

Polski penetrator pobierze próbki marsjańskiego księżyca

# CHOMIK leci na Marsa



**JERZY GRYGORCZUK,**  
Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa  
Polska Akademia Nauk  
jurekgry@cbk.waw.pl  
Dr inż. Jerzy Grygorczuk kieruje Laboratorium  
Mechatroniki i Robotyki Satelitarnej  
Centrum Badań Kosmicznych PAN



**HANS RICKMAN,**  
Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa  
Polska Akademia Nauk  
Hans.Rickman@fysast.uu.se  
Profesor Hans Rickman jest kometologiem  
– pracuje w Pracowni Dynamiki Układu Słonecznego  
i Planetologii Centrum Badań Kosmicznych PAN  
oraz w Obserwatorium Astronomicznym w Uppsali



**MAREK MORAWSKI,**  
Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa  
Polska Akademia Nauk  
morawski@cbk.waw.pl  
Mgr inż. Marek Morawski kieruje Laboratorium  
Konstrukcji Elektronicznych Centrum Badań  
Kosmicznych PAN



**KAROL SEWERYN,**  
Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa  
Polska Akademia Nauk  
kseweryn@cbk.waw.pl  
Dr inż. Karol Seweryn specjalizuje się w dynamice  
i sterowaniu układów wielocłonowych, pracujących  
w warunkach orbitalnych, analizach MES, problematyce  
transportu ciepła, mechanice ośrodków porowatych  
i granulowatych

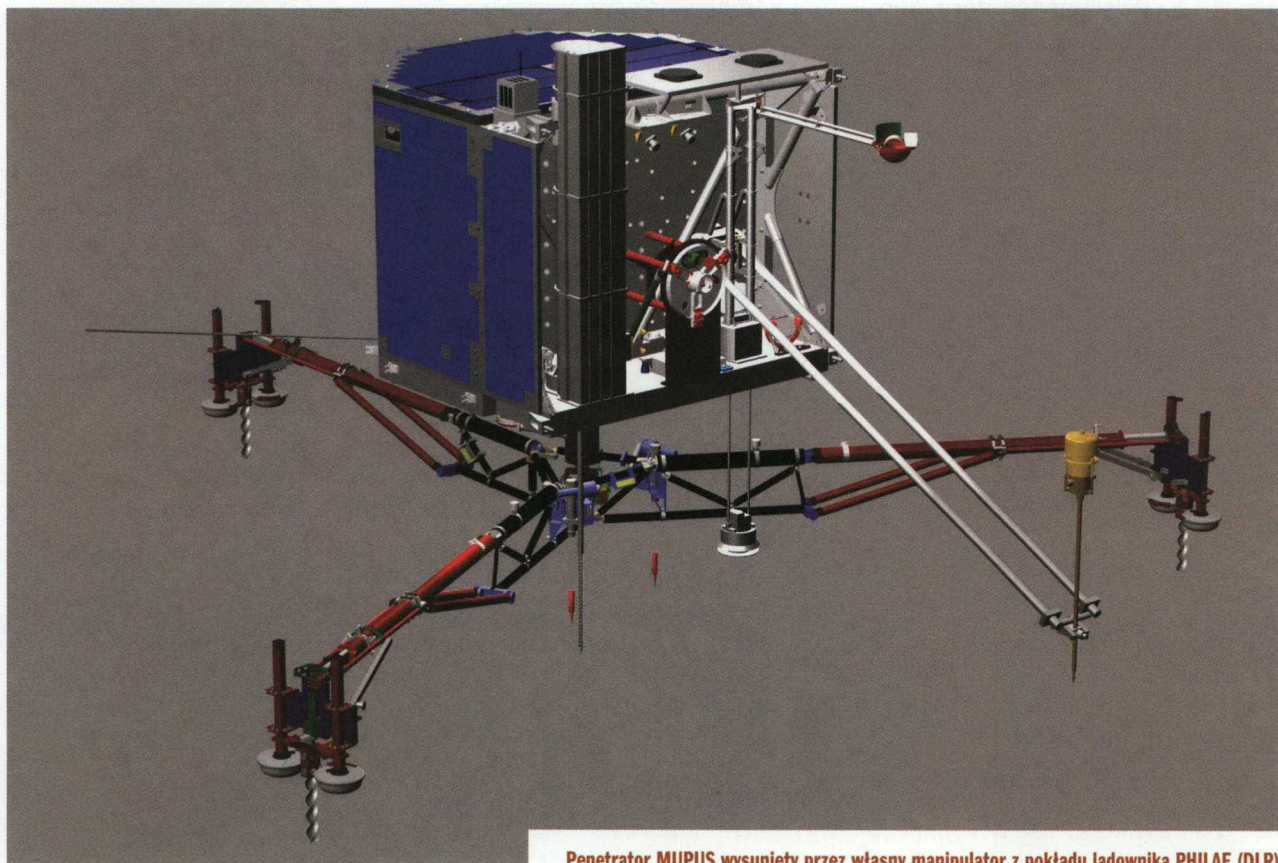
Rosyjska sonda Fobos-Grunt rozpocznie w listopadzie 2011 roku podróż w kierunku Marsa. Na jej pokładzie znajdzie się wyprodukowany w Centrum Badań Kosmicznych PAN unikatowy penetrator geologiczny CHOMIK. Jego zadaniem będzie pobranie próbek większego z marsjańskich księżyców – Fobosa

