

PLSA

Polska Agencja
Kosmiczna

Ocena stanu rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce

Spis treści

Wykaz wybranych skrótów	1
Wykaz wybranych pojęć.....	4
1. Wprowadzenie	6
2. Analiza sektora kosmicznego w Polsce.....	9
2.1 Polski sektor kosmiczny w otoczeniu międzynarodowym	11
2.2 Krajowe działania wspierające polski sektor kosmiczny.....	18
3. Ocena stanu badań przestrzeni kosmicznej w Polsce.....	20
3.1 Badania naukowe.....	20
3.1.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach ESA	22
3.1.2 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach NCN	29
3.1.3 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:.....	32
3.1.4 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru	34
3.2 Rozwój technologii.....	36
3.2.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach:.....	36
3.2.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy.....	52
3.2.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru	61
3.3 Eksploracja kosmosu	64
3.3.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach:.....	64
3.3.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:.....	77
3.3.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru	82
3.4 Systemy wynoszenia.....	84
4. Ocena stanu użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce.....	93
4.1 Analiza użytkowania danych satelitarnych związanych z obserwacją Ziemi.....	93
4.1.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach.....	95
4.1.2 Programy obserwacji Ziemi łącznie/podsumowanie.....	112
4.2 Analiza użytkowania danych satelitarnych związanych z łącznością	116
4.2.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach.....	116
4.2.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:.....	123
4.2.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru	125
4.3 Analiza użytkowania danych satelitarnych związanych z nawigacją.....	126
4.3.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach.....	126
4.3.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:.....	153
4.3.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru	155
5. Wnioski i rekomendacje.....	156
6. Źródła.....	158
Spis rysunków	161
Spis tabel.....	162
Załącznik A: Zestawienie projektów badawczych i działań naukowych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki i realizowanych w panelu tematycznym ST9 - Astronomia i badania kosmiczne, w latach 2014 - 2020.....	164
Załącznik B: Zestawienie projektów badawczych i działań naukowych dotyczących przestrzeni kosmicznej, finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki poza panelem ST9 w latach 2014 - 2020.....	190
Załącznik C: Zestawienie projektów realizowanych ze środków NCBiR w ramach „Szybkiej Ścieżki”, konkurs na 2019-2020:.....	200

Wykaz wybranych skrótów

7. PR	7. Program Ramowy
ARTES	Program ESA dedykowany komercjalizacji wyników programów badań i rozwoju technologii kosmicznych w zakresie telekomunikacji (ang. <i>Advanced Research in Telecommunication Systems</i>)
CAMK PAN	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
CBK PAN	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
CFT PAN	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
Copernicus	Europejski program w dziedzinie pozyskiwania globalnych danych o stanie środowiska Ziemi oraz ich przetwarzania pod kontrolą cywilną.
CTP	(ang. <i>Core Technology Programme</i>) program opcjonalny Europejskiej Agencji Kosmicznej związany z przygotowaniem przyszłych misji naukowych
DIAS	(ang. <i>Data Information and Access Service</i>) - centrum usług dostępowych do informacji i danych
DLR	Niemiecka Agencja Kosmiczna - <i>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt</i> (ang. <i>German Aerospace Center</i>)
E3P	(ang. <i>European Exploration Envelope Programme</i>) - program opcjonalny Europejskiej Agencji Kosmicznej związany z eksploracją planetarną, lotami załogowymi, mikrograwitacją i robotyką orbitalną
EARTO	Europejskie Stowarzyszenie Organizacji Naukowych i Technologicznych (ang. <i>European Association of Research & Technology Organizations</i>)
EASN	Europejska Sieć Nauk Aeronautycznych (ang. <i>European Aeronautics Science Network</i>)
EGNOS	Europejski System Wspomagania Satelitarnego (ang. <i>European Geostationary Navigation Overlay Service</i>)
ELT	Ekstremalnie Duży Teleskop (ang. <i>Extremely Large Telescope</i>)
EMITS	Portal przetargowy Europejskiej Agencji Kosmicznej (ang. <i>Electronic Mailing Invitation to Tender System</i>)
EO	Obserwacja Ziemi (ang. <i>Earth Observation</i>)
EOEP	(ang. <i>Earth Observation Envelope Programme</i>) - program Europejskiej Agencji Kosmicznej związany z obserwacją Ziemi
ESA	(ang. <i>European Space Agency</i>) - Europejska Agencja Kosmiczna
ESA BIC	Centrum Inkubacji Biznesu Europejskiej Agencji Kosmicznej (ang. <i>European Space Agency Business Incubation Centre</i>)
ESO	Europejskie Obserwatorium Południowe (ang. <i>European Southern Observatory</i>)
ESO ILO	Oficer Łącznikowy ds. Przemysłu w ESO (ang. <i>ESO Industry Liaison Officer</i>)
ESRE	Stowarzyszenie Europejskich Zakładów Badań Kosmosu (ang. <i>The Association of European Space Research Establishments</i>)

EUMETSAT	(ang. European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) - Europejska Organizacja Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych
EUSPA	Agencja Unii Europejskiej ds. Programu kosmicznego (ang. European Union Agency for the Space Programme).
EUSST	Akronim europejskiego programu śledzenia obiektów w kosmosie (ang. European Union Space Surveillance and Tracking)
FLPP	(ang. Future Launchers Preparatory Programme) - program Europejskiej Agencji Kosmicznej związany z wsparciem dla budowy systemów wynoszenia
Galileo	Europejski system nawigacji satelitarnej, budowany wspólnie przez Unię Europejską i Europejską Agencję Kosmiczną, pod kontrolą cywilną.
GNSS	(ang. Global Navigation Satellite Systems) - globalne systemy nawigacji satelitarnej
GOVSATCOM	Europejski program rządowej łączności satelitarnej (ang. Governmental Satellite Communication)
H2020	Horyzont 2020
HE	Horyzont Europa
IChF PAN	Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk
IFJ PAN	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
IGeof PAN	Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk
IM PAN	Instytut Matematyczny PAN
IT	Technika informatyczna (ang. Information Technology)
KPK	Krajowy Program Kosmiczny
KPK PB UE	Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych Unii Europejskiej
KPO	Krajowy Program Odbudowy
LEO	Niska Orbita Okołoziemska (ang. Low Earth Orbit)
MRPiT	Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii
MON	Ministerstwo Obrony Narodowej
MŚP	Małe i Średnie Przedsiębiorstwa
MEiN	Ministerstwo Edukacji i Nauki
NCBiR	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
NCBJ	Narodowe Centrum Badań Jądrowych Świerk k. Otwocka
NCN	Narodowe Centrum Nauki
NEO	Obiekty blisko Ziemi (ang. Near Earth Objects)
NSN	Narodowy Segment Naziemny
PECS	Porozumienie o Europejskim Państwie Współpracującym (ang. Partnership on European Cooperating State)
PKB	Produkt Krajowy Brutto
PLIIS	Program Wsparcia Polskiego Przemysłu (ang. Polish Industry Incentive Scheme)
POLSA	Polska Agencja Kosmiczna
PP	Politechnika Poznańska

