

ZBIGNIEW KŁOS, JANUSZ B. ZIELIŃSKI

*Centrum Badan Kosmicznych PAN  
Bartycka 18a, 00-716 Warszawa  
e-mail: klos@cbk.waw.pl  
jzbz@cbk.waw.pl*

## PROGRAM BADAŃ EUROPEJSKIEJ AGENCJI KOSMICZNEJ I WSPÓŁPRACA Z POLSKĄ

W czasie, kiedy piszemy ten tekst, prowadzone są rokowania między Rządem Rzeczypospolitej Polskiej a Europejską Agencją Kosmiczną w sprawie przystąpienia Polski do programu współpracy z Agencją. Być może, kiedy czytelnik będzie przeglądał ten artykuł, możliwości polskich instytucji i indywidualnych naukowców współpracy z ESA będą już porównywalne z tymi jakie są w tzw. starych krajach Unii Europejskiej. Dotychczas możliwości te były mocno ograniczone postanowieniami porozumienia o współpracy oraz finansowymi możliwościami strony polskiej. Ale i w dotychczasowych warunkach znajdowano możliwości udziału w projektach i misjach kosmicznych europejskiego programu kosmicznego, który w oczach większości ekspertów uznawany jest za stojący na najwyż-

szym poziomie, nie wiele ustępując programowi amerykańskiemu.

Europejska Agencja Kosmiczna jest organizacją stosunkowo młodą. Formalnie konwencja o jej utworzeniu ratyfikowana została dopiero w 1980 r. Legitymuje się jednak imponującym dorobkiem.

W tym omówieniu pominiemy całą część działalności technicznej i ekonomicznej ESA, jak np. rozwój techniki rakiet kosmicznych, działalność kosmodromu w Gujanie Francuskiej czy rozwój satelitów telekomunikacyjnych. Omówimy pokrótce trzy obszary działania: satelitarne badania Ziemi, badania ciał Układu Słonecznego oraz badania zjawisk i obiektów w przestrzeni poza Układem Słonecznym i pozagalaktycznej.

## IDEA EUROPEJSKIEGO PROGRAMU KOSMICZNEGO

Przypomnijmy sytuację światową w latach 60. dwudziestego wieku. Trwa ciągle napięcie między dwoma blokami politycznymi – komunistycznym i zachodnim. Sukcesy w kosmosie stanowią znaczący oręż ideologiczny – świadczą one o przewadze tej lub innej strony. Rozwój techniki kosmicznej napędzany jest wyścigiem zbrojeń – rakiety wynoszące satelity to mutacja rakiet dla pocisków międzykontynentalnych. Programy kosmiczne Rosji i Stanów Zjednoczonych praktycznie nie mają ograniczeń budżetowych. W roku 1969 człowiek ląduje na Księżycu. Wszystko razem pobudza społeczną wyobraźnię – literatura fantastyczno na-

ukowa, filmy science fiction osiągają szczyty powodzenia.

Kraje europejskie orientują się, że działając indywidualnie, żaden z nich nie zbuduje porównywalnego programu kosmicznego. Ponieważ nauka w coraz większym stopniu wykorzystuje odkrycia dokonane w kosmosie, zaś rozwój techniczny w coraz większym stopniu jest stymulowany wymogami misji kosmicznych, pozostaną one na uboczu światowego rozwoju naukowego i technicznego. Połączenie sił i wspólne działanie stawało się imperatywem.

Ale nie było to zadanie łatwe. Brak wspólnego przemysłu zbrojeniowego w Europie, a

zwłaszcza jego rozczłonkowanie i konkurencyjność firm narodowych skutkowały brakiem wsparcia politycznego. Właściwie, główną siłą lobbującą za wspólnym europejskim programem kosmicznym były grona naukowe, które potrafiły przekonywać skutecznie decydentów w swoich krajach o pozytywnych skutkach działań kosmicznych także dla ekonomii i obrony.

Prekursorem ESA były powstałe jeszcze w 1962 r. ESRO (ang. European Space Research Organisation) i ELDO (ang. European Launcher Development Organisation). Połączyły się one w 1973 r. tworząc unikalną w swej skuteczności agencję kosmiczną Europy.