Centrum Badań Kosmicznych PAN od kilkunastu lat specjalizuje się w budowie samowbijających się penetratorów kosmicznych z napędem młotkowym, przeznaczonych do badań i eksploracji ciał Układu Słonecznego. Penetratory z napędem młotkowym zaliczane są do grupy najtrudniejszych mechanizmów kosmicznych. Na wysoki stopień trudności ich konstrukcji wpływa konieczność gęstego upakowania precyzyjnych mechanizmów w niewielkiej objętości, udarowa praca, która generuje wysokie obciążenia w materiałach; specyficzne zasady działania urządzenia w warunkach mikrogravitacji, a wreszcie bezpośrednie oddziaływanie ekstremalnych, środowiskowych warunków fizycznych.

CBK PAN



Penetrator CHOMIK na stanowisku do przeprowadzenia testów wbijania



Penetrator MUPUS wysunięty przez własny manipulator z pokładu lądownika PHILAE (DLR)

### Penetratory – nasza specjalność

Pierwszy opracowany w Polsce penetrator o nazwie MUPUS poleciał w lutym 2004 roku do komety 67PCzuriumow-Gierasimienko na pokładzie lądownika Philae w misji Rosetta, zaliczanej przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) do najbardziej prestiżowych misji, tzw. *cornerstone missions*. W drażonym pręcie MUPUS-a znajduje się zestaw szesnastu sensorów termicznych, które po wbiciu na głębokość około 40 cm określają profil termiczny i przewodnictwo cieplne podpowierzchniowych warstw jądra komety. Z kolei z analizy przebiegu samego wbijania będzie można uzyskać cenne informacje o właściwościach mechanicznych gruntu. MUPUS wykona zadania na komete w 2014 roku.

Wyzwaniem dla inżynierów było niezależnienie głębokości wbijania od długości pręta. Dlatego opracowano dwa modele penetratora typu KRET. Urządzenia te charakteryzują się dużą energią uderzenia: 2,2 dżuli i 3,5 dżuli. Model z mniejszą energią uderzenia wykazał podczas testów zdolność wbijania się na głębokość 5 m w materiał mający właściwości identyczne jak pokrywająca Księżyc warstwa zwietrzałej skały, czyli tzw. regolit księżycowy.

Sukcesy polskich penetratorów sprawiły, że do Centrum Badań Kosmicznych zwrócili się naukowcy z rosyjskiej Federalnej Agencji Kosmicznej z propozycją, żebyśmy zbudowali penetrator, który zrealizuje podstawowy cel misji Fobos-Grunt, jakim jest pobranie próbki gruntu

z powierzchni marsjańskiego księżycy – nawet z twardego, skalistego podłoża, jeśli okaże się to konieczne. Nowy, uniikatowy penetrator geologiczny nazwano CHOMIK-iem.