PRS	Usługa publiczna systemu satelitarnego Galileo o regulowanym dostępie (ang. <i>Public Regulated Service</i>)
PŚ	Politechnika Śląska w Gliwicach
PSK	Polska Strategia Kosmiczna
PW	Politechnika Warszawska
ŚK	Śmieci kosmiczne
SOR	Strategia Odpowiedzialnego Rozwoju
SRIA	Strategiczna Agenda Badań i Innowacji (ang. <i>Strategic Research and Innovation Agenda</i>)
SSA	System świadomości sytuacyjnej w przestrzeni kosmicznej (ang. <i>Space Situational Awareness</i>)
SST	Sieć śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej (ang. <i>Space Surveillance and Tracking</i>)
SWE	Pogoda kosmiczna (ang. <i>Space Weather</i>)
SWOT	Analiza silnych i słabych stron organizacji oraz szans i zagrożeń (ang. <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>)
TRL	Poziom gotowości technologicznej (ang. <i>Technology Readiness Level</i>)
UAM	Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu
UE	Unia Europejska
UG	Uniwersytet Gdański
UJ	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
UŁ	Uniwersytet Łódzki
UMCS	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
UMK	Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
UN COPUOS	Komitet ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej Narodów Zjednoczonych (ang. <i>United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space</i>)
UPedagog	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie
UPH Siedlce	Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny w Siedlcach
UPrzyrWroc	Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
USz	Uniwersytet Szczeciński
UW	Uniwersytet Warszawski
UWroc	Uniwersytet Wrocławski
UZ	Uniwersytet Zielonogórski
WAT	Wojskowa Akademia Techniczna im. J. Dąbrowskiego w Warszawie

Wykaz wybranych pojęć

Horyzont 2020	Największy w Unii Europejskiej program w zakresie badań naukowych i innowacji. Swoim zakresem obejmuje trzy dotychczas odrębne programy wspierania badań na poziomie unijnym
Instytucje tworzące system szkolnictwa wyższego i nauki	Podmioty wymienione w Art. 7 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.)
Polska Strategia Kosmiczna	Strategia przyjęta przez Radę Ministrów Uchwałą nr 6 z dnia 26 stycznia 2017 r. (Monitor Polski z dnia 17 lutego 2017 r., poz. nr 203), jest instrumentem programowania, zarządzania i koordynacji polityki państwa realizowanej przez Rząd RP w odniesieniu do sektora kosmicznego w partnerstwie z podmiotami publicznymi, prywatnymi oraz społeczeństwem
Polskie podmioty	Polskie podmioty to każda osoba prawna utworzona – i uznawana za taką – na mocy prawa krajowego, która ma osobowość prawną oraz zdolność do czynności prawnych
Programy obowiązkowe	Programy ESA finansowane ze składki państwa członkowskich do ESA, ustalonej proporcjonalnie do dochodu narodowego danego państwa
Programy opcjonalne	Programy ESA finansowane tylko przez państwa w nich uczestniczące. Obejmują głównie użytkowe wykorzystanie przestrzeni kosmicznej. Udział poszczególnych krajów jest ustalany w drodze negocjacji odrębnie dla każdego z programu
Strategia Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR)	Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR) do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.), przyjęta przez Radę Ministrów Uchwałą nr 8 z dnia 14 lutego 2017 r. (Monitor Polski z 15.03.2017 r., poz. 260)
Technology Readiness Level	Poziom gotowości technologicznej opracowany przez NASA, przyjęty w UE w ramach Horyzontu 2020 (Commission Decision C(2014)4995). System oceny poziomu TRL określa norma ISO (ISO 16290: 2013). TRL odnoszący się do sektora kosmicznego stosowany jest również przez ESA (https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL_Handbook.pdf) i wytycznych ECSS-E-AS-11C – Adoption Notice of ISO 16290, Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment (1 October 2014)
Zwrot geograficzny	Uregulowany w Konwencji ESA sposób prowadzenia polityki przemysłowej przez Europejską Agencję Kosmiczną, aby „wszystkie Państwa Członkowskie uczestniczyły w sposób sprawiedliwy, mający odniesienie do ich wkładu finansowego, we wdrażaniu europejskiego programu kosmicznego i w związanym z nim rozwoju technologii kosmicznych”. Pomiarowi

	zwrotu służy wyliczany dla każdego państwa współczynnik, który stanowi stosunek pomiędzy kwotą faktycznie otrzymanych kontraktów a wartością oczekiwaną (procentowy udział w finansowaniu Agencji pomnożony przez całkowitą sumę kontraktów udzielonych wszystkim członkom ESA), przy uwzględnieniu wartości technologicznej przyznanych kontraktów
--	---

1. Wprowadzenie

Wykorzystywanie przestrzeni kosmicznej znacząco przyczynia się do postępu technologicznego i naukowego w wielu sektorach gospodarki, a także pośrednio wpływa na życie każdego człowieka. Sektor kosmiczny jest jednym z najbardziej zaawansowanych i innowacyjnych obszarów, który ma coraz większe znaczenie dla gospodarki międzynarodowej i krajowej. Daje on możliwość monitorowania i przewidywania zjawisk i zdarzeń zachodzących na Ziemi jak i w bliskiej przyszłości rozszerzenia możliwości technologicznych i badawczo-rozwojowych podmiotów, a tym samym rozwoju gospodarczego. Produkty i aplikacje powstające z udziałem sektora kosmicznego mają szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach życia, zarówno gospodarczego, jak i społecznego – w transporcie, gospodarce przestrzennej, monitorowaniu i zarządzaniu środowiskiem, rolnictwie, rybołówstwie, obronności, bezpieczeństwie i zarządzaniu kryzysowym, ubezpieczeniach i bankowości, oraz wielu innych. Jednakże sektor kosmiczny charakteryzuje się też dużym ryzykiem, nakładem pracy oraz środków. Większość światowych osiągnięć nie byłaby możliwa bez zaangażowania struktur i nakładów państwowych. Kraje tworzą własne strategie i programy kosmiczne, które umożliwiają realizację dążeń narodowych związanych z wykorzystywaniem przestrzeni kosmicznej, a także pozwalają na uczestnictwo w międzynarodowych programach bilateralnych i multilateralnych na równych zasadach.