Konwencja stanowiąca podstawę prawną istnienia ESA zawiera kilka postanowień, zapewniających elastyczność tej organizacji i przyczyniających się do jej sukcesu. Jedno z nich, to gwarancja, że składka wnoszona przez dany kraj do budżetu ESA wraca do tego kraju pod postacią zamówień udzielanych miejscowemu przemysłowi. Jest to forma subsydiowania przemysłu zaawansowanej technologii, najbardziej skuteczna z dotych-

czas znanych. Inną przyjętą zasadą jest podział programu ESA na część obowiązkową i opcjonalną. Część obowiązkową finansują wszystkie kraje członkowskie proporcjonalnie do dochodu narodowego danego kraju, w części opcjonalnej uczestniczą tylko kraje zainteresowane danymi projektami. Program badawczy Agencji należy do części obowiązkowej – zapewnia to jego ciągłość i niezależność od zawirowań ekonomicznych lub politycznych. W programie opcjonalnym pojawiają się przedsięwzięcia o znaczeniu ekonomicznym albo wysoko wyspecjalizowane. Dla przykładu wymienimy tu budowę rakiety Ariane, opracowanie satelitów telekomunikacyjnych lub europejski udział w stacji kosmicznej.

Skład członkowski ESA stale się rozszerza. W 1973 r. krajów członków założycieli było 10 (Belgia, Dania, Francja, Niemcy, Włochy, Holandia, Hiszpania, Norwegia, Szwecja i Wielka Brytania). Obecnie jest ich 17 (dołączyły Austria, Finlandia, Grecja, Irlandia, Luksemburg, Portugalia i Szwajcaria) plus Kanada, która jest członkiem stowarzyszonym.

#### PROGRAM BADAŃ PRZESTRZENI KOSMICZNEJ

Cała działalność ESA obejmuje kilka sektorów, takich jak badania naukowe, obserwacje Ziemi, telekomunikacja, rakiety, technologia, loty załogowe, nauki o życiu. Część działań objętych nazwą „Science Program” to badania wszechświata, rozciągającego się ponad atmosferą ziemską. Jest to niewątpliwie najbardziej odkrywczą i znaczącą część prowadzonego przez ESA programu. Jest tak obszerna, że niemożliwe jest jej streszczanie. Obejmuje obszary jonosfery i magnetosfery Ziemi, układ słoneczny wraz ze Słońcem, planetami i małymi ciałami, gwiazdy, inne galaktyki i źródła promieniowania w podczerwieni, ultrafiolecie, promieniach X i gamma. Ograniczymy się tu do statystyki i niektórych przykładów.

W latach 1968–1973, a więc jeszcze w epoce ESRO, umieszczono na orbitach 5 satelitów, co pozwoliło zbudować strukturę organizacyjną – techniczną nadającą się do podejmowania większych zadań. Następny okres to lata 1974–1985, w którym zrealizowano 7 poważnych misji naukowych, w tym pierwszą ekspedycję w głąb Układu Słonecznego – sonda Giotto dokonała spotkania z dwoma kometami: kometą Halleya i Griega-Skjellerupa. W 20-lecie 1985–2005 zrealiz-

wano 20 poważnych misji, a więc średnio jedna na rok.

Przebieg misji Giotto nie był pozbawiony dramatyzmu. Start miał miejsce 2 lipca 1985 r. Do spotkania miało dojść po 8 miesiącach podróży w przestrzeni, po wykonaniu wielu manewrów korygujących trajektorię. Postawiono sobie za cel, aby sonda dotarła jak najbliżej jądra komety, jednakże orbita komety nie była znana z dostateczną dokładnością i dopiero dane z misji Vega, realizowanej w ramach współpracy Interkosmos, pozwoliły na tyle uściślić orbitę komety, że można było skutecznie sterować sondą. Warto tu wspomnieć, że w misji Vega uczestniczyła także Polska, z analizatorem fal plazmowych. 14 marca 1986 r. nastąpił moment największego zbliżenia do jądra komety na odległość 596 km. Po wykonaniu wszystkich planowanych pomiarów aparatura badawcza została wyłączona i sonda postawiona w stan hibernacji. Po pewnym czasie okazało się, że istnieje możliwość spotkania z następną kometą. I oto po czterech latach podróży w kosmosie sonda została reaktywowana. Nie wszystko w niej było w porządku, ale większość przyrządów działała poprawnie. Po szeregu manewrów doprowadzono do spo-

tkania z kometa Griega-Skiellerupa 10 lipca 1992 r. Tym razem dystans zbliżenia wynosił zaledwie 100 km.

