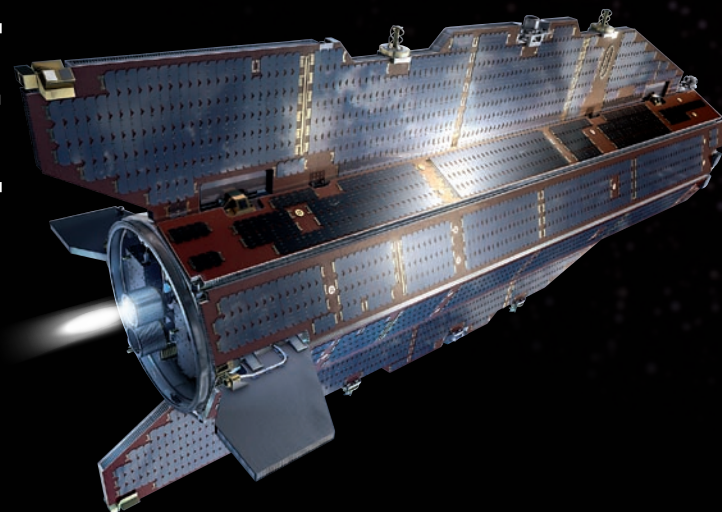


GOCE



17 marca o godzinie 15:21 czasu polskiego, po 10 latach przygotowań i licznych problemach technicznych, z rosyjskiego kosmodromu w Plesiecku wystrzelono satelitę GOCE, którego zadaniem będzie wykonanie z niespotykaną dotąd dokładnością pomiarów pola grawitacyjnego całej Ziemi.

Głównym celem misji GOCE (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer) jest pozyskanie globalnych danych o polu grawitacyjnym Ziemi z dokładnością do 1 miligala ($1 \text{ mGal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$) oraz określenie kształtu geoidy z dokładnością do 1 cm. Oba zbiory danych mają mieć rozdzielczość nie gorszą niż 100 km. Misja jest częścią programu „Living Earth” realizowanego przez Europejską Agencję Kosmiczną, który zakłada wystrzelenie na orbitę okołozemską serii 24 satelitów badających różne aspekty środowiska naturalnego.

● OCZEKIWANIE NA START

Koncepcja misji GOCE została po raz pierwszy zaprezentowana, razem z ośmioma innymi projektami, w 1996 roku w Hiszpanii podczas warsztatów programu „Living Planet”. Co ciekawe, wiele założeń misji zostało opracowanych na podstawie badań naukowych prowadzonych już na początku lat 80. (m.in. w ramach programu SESAME i Arystoteles). W 1999 roku ukończono przygotowywanie dokumentacji do pierwszej fazy pro-

jektu i wtedy też ESA zarekomendowała jego implementację w ramach misji Core Explorer. W 2000 roku do realizacji projektu wybrano włoską firmę Alenia Spazio, z którą w styczniu 2001 roku podpisano kontrakt. Początkowo start satelity planowano na 2006 rok, jednak wskutek m.in. opóźnień w budowie, był wielokrotnie przekładany. Łącznie w konsorcjum przygotowującym całą misję wzięło udział 45 firm z 13 państw, w tym m.in. Alcatel Space Industries, ONERA oraz EADS Astrium. Całkowity koszt budowy satelity wyniósł 350 mln euro.

● PLAN PRZEBIEGU MISJI

Półtorej godziny po starcie Centrum Operacji Kosmicznych ESA w Darmstadt (Niemcy) potwierdziło, że satelita bezpiecznie dotarł na zaplanowaną orbitę heliosynchroniczną na wysokości 295 km. Na pierwsze sześć tygodni zaplanowano tzw. wczesną fazę orbitalną, a następnie trzymiesięczny okres kalibracji urządzeń, w ramach którego pułap będzie systematycznie zmniejszany do docelowych 270 km. Pierwsze dane mają spłynąć na Ziemię na przeło-

