pracował co najmniej półtorej godziny.

Zdjęcia egzotycznego środowiska Tytana zostały nam dostarczone dzięki instrumentowi, zwane-

MINI QUIZ MT  
CZYTAJ, WIĘC WIEJ

**Ruchome ciecz na powierzchni Tytana to najprawdopodobniej:**

- a) woda
- b) metan
- c) ciekły azot



Dane pochodzące w części z GCMS (Chromatograph and Mass Spectrometer) oraz SSP (Surface Science Package) potwierdzają podsumowanie doktora Tomasko. Dane z Huygensa dają silne dowody na istnienie ruchomej cieczy na powierzchni Tytana. Jednakże płyn ten zawiera raczej metan, prosty związek organiczny, który w temperaturze -170 stopni Celsjusza występuje w postaci płynnej, niż wodę, jak to ma miejsce na naszej planecie. Wydaje się, że obecnie rzeki na Tytanie są wyschnięte, ale deszcze prawdopodobnie zdarzały się nie tak dawno temu.

Dane o zwalnianiu i przenikaniu próbnika wskazują na to, że materiał znajdujący się pod powierzchnią skorupy ma konsystencję luźnego piachu, co być może spowodowane jest opadami deszczu metanu sprzed wieków lub efektem kapilarnym przenikania płynów z wnętrza Tytana na jego powierzchnię.

Ciepło generowane przez Huygensa, ogrzewając głębie pod próbnikiem, dało możliwość detekcji przez GCMS i SSP wrzących oparów metanu wydostających się gwałtownie z powierzchni księżycy. To umocniło przekonanie naukowców dotyczące zasadniczej roli metanu w meteorologii Tytana - formowania się chmur i opadów, które powodowały erozję i żłobienie powierzchni księżycy.

W dodatku zdjęcia powierzchni wykonane przez DISR ukazały małe otoczaki w suchym korycie rzeki (5). Pomiary spektrometryczne skłaniają naukowców do twierdzenia, że w ich skład wchodzi raczej brudna woda niż krzemowe skały. Jednakże w temperaturze, jaka występuje na Tytanie, woda przyjmuje postać podobną do skał.

Gleba Tytana co najmniej w części złożona jest z organicznego mglistego osadu. Ciemny materiał, będąc osadem atmosferycznym, podczas opadów na Tytanie był zmywany w niższe rejony, toteż na zdjęciach odnajdujemy go w korytach rzek i kanałach napływowych.



5

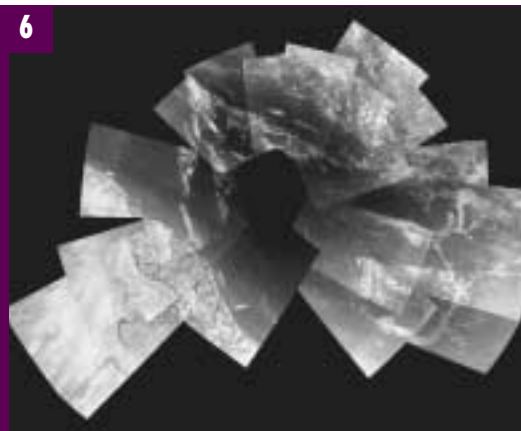


Na czarno-białym zdjęciu pokazana jest wielkość obiektów, jakie można dostrzec na pierwszym kolorowym zdjęciu z powierzchni Tytana, wykonanym przez próbnik Huygens. Czerwone kreski podpisane miarami długości oddają rzeczywiste rozmiary obiektów w odległościach, jakie podane są niebieskim kolorem. Bryły mają kształty otoczków, co jest dowodem działania erozji poprzez procesy przepływowe. Fot.: ESA/NASA/JPL/University of Arizona

mu Descent Imager/ Spectral Radiometer (DISR), zbudowanemu przez Lockheed Martin dla uniwersytetu w Arizonie i NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL). Sonda Cassini, wraz z próbnikiem Huygens, została umieszczona na orbicie Saturna 1 lipca 2004 roku. Zapoczątkowało to czteroletni okres badań „Władcy Pierścieni” i jego tajemniczych księżyców.