Polska, jako kraj o znaczącym potencjale gospodarczym w Europie Środkowo-Wschodniej w swoich priorytetach nie może pominąć rozwoju krajowego sektora kosmicznego. Od kilku lat polski sektor kosmiczny bardzo dynamicznie się rozwija. Głównym elementem wpływającym na ten stan rzeczy w ostatnich latach jest członkostwo Polski w Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA (od 2012 r.). Jednakże dalszy rozwój sektora wymaga wdrożenia bardziej złożonego systemu uwzględniającego komponent krajowy. Zostało to uwzględnione w Polskiej Strategii

Kosmicznej¹, która poza konsekwentną inwestycją w nasze członkostwo w organizacjach międzynarodowych, w tym przede wszystkim w ESA zakłada uruchomienie krajowego instrumentarium wsparcia w postaci Krajowego Programu Kosmicznego (KPK).

Minister właściwy ds. gospodarki jest odpowiedzialny za kształtowanie i prowadzenia polityki kosmicznej. Od 2019 r. podlega mu Polska Agencja Kosmiczna. Ustawa o Polskiej Agencji Kosmicznej² jako jedno z głównych zadań POLSA wskazuje inicjowanie, przygotowywanie oraz wdrażanie założeń, głównych kierunków badań i programów rozwoju o istotnym znaczeniu dla interesu narodowego i gospodarki państwa w dziedzinie badania i użytkowania przestrzeni kosmicznej.

Niniejszy dokument został opracowany z uwzględnieniem informacji dotyczących projektów i badań od początku trwania niektórych programów do tych aktualnie prowadzonych. Dodatkowo uwzględnia wyniki przeprowadzonych analiz i diagnozy polskiego sektora kosmicznego wraz z jego potrzebami przeprowadzonej przez Polską Agencję Kosmiczną w 2020 roku razem z Europejską Agencją Kosmiczną i opublikowanej pod tytułem *Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym*.

Dokument składa się z pięciu głównych rozdziałów podzielonych na podrozdziały.

Pierwszy rozdział jest wprowadzeniem do dokumentu. Następnie krótko przeanalizowano sektor kosmiczny w Polsce z uwzględnieniem aspektu międzynarodowego i krajowego (rozdział 2).

Kolejny rozdział został poświęcony ocenie stanu badań przestrzeni kosmicznej w Polsce z podziałem na badania naukowe, rozwój technologii, eksplorację kosmosu oraz systemy wynoszenia. Każdy podrozdział opiera się o analizę projektów

1 Polska Strategia Kosmiczna, załącznik do uchwały nr 6 Rady Ministrów z 26 stycznia 2017 r., „Monitor Polski” z 17 lutego 2017 r. poz. 203.

2 Ustawa o Polskiej Agencji Kosmicznej (Dz.U. z 2019 r. poz. 1793).

międzynarodowych oraz krajowych, a także zawiera komentarz ekspercki oraz wnioski i rekomendacje częściowe dla danego obszaru.

Następnie w 4 rozdziale został poruszony temat oceny stanu użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce. Rozpatruje on użytkowanie przestrzeni w takich aspektach, jak: użytkowanie danych satelitarnych związanych z obserwacją Ziemi, użytkowanie danych satelitarnych związanych z łącznością oraz użytkowanie danych satelitarnych związanych z nawigacją. Tematy te operują się o analizę wymienionych obszarów w kontekście programów międzynarodowych i krajowych, a także zawiera komentarz ekspercki oraz wnioski i rekomendacje częściowe dla danego obszaru.

W ostatnim 5 rozdziale przedstawiono wnioski i rekomendacje płynące z oceny stanu badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce. Do dokumentu dołączony został spis źródeł oraz dwa załączniki zawierające listę projektów badawczych i działań naukowych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki i realizowanych w panelu tematycznym ST9 - Astronomia i badania kosmiczne, w latach 2014 – 2020 oraz projektów badawczych i działań naukowych dotyczących przestrzeni kosmicznej, finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki poza panelem ST9 w latach 2014 - 2020.

2. Analiza sektora kosmicznego w Polsce

Przestrzeń kosmiczna należy do jednych z najbardziej wymagających środowisk pracy. Ze względu na różne obszary działania, sektor można podzielić na trzy kategorie: upstream, middlestream i downstream.

Sektor kosmiczny jest w działem branży zaawansowanych technologii o złożonym systemie. Polski sektor kosmiczny jest wyraźnie zróżnicowany pomiędzy obszar naukowy oraz część przemysłową. Polskie instytucje tworzące system szkolnictwa wyższego i nauki (w sumie kilkadziesiąt ośrodków) mają wieloletnie doświadczenie w działalności kosmicznej i znaczące osiągnięcia w tym obszarze, zwłaszcza w budowie instrumentów badawczych dla misji naukowych i edukacyjnych oraz elementów do satelitów, a także w przetwarzaniu uzyskiwanych z kosmosu danych. Sektor naukowy prowadzi aktywną współpracę międzynarodową z czołowymi ośrodkami w Europie i na świecie.

Inaczej wygląda przemysłowa część polskiego sektora kosmicznego. To młoda branża, wśród której dominują zdecydowanie małe i średnie przedsiębiorstwa. Jako obszary specjalizacji w jakich rozwijają się polskie podmioty, wymienić można takie dziedziny jak m. in.: oprogramowanie kosmiczne i naziemne, mechanika precyzyjna, rozwiązania robotyczne, optyka, optoelektronika, awionika, systemy orientacji na orbicie i korekcji orbity, systemy zasilania, technologie materiałowe i kompozyty oraz technologie materiałów pędnych. Duży potencjał istnieje także w systemach obserwacji przestrzeni kosmicznej, zarówno optycznych jak i radarowych. Ponadto, polskie firmy oferują dużą liczbę usług opartych na wykorzystaniu technik satelitarnych. w przeciągu ostatnich kilku lat powstało wiele innowacyjnych zastosowań w obszarze obrazowania satelitarnego, nawigacji satelitarnej oraz gromadzenia i dostarczania informacji na potrzeby zarządzania kryzysowego. Bardzo dużym zainteresowaniem cieszy się również rozwój zintegrowanych aplikacji np. dla takich obszarów jak rolnictwo, sadownictwo czy leśnictwo.