Wyniki naukowe misji Giotto były rewelacyjne. Otrzymane dokładne zdjęcia skalnego jądra komety Halleya, co umożliwiło wykonanie mapy i trójwymiarowego modelu. Sonda przechodziła przez strumień pyłu i gazu emitowanego przez kometa, niektóre cząstki były tak masywne, że uszkodzona została jedna z anten i kamera. Analiza cząstek pyłowych wykazała, że kometa nie jest brudną kulą śnieżną, jak uważano dotychczas, ale raczej skałą okrytą warstwami pyłu z lodem. Co najciekawsze, cząstki pyłu nie były z materiału skalistego lecz organicznego. Giotto wykryła cząstki bogate w węgiel, tlen i azot oraz wodę, a więc elementy niezbędne do formowania materii ożywionej. Z kolei spotkanie z kometa G-S dało ciekawy materiał porównawczy. Kamera fotograficzna niestety już nie działała, ale inne pomiary wykryły zasadnicze różnice w strukturze obu tych ciał niebieskich.

W 1985 r. sformułowany został kolejny plan badawczy pod nazwą Horizon 2000. Tymczasem w Polsce i innych krajach bloku socjalistycznego nastąpiły zmiany polityczne, które umożliwiły nam zbliżanie się i włączenie w program ESA. Polscy naukowcy z Centrum Badań Kosmicznych PAN niezwłocznie z tego skorzystali. Wyprawą, która przyniosła jeszcze więcej emocji i jeszcze więcej sensacyjnych wyników była misja Cassini/Huygens, która doprowadziła do lądowania próbnika na Tytanie, zawierającego polski fragment aparatury.

Misję Cassini do Saturna zaprojektowała NASA i zaproponowała ESA-ie współpracę. Ale specjaliści z krajów europejskich woleli realizować jakiś autonomiczny eksperyment, wyraźnie wnoszący nowe elementy. Wiadomo było, że Tytan będący największym satelitą Saturna, posiada atmosferę zaś jego powierzchnia jest niedostępna obserwacjom z zewnątrz. Wysłanie tam aparatu lądującego umożliwi wyjaśnienie tajemnic Tytana, zbadanie charakteru jego powierzchni, środowiska i pomoże w budowaniu teorii powstania Układu Słonecznego. Jednakże trudności były olbrzymie.

Orbita Saturna znajduje się prawie dziesięciokrotnie dalej od Słońca niż Ziemia. Sonda musi nie tylko przebyć olbrzymią odległość, ale także pokonać różnicę potencjału grawitacyjnego między orbitami Ziemi i Saturna. Wobec tego aparatura badawcza na

ładowniku musi wytrzymać trwającą kilka lat podróż w przestrzeni kosmicznej i szok podczas lądowania.

W październiku 1989 r. ESA ogłosiła Announcement of Opportunity. Z nadesłanych propozycji wyselekcjonowano 6 pakietów przyrządów. Jeden z nich, Surface Science Package, realizowany pod kierunkiem prof. J. C. Zarnecki z Wielkiej Brytanii, zawierał instrument przygotowany przez Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk. Był to czujnik do pomiaru temperatury i przewodnictwa cieplnego (THP), zaprojektowany przez J. Grygorczuka i Z. Krysińskiego pod kierunkiem M. Banaszkiewicza.