„Obecnie jesteśmy w stanie zrozumieć, co kształtuje krajobraz Tytana”, stwierdził dr Martin Tomasko, kierownik badań DISR (Descent Imager-Spectral Radiometer), dodając, że geologiczne dowody na opady atmosferyczne, erozję, mechaniczne ścieranie i aktywność rzek potwierdzają tezę, że procesy fizyczne kształtujące Tytana są bardzo podobne do tych, które obserwujemy na Ziemi. Spektakularne zdjęcia wykonane przez DISR ujawniają, że Tytan ma nadzwyczajnie podobną meteorologię i geologię do

ziemskiej. Zdjęcia pokazały, że złożona sieć cienkich kanałów odpływowych biegnie z jaśniejszych regionów pagórkowatych do niższych, bardziej płaskich i ciemniejszych regionów. Te kanały łączą się w system rzek, prowadzących do jezior wypuklających „wyspy” i „mielizny”, nad wyraz podobne do tych, jakie obserwujemy na Ziemi.



6

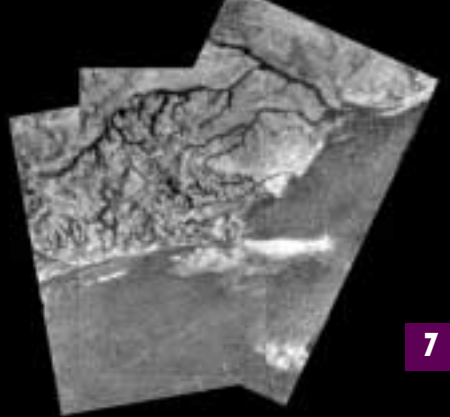
Zdjęcie opublikowane 17 stycznia 2005 przedstawia powierzchnię Tytana widzianą z sondy Huygens podczas opadania. Jest to mozaika 30 zdjęć wykonanych na wysokości pomiędzy 8 a 13 km (na wysokości ok. 10 km latają samoloty pasażerskie). Podczas fotografowania Huygens opadał z prędkością 5 m/s. Pozioma składowa prędkości wynosiła 1 m/s. Zdjęcia mają rozdzielczość ok. 20 m/piksel. Szerokość zdjęcia w największej przekątnej to ok. 30 km. Fot.: ESA/NASA/JPL/University of Arizona

Dowody bazujące na odnalezionym w atmosferze argonie wskazują na to, że na **Tytanie występowała aktywność wulkaniczna**, przy czym zamiast lawy w atmosferę wyrzucana była woda z dodatkiem amoniaku. Widać zatem, że podczas gdy **procesy geofizyczne występujące na Tytanie pozostają w dużej analogii do występujących na Ziemi**, to powiązane z nimi związki chemiczne są inne. **Zamiast płynnej wody, na Tytanie znajdujemy płynny metan. Zamiast krzemowych skał, zamrożoną wodę, a osady atmosferyczne składają się z cząsteczek węglowodoru.** Ponadto lawę ziemską zastępuje bardzo zimny lód.

## SUKCESY I PORAŹKI

Prawdopodobnie w konsekwencji jakiegoś błędu popełnionego przez człowieka utracono połowę zdjęć przesyłanych przez Huygensa podczas opadania. Nie należy się jednak tym zbyt martwić. Prawie wszystkie urządzenia Huygensa są zdublowane i otrzymaliśmy 350 obrazów z próbnika.

Zerwanie łączności przez kanał A zostało spowodowane błędem w oprogramowaniu wykonanym przez ESA. ESA bierze za to całą odpowiedzialność na siebie, wbrew mylącym informacjom, że odpowiadają za to także pozostałe agencje biorące udział w misji. Brak łączności z kanałem A spowodował,



Mozaika, wykonana z trzech zdjęć pochodzących z próbnika Huygens, przedstawia bezprecedensowe szczegóły okolicy grzbietu na powierzchni Tytana. Wyraźnie zarysowana jest bogato rozgałęziona rzeka o wielu źródłach.  
Fot.: ESA/NASA/JPL/University of Arizona

że otrzymano tylko 350 obrazów zamiast planowanych 700.