mie sierpnia i września bieżącego roku i zbierane będą w dwóch trzymiesięcznych cyklach. W trakcie misji surowe dane (poziom 1b) mają być przesyłane za pośrednictwem naziemnej stacji w Kirunie (Szwecja) do konsorcjum HPF (High-level Processing Facility) składającego się z 10 instytutów naukowych, których zadaniem będzie przetworzenie danych do poziomu drugiego i przygotowanie ich do dystrybucji. Z uwagi na bardzo niską orbitę, nieuniknione będą krótkie zaćmienia Słońca trwające w granicach kilkunastu minut. W projekcie misji założono, iż nie przerwą one pracy urządzeń pokładowych. Wyjątkiem będzie jedno dłuższe przesłonięcie Słońca, które wymusi 2-miesięczną hibernację i w konsekwencji podzielenie zbierania danych na dwa etapy. Łącznie satelita ma pracować przez około 20 miesięcy, gdyż na tyle wystarczy paliwa.

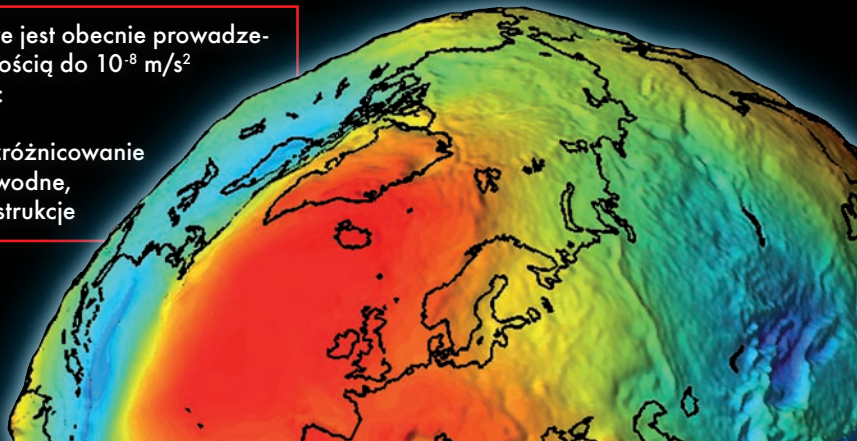
● WALKA Z ATMOSFERĄ

Misja GOCE jest uznawana za jedno z największych wyzwań technologicznych, z jakimi zmierzyła się Europejska Agencja Kosmiczna. Aby pomiary pola

Dzięki coraz precyzyjniejszym urządzeniom możliwe jest obecnie prowadzenie pomiarów przyspieszenia ziemskiego z dokładnością do 10^{-8} m/s^2

Co wpływa na lokalne zmiany pola grawitacyjnego:

- 10^{-2} m/s^2 – spłaszczenie Ziemi i ruch wirowy,
- 10^{-3} m/s^2 – góry i rowy oceaniczne, ● 10^{-4} m/s^2 – zróżnicowanie gęstości wnętrza Ziemi, ● 10^{-5} m/s^2 – duże zbiorniki wodne,
- 10^{-6} m/s^2 – pływy morskie, ● 10^{-7} m/s^2 – duże konstrukcje



grawitacyjnego były jak najdokładniejsze, satelita musi orbitować możliwie nisko. Z tego powodu orbitę GOCE na czas zbierania danych ustalono na pułapie zaledwie 250 km, gdzie występują jeszcze śladowe ilości gazów, co implikuje liczne problemy w pracy satelity. Pierwszym z nich jest opór aerodynamiczny, który zredukowano dzięki niewielkim wymiarom oraz opływowemu i zwartemu kształtowi satelity. Ma on zaledwie 5 metrów długości i 1 metr średnicy, a spośród innych satelitów wyróżniają go panele słoneczne w kształcie płetw ułożone podłużnie względem toru lotu. Kolejne problemy technologiczne wynikają z wysokiej precyzji gradientometru, przez co nawet niewielkie drgania, ładunki elektryczne czy naprężenia konstrukcji mogą spowodować błędny odczyt urządzenia. Aby tego uniknąć, do minimum ograniczono liczbę ruchomych części oraz zastosowano wielowarstwową izolację satelity.