### Misja Fobos-Grunt

Do najważniejszych celów misji Fobos-Grunt należy dostarczenie na Ziemię próbki materiału z powierzchni Fobosa, satelity Marsa. Według obecnych planów sonda wystartuje w listopadzie 2011 roku na pokładzie rakiety nośnej Zenit. Pół roku później pojazd wejdzie na orbitę wokółmarsjańską. Lądowanie na Fobosie jest przewidziane na początek 2013 roku. Po miesiącu w kierunku Ziemi wystartuje moduł powrotny z kapsułą zawierającą próbkę gruntu zamkniętą w wykonanym w Polsce pojemniku. Kapsuła powrotna, ważąca wraz z pojemnikiem około 11 kg, wyląduje w Kazachstanie w połowie 2014 roku. Według umowy zawartej między Instytutem Badań Kosmicznych Rosyjskiej Akademii Nauk oraz Naukowo-Produkcyjnym Zjednoczeniem im. S.A. Ławoczki z Moskwy a Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie naukowcy z Polski wejdą w skład międzynarodowego zespołu, który zajmie się analizą materiału pochodzącego z powierzchni Fobosa. W ramach tej misji współpracuje kilkanaścioro uczonych i specjalistów z Centrum Badań Kosmicznych PAN, Instytutu Nauk Geologicznych PAN w Warszawie i Wrocławiu oraz z firmy Astri Polska. Lądownik pozostanie na Fobosie, skąd będzie prowadził dalsze badania powierzchni Czerwonej Planety.

## Polski penetrator pobierze próbki marsjańskiego księżyca

Marsjański satelita Fobos jest nieregularną bryłą o rozmiarach 27×22×18 km, o stosunkowo małej gęstości. Prędkość ucieczki jest na nim zbliżona do prędkości sprintera, co powoduje, że manewry lądowania i startu są stosunkowo łatwe do przeprowadzenia. Fobos przypomina obiekty z obrzeży Układu Słonecznego tworzące za orbitą Neptuna Pas Kuipera. Satelita krąży wokół Marsa w odległości zaledwie 9400 km. Nasz Księżyc jest od Ziemi dalej aż 40 razy! Tak niewielki dystans i brak własnej atmosfery

powodują, że Fobos doskonale nadaje się do obserwacji Czerwonej Planety, która wypełnia aż jedną czwartą jego nieboskłonu. Zagadkowa jest niska średnia gęstość Fobosa (1,87 g/cm<sup>3</sup>). Interpretuje się ją jako efekt jego wysokiej porowatości, ale może ona również wskazywać na dużą zawartość lodu. Ostatnie zdjęcia powierzchni Fobosa pokazują, że jest ona

pokryta regolitem, czyli warstwą zwietrzałych skał. Pochodzenie Fobosa do tej pory stanowi zagadkę. Wcześniejsze dane spektrometryczne wskazywały na właściwości typowe dla planetoid typu C/D. W związku z tym najbardziej prawdopodobne wydawało się, że Fobos jest planetoidą przechwyconą przez Marsa na orbitę okołoplanetarną. Jednak według konkurencyjnej hipotezy księżyc ten uformował się na orbicie Czerwonej Planety. Pomiary przeprowadzone przez instrument CHOMIK oraz analiza pobranej za jego pomocą próbki gruntu pomogą rozwikłać tę zagadkę.

### Jak to działa?

CHOMIK to złożony instrument kosmiczny o niewielkiej masie (1,4 kg), w całości zaprojektowany i wykonany w CBK PAN. Zawiera trzy główne podzespoły: penetrator, elektronikę sterującą i mechanizm blokująco-zwalniający. Penetrator składa się z urządzenia wbijającego i pręta zakończonym kontenerem, w którym zmieści się kilka centymetrów sześciennych gruntu. Głowica wbijająca bazuje na dobrze sprawdzonych i udoskonalonych rozwiązaniach elektromagnetycznego napędu MUPUS-a.