Pomimo faktu, że polski sektor kosmiczny jest w fazie rozwoju, to jednak może już pochwalić się kilkoma sukcesami. Niektóre podmioty przemysłowe, jak i instytucje tworzące system szkolnictwa wyższego i nauki dokonały już wyniesień systemów satelitarnych, które sprawnie i bezproblemowo realizują swoje misje na orbitach.

Najważniejszym impulsem rozwojowym dla rozwoju polskiego sektora kosmicznego było przystąpienie Polski najpierw do Unii Europejskiej (w 2004 roku) potem (w 2007 roku) podpisanie Porozumienia o Europejskim Państwie Współpracującym (PECS), a następnie (w 2012 roku) przystąpienie do Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Wszystkie te działania umożliwiły polskim podmiotom na wejście do międzynarodowych sieci kooperacyjnych realizujących programy zlecane przez agencje kosmiczne lub organizacje międzynarodowe a tym samym zdobywanie doświadczenia i kontaktów pozwalających na realizację coraz bardziej zaawansowanych zadań i projektów. Dzięki temu zaczęła być budowana baza technologiczna i kadrowa niezbędna dla rozwoju sektora. Wykształciła się kadra specjalistów, a także powstała sieć podmiotów, która nabrała doświadczenia w działaniu w skomplikowanym środowisku międzynarodowego rynku kosmicznego. Stały wzrost rynku sektora kosmicznego w Polsce doprowadził do wzrostu znaczenia przestrzeni kosmicznej w polityce kraju. Silnym impulsem dla rozwoju sektora było przyjęcie przez Radę Ministrów w 2017 roku Polskiej Strategii Kosmicznej (PSK) obejmującej okres do 2030 r., dzięki której liczne instytucje i podmioty uzyskały obraz pożądanego kierunku rozwoju. Cele strategiczne PSK do 2030 r. to:

- *Polski sektor kosmiczny będzie zdolny do skutecznego konkurowania na rynku europejskim, a jego obroty wyniosą co najmniej 3% ogólnych obrotów tego rynku (proporcjonalnie do polskiego potencjału gospodarczego)*
- *Polska administracja publiczna będzie wykorzystywać dane satelitarne dla szybszej i skuteczniejszej realizacji swoich zadań, a krajowe*

przedsiębiorstwa będą w stanie w pełni zaspokoić popyt wewnętrzny na tego typu usługi oraz eksportować je na inne rynki;

- Polska gospodarka i instytucje publiczne będą posiadały dostęp do infrastruktury satelitarnej umożliwiającej zaspokojenie ich potrzeb, zwłaszcza w dziedzinie bezpieczeństwa i obronności.

Dla osiągnięcia powyższych celów strategicznych przewiduje się różne kierunki interwencji, przyporządkowane do pięciu celów szczegółowych. Cele te, planowane do osiągnięcia do 2030 r. to:

- Wzrost konkurencyjności polskiego sektora kosmicznego i zwiększenie jego udziału w obrotach europejskiego sektora kosmicznego;
- Rozwój aplikacji satelitarnych - wkład w budowę gospodarki cyfrowej;
- Rozbudowa zdolności w obszarze bezpieczeństwa i obronności państwa z wykorzystaniem technologii kosmicznych i technik satelitarnych;
- Stworzenie sprzyjających warunków do rozwoju sektora kosmicznego w Polsce;
- Budowa kadr dla potrzeb polskiego sektora kosmicznego³.

Narzędziem implementacji PSK ma być Krajowy Program Kosmiczny, którego zadaniem jest zbudowanie systemu optymalnych narzędzi wsparcia doradczego, finansowego i edukacyjnego dla sektora kosmicznego i instytucji realizujących oraz wspierających polską politykę kosmiczną. Krajowy Program Kosmiczny ma mieć charakter wielonarzędziowy, wielobudżetowy i wieloinstytucjonalny.

2.1 Polski sektor kosmiczny w otoczeniu międzynarodowym

Ostatnie lata są okresem dynamicznego rozwoju przemysłowej branży kosmicznej w Polsce, w szczególności w obszarze współpracy międzynarodowej. Współpraca ta

³ Polska strategia kosmiczna, 26 stycznia 2017 r. Rada Ministrów zatwierdziła uchwałę nr 6 w sprawie przyjęcia Polskiej Strategii Kosmicznej (MP z 17 lutego 2017 r., poz. 203).

skupia się wokół udziału w kontraktach Europejskiej Agencji Kosmicznej, projektach badawczo-rozwojowych Komisji Europejskiej w ramach priorytetu „przestrzeń kosmiczna” programu Horyzont 2020 (H2020), projektach Europejskiego Obserwatorium Południowego oraz innych organizacji jak np. EUSPA i EUMETSAT.

Europejska Agencja Kosmiczna

W 1994 roku Polska podpisała z Europejską Agencją Kosmiczną umowę o współpracy w zakresie pokojowego wykorzystania przestrzeni kosmicznej, którą następnie rozszerzono w roku 2002. Na jej podstawie Polacy mogli uczestniczyć w programach naukowych ESA, co zaowocowało obecnością polskich urzędów na większości flagowych misji badawczych Agencji – Cassini-Huygens, Integral, Mars Express, Rosetta, Venus Express czy Herschel. Również obecnie strona polska projektuje i buduje podsystemy na misjach ESA: Juice, Athena i Ariel. Dodatkowo w tym samym czasie zaczęły powstawać pierwsze polskie firmy prywatne oferujące usługi oparte na technikach satelitarnych. Początek XXI wieku przyniósł intensyfikację współpracy z ESA. w 2007 roku podpisano Porozumienie o Europejskim Państwie Współpracującym (PECS). Dzięki stworzeniu tego mechanizmu sfinansowano 45 projektów na łączną kwotę 11,5 miliona euro, realizowanych przez polskie firmy, instytucje naukowo-badawcze i uczelnie wyższe we współpracy z ESA. Polska została członkiem ESA w 2012 roku. Po trwającym 7 lat okresie przejściowym nasz kraj w 2020 roku wszedł w nowy etap członkostwa w tej organizacji bez preferencyjnych warunków dla rodzimych przedsiębiorstw.