• PRĘDKOŚĆ I POZYCJA SATELITY

Dużym wyzwaniem było także zaprojektowanie urządzeń pomiarowych i napędowych. Do najważniejszych należy gradientometr EGG (Electrostatic Gravity Gradiometer) zaprojektowany w zakładach Alcatel i ONERA. Urządzenie waży 150 kg i składa się z 6 akcelerometrów umieszczonych parami na trzech prostopadłych do siebie osiach przytwierdzonych do ultrastabilnej struktury zbudowanej z włókien węglowych. Pomiar polega na obliczeniu różnicy przyspieszenia (tj. gradientu grawitacyjnego) pomierzonego wzdłuż każdej z osi, przy założeniu, że jedna z nich będzie skierowana do środka Ziemi. Drugim istotnym komponentem GOCE jest SSTI (Satellite to Satellite Tracking Instrument), którego głównym zadaniem jest precyzyjne wyznaczanie prędkości oraz pozycji satelity. Urządzenie odbiera jednocześnie sygnały L1 i L2 z 12 satelitów GPS i GLONASS. Śledzenie parametrów orbity z naziemnych stacji kontroli (SLR – Satellite Laser Ranging) zapewnia urządzenie LRR (Laser Retro Reflector), które za pomocą zwierciadeł odbija wiązkę lasera z powrotem do jego źródła, umożliwiając tym samym precyzyjny pomiar odległości. Aby utrzymać odpowiedni pułap i prędkość, na pokładzie satelity zamontowano jednostkę napędową ITA (Ion Thruster Assembly). Jest to napędzany ksenonem i zbudowany z grafitu silnik jonowy o wadze 100 kg (40 kg paliwa).

• DOKŁADNIEJSZA GEOIDA

Dzięki misji GOCE naukowcy reprezentujący różne dziedziny wiedzy uzyskają zupełnie nowe możliwości prowadzenia badań. Nowy model geoidy pozwoli m.in. na szczegółowe monitorowanie powierzchniowych i głębinowych prądów morskich, co z kolei ułatwi zrozumienie i przewidywanie współczesnych zmian klimatycznych. Dane z satelity dadzą także oceanografom możliwość zmierzenia wahań poziomu oceanu światowego (w tym pływów) oraz pozwolą lepiej prześledzić proces topnienia pokrywy lodowej. Co więcej, dzięki misji GOCE, w połączeniu ze zgromadzonymi już danymi sejsmicznymi, możliwe będzie badanie zjawisk geologicznych do głębokości nawet 200 km. Pozwoli to lepiej zrozumieć takie zjawiska, jak izostaza czy ruchy orogeniczne oraz ułatwi poszukiwanie złóż mineralnych. Misja GOCE oznacza także bezpośrednie korzyści dla geodezji. Dzięki dokładniejszemu modelowi geoidy możliwe będzie zrezygnowanie z kosztownych i czasochłonnych procedur w pracach inżynierskich – szczególnie hydrotechnicznych. Nowe dane pozwolą także na funkcjonowanie bardziej precyzyjnego, globalnego systemu osnowy wysokościowej.

• NA POCZĄTKU BYŁO JABŁKO

Pierwsze doświadczenie dotyczące siły grawitacji przypisuje się włoskiemu naukowcowi – Galileuszowi, choć to Izaak Newton pół wieku później podjął się szczegółowego opisu siły ciężkości. Dokładne pomiary pola grawitacyjnego zawdzięczamy węgierskiemu matematykowi – Lorándowi Eötvösowi – który w latach 80. XIX wieku skonstruował w tym celu specjalną wagę skrętną. Od tego czasu rozpoczęto pomiary zmian siły ciężkości w wielu regionach świata, jednak globalne dane mogły być zebrane dopiero w 2000 roku, dzięki satelicie CHAMP, którego zadaniem był pomiar pola magnetycznego i grawitacyjnego Ziemi z wysokości 454 km. Projekt ten był realizowany wspólnie przez niemiecką i amerykańską agencję kosmiczną. Drugą, podobną misją jest projekt GRACE, w ramach którego na orbicie okołoziemskiej na pułapie 220 km umieszczono dwa satelity monitorujące sezonowe zmiany siły ciężkości.

Oprac. JERZY KRÓLIKOWSKI