Wbijanie penetratora, napędzanego uderzeniami młotka, w warunkach nikłej grawitacji wymaga rozwiązań powodujących, że na lądownik nie będą oddziaływały siły reakcji większe niż 3 N. Tymczasem wartość

siły wbijania CHOMIKA może wynosić 500-1000 niutonów. Dlatego żeby uzyskać niskie wartości sił reakcji, zastosowano liniowe sprzęgło przeciążeniowe pomiędzy prętem a manipulatorem oraz elastyczne zawieszenie przeciwmasy urządzenia względem pręta, zapewniające dynamiczne oparcie. Dzięki tym rozwiązaniom CHOMIK może bezpiecznie współpracować z lądownikiem, a jednocześnie, posiadając wysoką energię uderzenia, zapewnia pobranie próbki nawet w najtrudniejszym przypadku, gdy podłoże okaże się skalne i będzie za twarde dla innych urządzeń pobierających próbki gruntu na lądowniku. Dodatkową istotną cechą napędu CHOMIK-a jest wyodrębniony tryb pracy z obniżoną energią uderzenia, który zostanie automatycznie użyty, jeśli grunt będzie mało spójny lub wręcz sypki. Kontener po wypełnieniu gruntem zostanie wysunięty i dostarczony przez manipulator do centralnego pojemnika na grunt. Wtedy kontener z próbka zostanie odrzucony i odsłoni ostry trzpień. Trzpień pozwoli kruszyć twardy materiał skalny, co umożliwi pobranie go przez inne instrumenty lądownika. W okolicy trzpienia znajdują się dwa specjalnie opracowane sensory termiczne zdolne do określenia własności termicznych gruntu Fobosa. Do oceny właściwości mechanicznych gruntu zastosowano potencjometryczny czujnik przyrostu zagłębienia, dający informację o przemieszczeniu po każdym uderzeniu młotka.

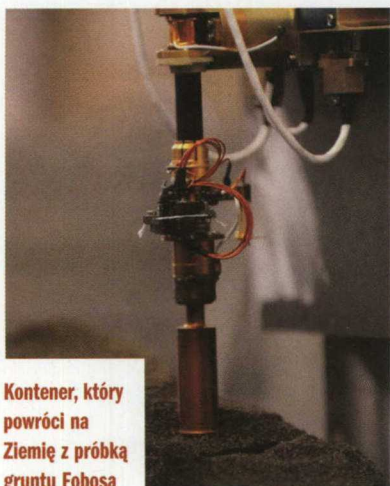
CHOMIK, tak jak każde inne urządzenie dopuszczone do udziału w misji kosmicznej, musiał przejść wiele szczegółowych testów, przeprowadzonych na czterech modelach instrumentu: modelu strukturalno-termicznym, dwóch modelach inżynieryjno-kwalifikacyjnych i modelu lotnym. Po pozytywnych wynikach testów wibracyjnych i szokowych CHOMIK został poddany najtrudniejszej próbie – testom termiczno-próżniowym, które wykazały, że instrument sprawnie pracuje w temperaturach nawet poniżej -100°C.

Obecnie CHOMIK znajduje się w Naukowo-Produkcyjnym Zjednoczeniu im. Ławoczkina w Moskwie, gdzie po zintegrowaniu z manipulatorem i pozytywnym przeprowadzeniu testów akceptacyjnych oczekuje na start misji Fobos-Grunt w listopadzie 2011 roku. ■

### Chcesz wiedzieć więcej?

Gurgurewicz J., Rickman H., Królikowska M., Banaszekiewicz M., Grygorczuk J., Morawski M., Seweryn K., Wawrzaszek R. (2010). Phobos investigations using the CHOMIK device (Phobos Sample Return mission). European Planetary Science Congress, Abstracts 5:EPSC2010-683.

Grygorczuk J., Banaszekiewicz, M., Seweryn K., Spohn, T. (2007). MUPUS Insertion device for the Rosetta mission. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 1, 50-53.



Kontener, który powróci na Ziemię z próbka gruntu Fobosa



Urządzenie MUPUS