ESA realizuje dwa rodzaje programów: programy obowiązkowe, w których zobowiązane do uczestnictwa są wszystkie państwa członkowskie, a wysokość składki wyliczana jest na podstawie PKB oraz programy opcjonalne finansowane przez państwa w nich uczestniczące w kwotach deklarowanych podczas cyklicznie organizowanych Rad Ministerialnych.

W dniach 27 – 28 listopada 2019 roku w Sewilli odbyła się Rada Ministerialna ESA Space19+, na której ministrowie państw członkowskich odpowiedzialnych za politykę

kosmiczną zdecydowali o tym, jakie programy kosmiczne realizowane przez Europejską Agencję Kosmiczną zostaną wsparte finansowo w kolejnych latach. Polska Delegacja zadeklarowała wkład finansowy do poszczególnych programów opcjonalnych na lata 2020-2022 w następującej wysokości:

- Space Safety Programme – S2P (9,9 mln euro)
- Earth Observation – EO (8,5 mln euro)
- Programme of Advanced Research in Telecommunications Systems – ARTES 4.0 (7,3 mln euro)
- European Exploration Envelope Programme – E3P (6 mln euro)
- PRODEX (4 mln euro)
- General Support Technology Programme – GSTP (3 mln euro)
- NAVISP Phase 2 (0,3 mln euro)

Łączna zadeklarowała alokacja na programy opcjonalne wyniosła 39 mln euro.

Wielkość polskiego sektora kosmicznego można oszacować na podstawie podmiotów zarejestrowanych na portalu ds. rejestracji oraz ubiegania się o przetargi Europejskiej Agencji Kosmicznej – STAR (ang. ESA's System for Tendering And Registration). W sierpniu 2020 r. było to 331 podmiotów z Polski. 79% z podmiotów zarejestrowanych w ESA - STAR stanowiły przedsiębiorstwa (spośród których 40% miało status małych i średnich przedsiębiorstw, MŚP). z danych wynika, że w okresie od 2015 r. do pierwszego kwartału 2020 r. w kontraktach ESA (jako główni wykonawcy lub podwykonawcy) uczestniczyło 156 przedsiębiorstw.

Warto także zauważyć, że w 2019 roku zakończył się dedykowany dla polskich podmiotów program wsparcia – Polish Industry Incentive Scheme (PLIIS) 2012-2019. w okresie trwania programu 45% polskiej składki obowiązkowej było przeznaczane właśnie na ten program, który miał za zadanie dostosowanie polskiego przemysłu, operatorów, środowiska naukowego i innych podmiotów prowadzących działalność

na terenie Polski do wymagań Europejskiej Agencji Kosmicznej. Łączna kwota PLIIS dla polskiego sektora kosmicznego wyniosła 65 mln EUR.

W ramach PLIIS złożonych zostało w sumie 451 wniosków od 145 polskich podmiotów. Do realizacji zalecono 193 działania (w tym działania ad hoc i odgórne plany działań). Na dzień 31 grudnia 2019 r. zostało zrealizowanych 190 projektów za 48 mln EUR z 67 polskimi podmiotami, a kolejne działania na kwotę 3,2 mln EUR są w końcowej fazie przygotowań.

Horyzont 2020

W latach 2014-2019, czyli od początku obowiązywania programu Horyzont 2020 w dotychczasowych konkursach w obszarze Przestrzeń kosmiczna 35 polskich beneficjentów pozyskało 12,75 mln € dofinansowania w ramach 39 projektów, z czego 5 z nich jest koordynowanych przez polskie jednostki.

Na tle wszystkich krajów UE w porównaniu do 7. Programu Ramowego (7.PR) Polska przesunęła się w rankingu z 14 na 12 pozycję pod względem poziomu dofinansowania. Ponadto nasz kraj jest niekwestionowanym liderem na tle wszystkich krajów UE13 – ponad 37% dofinansowania KE w ramach konkursów z obszaru Przestrzeń kosmiczna w H2020 jest przeznaczona dla polskich beneficjentów co jest również znaczącym wzrostem w porównaniu do poprzedniego programu ramowego.

5 projektów jest koordynowanych przez polskie przedsiębiorstwa, co stanowi 21,74% wszystkich koordynowanych projektów w grupie krajów tzw. trzynastki. Ponad 0,7 mln € przedsiębiorstwa pozyskały w ramach Instrumentu MŚP. Procentowy podział dofinansowania na poszczególne typy realizowanych projektów jest w dużej mierze zrównoważony dla poszczególnych instrumentów.

Na przykładzie obszaru SPACE widać, jak ważna jest rola aktywnego udziału administracji publicznej w H2020. Na uwagę zasługuje jeden z rodzajów umów na realizację projektu współfinansowanego ze środków H2020, SGA-RIA (Specific

Grant Agreement – Research and Innovation Action), w ramach którego Polska Agencja Kosmiczna (POLSA) pozyskała 5,2 mln € dofinansowania. Należy podkreślić, że POLSA jest bardzo aktywna w H2020 i jest zaangażowana jako partner w 4 projektach. POLSA pozyskała łącznie ponad 6 mln € dofinansowania, czyli blisko 50% całkowitego polskiego dofinansowania w obszarze Przestrzeń kosmiczna w H2020. w rankingu wszystkich beneficjentów z krajów UE w konkursach dotyczących technologii kosmicznych, POLSA znalazła się na 14. pozycji, a tym samym jest w grupie kluczowych podmiotów pozyskujących dofinansowanie z programu z tego obszaru tematycznego.