Sonda Cassini została wystrzelona w przestrzeń 15 października 1997 r. poligonu Cap Canaveral na Florydzie. Trajektoria tworzyła dwie pętle okrążające Słońce, zbliżając się dwukrotnie do Wenus i wykonując manewr wspomagania grawitacyjnego. 18 sierpnia 1999 r., a więc prawie dwa lata od startu sonda ponownie zbliżyła się do Ziemi uzyskując ponownie impuls grawitacyjny wyrzucający ją na orbitę w kierunku Jowisza. W rok później znalazła się koło niego i tam ponownie dokonano manewru wspomagania grawitacyjnego. Po następnych 4 latach w lipcu 2004 r. Cassini znalazł się wreszcie w pobliżu Saturna. Tam ponownie przeprowadzono szereg manewrów, które doprowadziły do orbitowania sondy wokół Saturna. Trudnym doświadczeniem dla Cassiniego było przejście przez płaszczyznę pierścieni Saturna, jednakże udało się pokonać tę przeszkodę bez szwanku. Po kilku okrążeniach Saturna rozpoczęto manewr oddzielenia ładownika Huygens od Cassiniego. 14 stycznia 2004 r., po przebyciu drogi 4 miliardów kilometrów, dokonało się lądowanie na najbardziej odległym z dotychczas osiągniętych ciał niebieskich, satelicie Saturna Tytanie.

Wbrew obawom, wszystkie systemy służebne i aparatura pomiarowa na ładowniku zadziałały perfekcyjnie. Zgodnie z planem otwierały się spadochrony, zadziałały rakiety hamujące, amortyzatory, otworzyły się wysięgniki i anteny. Nawiązana została łączność z sondą Cassini, a za jej pośrednictwem z Ziemią. Był to jedyny dostępny kanał łączności, ponieważ Huygens miał zbyt mało energii, aby komunikować się bezpośrednio z Ziemią. W związku z tym transmisja danych mogła trwać tylko tak długo, dopóki Cassini był ponad horyzontem Huygensa. Trwało to 25 minut.

Wyniki badań tej misji są rewelacyjne. Najbardziej fascynujące są zdjęcia powierzchni Tytana. Pokazują elementy krajobrazowe analogiczne do rzek i zbiorników cieczy (jeziora, morze?). W bliskiej perspektywie zbiorowisko głazów, podobne bardzo do krajobrazu Marsa. Miejsce lądowania było wilgotne, ale wilgoć pochodziła nie od wody, lecz od ciekłego metanu. Nasz przyrząd zachował się także bez zarzutu, dostarczając danych w całym cyklu pomiarowym.

W tym krótkim przeglądzie warto przypomnieć jeszcze jedną misję, interesującą ze względu na swój niezwykły program, jak i udział Polaków. Jest to Rosetta – sonda kosmiczna, której przeznaczeniem jest dotrzeć do komety i wylądować na niej. Będzie to pierwsze w historii lądowanie próbnika na komecie. Nazwę sondy przyjęto w nawiązaniu do słynnego kamienia z Rosetta, na którym zapisany tekst w językach staroegipskim i greckim pozwolił na odcyfrowanie pisma hieroglifów, co następnie umożliwiło poznanie tajemnic starożytnego Egiptu. Podobnie sonda Rosetta umożliwi poznanie tajemnic powstania Układu Słonecznego.

Samo przygotowanie misji było dość skomplikowane. Sonda była przygotowana do startu już w styczniu 2003 r. i jej celem miała być kometa Wirtanen. Niestety do startu nie doszło, ponieważ rakieta wynosząca Ariane 5 zawiodła. Zaczęto poszukiwać innego możliwego celu i takim okazała się kometa o nazwie Churyumow-Gerasimienko (nazwa komety pochodzi od nazwisk odkrywców). Jest to interesujący obiekt, o orbicie stosunkowo mało wydłużonej, o okresie niecałe ok. 6,54 roku, z perihelium ok. 1,3 jednostki astronomicznej. Została odkryta w 1969 r., a następnie obserwowana w kolejnych zbliżeniach. Emituje znaczne ilości gazu i pyłu. Z analizy orbity wynika, że ulegała ona ewolucji i przed odkryciem kometa była znacznie bardziej odległa od Słońca. Wobec tego jej skład chemiczny i struktura jest bliższa materiałowi pierwotnemu z którego powstawał Układ Słoneczny.