Przed misją zastanawiano się, czy wszystkie dane spektrometryczne oraz zdjęcia skryować przez oba kanały. W końcu zdecydowano, że dane spektrometryczne będą zdublowane w obu kanałach, zaś zdjęcia - podzielone między nie. Zatem różne zdjęcia skierowano w różne sygnały. W ten sposób utracono połowę informacji, jednak znaczna część tego, co stracono w kanale A, powtórza się w kanale B.

W panoramie Tytana przesłanej na Ziemi powstały luki, które dało się jednak uzupełnić danymi z jednego tylko kanału. Także pomiar prędkości wiatru, który był skierowany wyłącznie w kanał A, udało się odzyskać. Dzięki interwencji 18 radioteleskopów działających na co dzień w sieci

Pojedyncze zdjęcie z kamery DISR na Huygensie. Jasne linie to prawdopodobnie miejsca, gdzie na powierzchnię został wyrzucony lód wodny. Ciemne grube linie to najwyraźniej kanały utworzone przez strumienie płynnego metanu. Wyklucza się raczej możliwość ich wyrzeźbienia przez deszcz.  
Fot.: ESA/ NASA/JPL/University of Arizona

przez strumienie płynnego metanu. Wyklucza się raczej możliwość ich wyrzeźbienia przez deszcz.  
Fot.: ESA/ NASA/JPL/University of Arizona

VLBI odebrano sygnały bezpośrednio od próbnika. Sygnał ten był bardzo słaby (taki, jaki emitowałby telefon komórkowy z odległości 1,2 mln kilometrów). Dane te pozwolą wypełnić luki w informacjach, choć nie tak precyzyjnie jak stracone pomiary dopplerowskie. Leonid Gurvits z Joint Institute for Very Long Baseline Interferometry w Holandii mówi, że na podstawie zebranych sygnałów okreś-

lono dokładność pomiaru prędkości wiatru na 1 m/s. Wraz ze wzrostem naszej wiedzy o atmosferze Tytana dokładność ta będzie poprawiana.

## WNIOSKI

Powierzchnię księżycza rzeźbią metanowe rzeki, nad morzami unoszą się mgły i szumią metanowe deszcze. Metan, który w postaci płynnej wypełnia morza Tytana, jest też, obok azotu, zasadniczym elementem atmosfery księżycza. Inaczej niż na Ziemi, w atmosferze Tytana brakuje tlenu, a obecnie na jego powierzchni nie ma źródeł tego pierwiastka. Powierzchnia księżycza ma konsystencję mokrego piasku, pokrywając ją bryły lodu i kanały. Wiele wskazuje na to, że pada tam deszcz. Jeśli nawet na Tytanie nie pada codziennie, musi tam występować jakiś rodzaj regularnych opadów.

Badania prowadzone przez próbnik trwały zaledwie kilka godzin. Ich analizy zajmą jednak kolejne lata. Badania te mogą przynieść informacje na temat formowania się Tytana i być może pozwolą powiedzieć coś więcej na temat Ziemi sprzed miliardów lat.

Pisarze sciencefiction wspominają niekiedy o Tytanie jako miejscu potencjalnej kolonizacji. O ile jednak na razie nie mówi się o załogowych misjach na Tytana, to naukowcy rozważają kolejne badania tego księżycza.

„Teraz można myśleć poważnie o wysłaniu na Tytana łazików” - powiedział Jean-Pierre Lebreton, kierownik misji Huygens w ESA. ●



Zdjęcie wykonane przez DISR, jeden z instrumentów próbnika Huygens, przedstawia ciemny obszar na powierzchni Tytana, na którym widać jasne „wyspy”. Obszary poniżej i powyżej jasnych obiektów mogą znajdować się na różnej wysokości.  
Fot.: ESA/NASA/JPL/University of Arizona



Pojedyncze zdjęcie z kamery DISR na Huygensie. Jasne linie to prawdopodobnie miejsca, gdzie na powierzchnię został wyrzucony lód wodny. Ciemne grube linie to najwyraźniej kanały utworzone przez strumienie płynnego metanu. Wyklucza się raczej możliwość ich wyrzeźbienia przez deszcz.  
Fot.: ESA/ NASA/JPL/University of Arizona

przez strumienie płynnego metanu. Wyklucza się raczej możliwość ich wyrzeźbienia przez deszcz.  
Fot.: ESA/ NASA/JPL/University of Arizona