Polska Agencja Kosmiczna uczestniczy w projektach systemowych dla trzech flagowych programów kosmicznych Unii Europejskiej (świadomość sytuacyjna w przestrzeni kosmicznej, bezpieczna komunikacja satelitarna, robotyka kosmiczna). w ramach systemu obserwacji i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej zadaniem Polskiej Agencji Kosmicznej jest budowa sieci z istniejących teleskopów oraz rozbudowa tej infrastruktury dla potrzeb krajowego centrum operacyjnego, które będzie miało zdolność identyfikacji i obserwacji obiektów poruszających się na orbicie okołoziemskiej. Ponad 70% wartości przyznanego grantu Polska Agencja Kosmiczna przekazuje do krajowych firm i jednostek naukowych zaangażowanych w budowę sieci. Program bezpiecznej komunikacji satelitarnej jest programem nowym. Udział przedstawiciela krajowej administracji na tak wczesnym etapie rozwoju programu pozwoli na zapewnienie należytego udziału polskich podmiotów w tym ważnym obszarze w przyszłości. w projekcie o nazwie Strategiczny Klaster Badawczy w Robotyce Kosmicznej (Strategic Research Cluster in Space Robotics) o akronimie PERASPERA Polska Agencja Kosmiczna uczestniczy od niedawna (formalnie od początku 2019 r. Pomimo to, udział w tym grantie systemowym dotyczącym zarządzania projektem PERASPERA przyczynia się do wzrostu zainteresowania polskich podmiotów tą inicjatywą. Powinno to doprowadzić do zwiększonego udziału krajowych podmiotów w projektach badawczo-rozwojowych KE w tym obszarze.

Agencja Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego (EUSPA)

Agencja Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego zarządza europejskimi programami nawigacji satelitarnej Galileo i EGNOS. EUSPA oferuje programy grantowe. Granty są bezpośrednimi wkładami finansowymi przeznaczonymi na działania mające na celu osiągnięcie celu stanowiącego część polityki Unii Europejskiej lub funkcjonowanie organu, który realizuje cel leżący w ogólnym interesie europejskim lub ma cel stanowiący część polityki Unii Europejskiej.

Zgodnie z umowami o delegowaniu zadań Komisji Europejskiej EUSPA może przyznawać granty finansowane w ramach programów GNSS i Horyzont Europa. Każdego roku EUSPA będzie publikować roczny plan grantów obejmujący cele, harmonogram ogłaszania konkursów do składania wniosków z orientacyjną kwotą oraz oczekiwane wyniki i kryteria. Dotychczas, w ramach grantów poprzednika EUSPA, GSA polskim podmiotom przyznano 12 kontraktów na łączną kwotę 2,075 mln euro. Oprócz grantów Agencja oferuje również zamówienia publiczne na realizację projektów kosmicznych.

European Southern Observatory (ESO)

Polska stała się 15. członkiem ESO w dniu 28 października 2014 roku. Za koordynację członkostwa w tej organizacji odpowiada Ministerstwo Edukacji i Nauki. Obecny roczny wkład Polski do organizacji wynosi 3,06% jej przychodów, tj. 4,971 mln euro. Składka kraju członkowskiego wyliczana jest na podstawie dochodu krajowego netto.

ESO współpracuje z przemysłem przy realizacji projektów oraz budowy instrumentów i teleskopów, w tym Ekstremalnie Dużego Teleskopu (ang. Extremely Large Telescope – ELT), największego na świecie teleskopu, który ma stać się rzeczywistością w ciągu najbliższych kilku lat.

Od początku członkostwa Polski w ESO krajowe firmy zrealizowały wiele kontraktów na łączną kwotę 16 052 112 euro. w bazie przetargowej ESO zarejestrowanych jest 49 podmiotów z Polski.

EUMETSAT

Polska nawiązała relacje z EUMETSAT w 2000 r. jako członek współpracujący. Pełne członkostwo nasz kraj uzyskał w 2009 r. Za całość stosunków z organizacją odpowiada Ministerstwo Infrastruktury, z którego ramienia Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - PIB bierze udział w pracach organów EUMETSAT. Dane otrzymywane z EUMETSAT są wykorzystywane w pierwszej kolejności przez państwowe służby hydrologiczno-meteorologiczne do opracowywania prognoz, do hydro-meteorologicznej osłony społeczeństwa i gospodarki, jak również przez Siły Zbrojne RP, wyższe uczelnie, a także instytuty badawcze. Inne potencjalne zastosowania obrazów z satelitów meteorologicznych to również: rolnictwo, leśnictwo, zarządzanie terenami, gospodarka przestrzenna, planowanie inwestycji, monitorowanie obszarów wodnych (w tym Morza Bałtyckiego) i atmosfery, w tym m. in. badanie poziomu gazów śladowych i aerozoli.

Dotychczasowa wartość kontraktów z EUMETSAT obejmuje ok. 10 projektów na łączną kwotę niecałych 5 mln euro. w bazie przetargowej EUMETSAT zarejestrowanych jest 58 podmiotów przemysłowych z Polski. Projekty realizowane przez polskie podmioty dla organizacji EUMETSAT zdominowane są przez znaczący kontrakt podpisany w kwietniu 2019 r. realizowany przez polską spółkę we współpracy z partnerami zagranicznymi. Kontrakt, którego wartość przekracza kwotę 10 mln euro (w tym 4,7 mln euro dla polskiego partnera) dotyczy stworzenia i utrzymywania jednej z pięciu europejskich platform DIAS (Data Information and Access Services), dla konsorcjum EUMETSAT, ECMWF i Mercator Ocean. Jest to druga, ze wszystkich pięciu, platforma DIAS dostarczana przez polskie firmy. Przewiduje on dostarczenie usług dla danych środowiskowych, zdalne ich przetwarzanie oraz wyspecjalizowane wsparcie dla użytkowników końcowych. Rozwijana platforma umożliwi dostęp do informacji gromadzonych przez satelity Sentinel programu Copernicus, inne satelity oraz tzw. Copernicus Services, które

przetwarzają dane satelitarne pod kątem ich użycia w wybranych dziedzinach, takich jak monitoring wód, lądów, atmosfery czy zmian klimatycznych.

2.2 Krajowe działania wspierające polski sektor kosmiczny

Krajowe środki wsparcia sektora kosmicznego płyną z dwóch podstawowych źródeł. Pierwszym jest dotacja celowa dla POLSA z przeznaczeniem na realizację zadań mających na celu rozwój polskiej branży kosmicznej w ramach realizacji założeń Polskiej Strategii Kosmicznej. Przekazuje ją corocznie minister właściwy do spraw gospodarki.