Ostatecznie sonda wystartowała 2 marca 2004 r. w przestrzeń międzyplanetarną, w

podróż, która potrwa do 2015 r. W okolicy komety, która się będzie wtedy znajdować w odległości ok. 600 mln km od Słońca, sonda dotrze na wiosnę 2014 r. Po drodze trzykrotnie zbliży się do Ziemi (pierwsze zbliżenie w marcu 2005 r. już nastąpiło), oraz przejdzie w pobliżu Marsa i dwóch asteroidów: Steins (wrzesień 2008) i Lutetia (lipiec 2010). Po dotarciu w pobliże komety rozpocznie się seria manewrów mających na celu zrównanie prędkości orbitalnych obu obiektów, a następnie wprowadzenie sondy na orbitę okrążającą kometę. Orbitując dookoła jądra komety Rosetta dokona pomiarów parametrów otoczenia oraz zdjęć powierzchni z wysoka dokładnością. Wreszcie w listopadzie 2014 r. od sondy oddzieli się lądownik Philae, który ma osiąść na gruncie jądra. Lądownik zawiera 10 różnych przyrządów do badań powierzchniowych, wśród nich przyrząd MUPUS, którego najważniejszym elementem jest penetrator, przeznaczony do wejścia w grunt i wykonania jego analizy. Penetrator ten jest dziełem polskich inżynierów z Centrum Badań Kosmicznych PAN.

Po wykonaniu operacji lądowania i badań powierzchniowych Rosetta przez następny rok towarzyszyć będzie komecie prowadząc obserwacje z zewnątrz, aż do zbliżenia się do perihelium. Planowane zakończenie misji – 2015 r.

Skala czasowa, z jaką mamy to do czynienia, pozwala uświadomić sobie stopień trudności przy realizacji takich badań. Nie tylko aparatura musi wytrzymać wieloletnią podróż, ale także ludzie i zespoły, które ją przygotowują. Także system planowania i finansowania musi być do tego dostosowany, gdyż od podjęcia prac nad projektem do ich zakończenia może minąć nawet 20 lat.

Wymienione przykłady stanowią ilustrację programu nazywanego w ESA „Space Science”, ale przecież tych misji jest wiele. Polska aparatura dotarła na Marsa (misja Mars Express), na Wenus (Wenus Express), znajdowała się na satelicie Integral. Szczegółowe ich omówienie to temat na książkę, która może kiedyś powstanie.

#### NAWIGACJA SATELITARNA

Program „Space Science” nie wyczerpuje nawet połowy całej działalności ESA. Potężnym segmentem są badania Ziemi z orbity, w tym seria satelitów meteorologicznych. In-

nym działem jest technika telekomunikacyjna i technika raketowo – satelitarna w szerokim sensie. Prowadzony jest program badań biologicznych i medycznych, w tym związa-



ny z funkcjonowaniem Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Zatrzymajmy się krótko nad tematem nawigacji satelitarnej, rozwijanym konsekwentnie przez ESA od lat.

Amerykański system GPS jest przykładem sukcesu w rozwoju i zastosowaniu techniki kosmicznej w celach praktycznych, tak cywilnych jak i wojskowych. Napędza on cały sektor amerykańskiej gospodarki. Europa początkowo nie kwapiła się do tworzenia własnego systemu, wierząc, że można spokojnie i bezpłatnie korzystać z satelitów amerykańskich. Jednak już pod koniec lat osiemdziesiątych, jeszcze zanim GPS stał się w pełni operacyjny, zdano sobie sprawę, że doprowadzi to do poważnej zależności, która może mieć skutki gospodarcze i polityczne. Przeświadczenie to pojawiło się w ESA znacznie wcześniej, gdyż grupa ekspertów studiowała te problemy od dawna, ale w tym czasie dotarło również do decydentów w Unii Europejskiej. W 1999 r. Rada Unii Europejskiej podkreśliła strategiczne znaczenie programu nawigacji satelitarnej i zaleciła Komisji Europejskiej podjęcie działań zmierzających do jego urzeczywistnienia. Wtedy także postanowiono ten europejski system nazwać imieniem Galileo. Podjęto niezbędne decyzje finansowe umożliwiające rozpoczęcie prac. Od tego momentu Galileo jest rozwijane jako wspólny program ESA i UE.

Pierwszym przedsięwzięciem w tym zakresie stał się system wspomagający EGNOS, którego zadaniem jest podniesienie dokładności i wiarygodności sygnałów GPS i GLONASS. System zaczął działać w pełni w 2006 r., umożliwiając znacznie usprawnienie nawigacji w lotnictwie cywilnym. Jedną

ze stacji monitorujących system EGNOS jest stacja WRS ulokowana w Centrum Badań Kosmicznych w Warszawie.