Drugim źródłem jest składka ESA dedykowana, co do zasady, realizacji projektów z udziałem polskich podmiotów. Składka ta pokrywana jest z budżetów kilku resortów. Podmioty z tej branży korzystają także z wielu horyzontalnych programów wsparcia, głównie w ramach Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Narodowego Centrum Nauki (NCN). Na szczególną uwagę zasługuje tu działanie sfinansowane z funduszy strukturalnych i częściowo budżetu państwa. Są to m. in. środki przeznaczone przez NCBiR na tzw. „Szybką Ścieżkę – Technologie kosmiczne”.

Szybka Ścieżka – Technologie kosmiczne

Konkurs na dofinansowanie badań przemysłowych i prac rozwojowych finansowanych ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, w konkursie 5/1.1.1/2019 – Szybka ścieżka „Technologie kosmiczne” został ogłoszony przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w 2019 r. Celem konkursu było umożliwienie polskim podmiotom podniesienia poziomu gotowości technologicznej opracowanych przez nich rozwiązań do TRL na poziomie minimum 7, tak aby zwiększyć ich atrakcyjność wg. wymogów m.in. Europejskiej Agencji Kosmicznej oraz dużych integratorów systemów kosmicznych.

Konkurs został rozstrzygnięty w lutym 2020 r, wpłynęły 33 wnioski. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju wybrało ostatecznie do dofinansowania 15 projektów na łączną kwotę 143,8 mln złotych.

Zakres tematyczny realizowanych projektów obejmuje m. in. takie obszary działalności jak: satelitarna obserwacja Ziemi, przetwarzanie danych satelitarnych, technologie związane z napędem chemicznym i elektrycznym, systemy i podsystemy niewielkich satelitów, testowanie infrastruktury satelitarnej oraz systemy wynoszenia. Wykaz projektów w ramach szybkiej ścieżki znajduje się w załączniku C do dokumentu.

3. Ocena stanu badań przestrzeni kosmicznej w Polsce

3.1 Badania naukowe

Obszar „Badania naukowe” reprezentuje jeden z kilku – obok obserwacji Ziemi, systemów wynoszenia, eksploracji, telekomunikacji, nawigacji satelitarnej – obszarów charakterystycznych dla współczesnego sektora kosmicznego. W niniejszej analizie rozumienie wynikające z takiego podziału zostanie przedstawione z perspektywy działań europejskich i krajowych.

Programy naukowe w obszarze sektora kosmicznego pełnią rolę podstawową w stosunku do pozostałych programów realizowanych w obszarze badań kosmicznych przez środowiska naukowe i jednostki rozwijające technologie kosmiczne i satelitarne.

Instytucją międzynarodową koordynującą działania naukowe w analizowanym obszarze w skali światowej jest Komitet Badań Kosmicznych (ang. COSPAR - Committee on Space Research), który został powołany przez Międzynarodową Radę Nauki (ang. ICSU - International Council for Science) w 1958 r. Do celów komitetu COSPAR należy promocja badań naukowych w przestrzeni kosmicznej na poziomie międzynarodowym, z naciskiem na swobodną wymianę wyników, informacji i opinii oraz zapewnienie forum, otwartego dla wszystkich naukowców, do dyskusji na temat problemów, które mogą wpływać na badania kosmiczne. Często podkreślanym elementem działalności jest prowadzenie badań i eksploracji kosmosu dla pokojowego wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Cele te są osiągane przez komitet poprzez organizację sympozjów, publikowanie artykułów naukowych (np. w formie biuletynu „Advances in Space Research”) oraz inne środki. W swej ponad 60-letniej historii COSPAR stworzył szereg programów badawczych współpracując także z innymi organizacjami naukowymi. Polska jest członkiem tej organizacji od momentu założenia. Jednym z elementów działalności każdego kraju członkowskiego jest przygotowywanie na potrzeby zgromadzenia raportu na temat

badań naukowych prowadzonych w danym kraju. Z chwilą powołania do życia Polskiej Agencji Kosmicznej w uzgodnieniu i przy współpracy z polskim Komitetem Badań Kosmicznych i Satelitarnych przygotowywany jest wspólnie wspomniany raport pod nazwą „Space Research in Poland. Report to COSPAR”, wydany w latach 2016, 2018 i 2020.

Programy naukowe prowadzone w obszarze badań kosmicznych dotyczą bardzo rozległej i stale rozwijającej się dziedziny nauki i mają charakter wybitnie interdyscyplinarny. Według klasyfikacji zaproponowanej przez COSPAR z badaniami kosmicznymi można powiązać 9 innych nauk: astronomię, astrofizykę, nauki o Ziemi, geodezję, nauki o atmosferze, fizykę, planetologię, materiałoznawstwo i nauki o życiu, a odzwierciedleniem powyższego podziału jest nazewnictwo stosowane w nazwach komitetów w podziale organizacyjnym COSPAR.

Innym elementem stosowanym przez środowiska naukowe do budowy dziedzin domenowych, jest klasyfikacja stosowana w czasopismach naukowych wypracowana na podstawie podziału tematyki nadsyłanych artykułów. Przykładowo biuletyn *Advances in Space Research* wydawany przez COSPAR posiada 7 sekcji: astrodynamika i zanieczyszczenia kosmiczne, astrofizyka, magnetosfera Ziemi i górna atmosfera, nauki o Ziemi, fizyka i mikrogravitacja, obiekty Układu Słonecznego, fizyka Słońca oraz technologie kosmiczne, polityka i edukacja.

Programy naukowe w zakresie badań kosmicznych prowadzonych na terenie Europy są koordynowane obecnie przez Europejską Agencję Kosmiczną. Należy zauważyć, że z punktu widzenia koordynacji efektów prowadzonych w kraju prac badawczych w przedmiotowym obszarze swoistą rolę pełni Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, którego jednym z głównych zadań jest integrowanie i stymulowanie w Polsce badań i wykorzystania przestrzeni kosmicznej oraz współpraca z naukowymi organizacjami zagranicznymi i międzynarodowymi w tej dziedzinie. Z punktu widzenia organizacyjnego komitet pracuje w 6 sekcjach, które wyrażają kolejny możliwy podział domenowy obszaru tj.: astrobiologii

i medycyny, astronautyki i technik kosmicznych, geodezji satelitarnej, fizyki kosmicznej, teledetekcji oraz prawa i polityki kosmicznej.