Jednakże właściwy rozmach europejskiego programu nawigacji satelitarnej związany jest z budową systemu satelitarnego Galileo. Będzie on się składał z 30 satelitów, ulokowanych na trzech kołowych orbitach, a więc po 10 w jednej płaszczyźnie orbitalnej. Wysokość orbity nad Ziemią – 23 222 km. Zasadniczym wyposażeniem wszystkich tych satelitów będą niezwykle precyzyjne zegary atomowe, w tym masery wodorowe. Satelity będą emitować sygnały radiowe w czterech pasmach częstotliwości, umożliwiając precyzyjne lokalizowanie obiektów na Ziemi, w powietrzu i przestrzeni kosmicznej. Budowa tego systemu oparta jest na zasadach komercyjnych – ponieważ ma on przynosić korzyści ekonomiczne, więc finansowany będzie częściowo z funduszy prywatnych. Utworzono nowe struktury prawno – ekonomiczne, które prowadzą wykonanie systemu, a w przyszłości jego eksploatację. System ten znajdzie też prawdopodobnie zastosowanie w celach wojskowych. Jego przewidywany wpływ na ekonomie Europy wyraża się sumą ok. 100 miliardów Euro i 200 tysiącami miejsc pracy.

Jak widzimy jest to przedsięwzięcie całkowicie różne od misji wysyłanych do głębi Układu Słonecznego. Taka jest jednak natura współczesnej działalności kosmicznej. Z jednej strony najbardziej ambitne badania naukowe i poszerzanie wiedzy, z drugiej strony ekonomia i pieniądze, a istnieje jeszcze strona trzecia – to wojsko i broń.

## ESA I POLSKA

Współpraca Polski z Agencją rozwinęła się w początku lat 90-tych. W 1994 podpisano pierwsze formalne porozumienie o współpracy. Następna umowa zawarta została w styczniu 2002, zakres współpracy został nieco poszerzony. Umowy te umożliwiały Polsce udział w programach badawczych i rozwojowych Agencji oraz stworzyły podstawy dla rozwoju polskiego przemysłu kosmicznego i jego udziału w realizacji europejskiego programu kosmicznego. Utworzyły także ramy dla udziału polskich instytucji w programach naukowych Agencji i umożliwiły podjęcie działań na rzecz włączenia polskich przedsiębiorstw w reali-

zację europejskiego programu kosmicznego.

Doskonałe efekty uzyskiwane w efekcie kooperacji polskich instytucji z ESA na przestrzeni ostatniej dekady dowodzą, iż współpraca z Agencją stanowi optymalny z polskiego punktu widzenia sposób realizacji programu badania i wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Ponadto, biorąc pod uwagę narastające znaczenie aktywności kosmicznej na świecie i rozwój Europejskiej Polityki Kosmicznej, uzasadnione wydaje się twierdzenie, iż pełne członkostwo w Agencji stanowić powinno strategiczny cel polskiej polityki w tej dziedzinie.

W przewidywaniu zainteresowania państw środkowo-europejskich rozwojem współpracy, docelowo prowadzącym do członkostwa, Agencja zaproponowała specjalny program partnerstwa – PECS (ang. Partnership for European Cooperating States). Jego założeniem jest umożliwienie instytucjom z uczestniczących państw udziału w wybranych programach Agencji, przy czym kontrakty uzyskiwane przez te instytucje – zarówno placówki naukowo-badawcze, jak i przedsiębiorstwa – finansowane byłyby ze składki danego państwa. Agencja oczekuje, iż państwa gotowe byłyby zadeklarować na ten cel środki w wysokości min. 1 mln. Euro rocznie przez okres co najmniej 5 lat.

Uczestnictwo w programie umożliwia formalne włączenie polskich instytucji naukowych do programów ESA. Równocześnie polskie przedsiębiorstwa uzyskają po raz pierwszy możliwość ubiegania się o kontrakty publiczne na europejskim rynku kosmicznym.

Wcześniej do programu zdecydowały się przystąpić Czechy i Węgry. Należy się cieszyć, iż podobna decyzja została podjęta w Polsce, bowiem PECS wydaje się stanowić doskonały mechanizm współpracy, a jego implementacja posłuży rozwojowi krajowego potencjału w zakresie badania i wykorzystania przestrzeni kosmicznej.