3.1.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach ESA

Programy naukowe koordynowane przez ESA reprezentują ciągłą i udaną historię wieloletnich misji, począwszy od programu Horizon 2000, który trwał 20 lat, od 1985 do 2005 roku, poprzez program „Horyzont 2000+” z lat 2005–2015, aż do prowadzonego obecnie programu Cosmic Vision przewidzianego do realizacji do roku 2025. w przygotowaniu jest także czwarty program Voyage 2050.

W ramach dotychczasowych trzech programów ESA uczestniczyła lub współuczestniczyła w ponad 40 misjach naukowych, z których 9 (ACES, Euclid, ExoMars 2020, JUICE, JWIST, PLATO, Proba-3, SMILE i Solar Orbiter) jest obecnie w przygotowaniu a 3 (Ariel, Athena i LISA) mają charakter misji przyszłościowych. w każdym okresie programowania rangę flagowych misji uzyskało kilka najbardziej spektakularnych misji (np. Rosetta, Herschel, Gaia, Bepi Colombo).

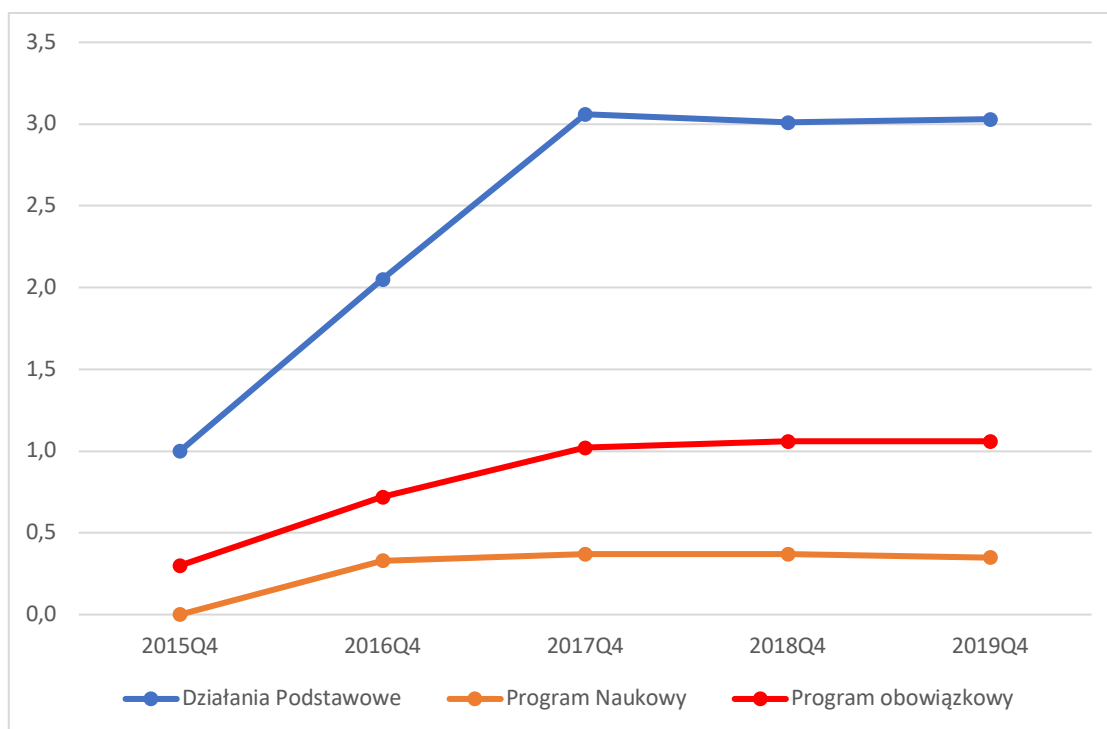
Z finansowego punktu widzenia program naukowy ESA opiera się na wnoszeniu przez państwa członkowskie składki obowiązkowej proporcjonalnej do swojego produktu krajowego netto (ang. net national product - NNP) co zapewnia stabilność budżetu i umożliwia poszczególnym państwom długoterminowe planowanie swoich celów naukowych. Z tego powodu program naukowy nosi nazwę „obowiązkowy” (ang. mandatory). Jego budżet roczny wynosi około 510 M€. Program zarządzany jest przez dyrektoriat nauki ESA (ang. ESA Directorate of Science). Wpływ na kształt programu posiadają również ciała doradcze jakimi są: wchodzący w skład agencji Science Programme Committee (SPC) oraz Space Science Advisory Committee (SSAC) składający się dwóch grup roboczych: Astronomy Working Group (AWG)

i Solar System and Exploration Working Group (SSEWG) oraz komitetu niezależnych doradców (ang. Independent Advisors). z ramienia Polski członkiem komitetu SPC jest delegowany przedstawiciel resortu właściwego ds. Nauki.

Misje w programie są wybierane w drodze konkursów, w których członkowie europejskiej społeczności naukowej składają wnioski do ESA. Podczas każdego konkursu agencja określa jedną z czterech kategorii misji, dla których wnioski muszą spełniać określone kryteria. Są to duże misje klasy „L”, średnie misje klasy „M”, małe misje klasy „S” i szybkie misje klasy „F”, każda z różnymi pułapami budżetowymi i harmonogramem realizacji (rys. 2). Propozycje są następnie weryfikowane przez AWG, SSEWG, inżynierów z ESA oraz wszelkie odpowiednie grupy robocze ad hoc, w ramach studium wykonalności znanego jako „Faza 0”. Misje wymagające opracowania nowych technologii są weryfikowane podczas tych badań w równoległym ośrodku projektowym w Europejskim Centrum Badań Kosmicznych i Technologii (ESTEC). Po studiach do finału „Fazy A” wybierane są maksymalnie trzy propozycje, w których formułowany jest wstępny projekt dla każdej kandydującej misji. Następnie SPC podejmuje ostateczną decyzję, która propozycja przechodzi do etapów od „B” do „F”, które obejmują opracowanie, budowę, wyniesienie i usunięcie statku kosmicznego używanego w misji. Podczas Fazy A do każdej misji kandydującej przypisuje się dwóch konkurujących kontrahentów do budowy statku kosmicznego, a wykonawcę zwycięskiej misji wybiera się podczas Fazy B. W ramach obecnego programu naukowego Cosmic Vision rangę flagowych programów uzyskały misje JUICE, Athena oraz LISA należące do kategorii dużych misji klasy „L” i realizowane one są z części obowiązkowej składki. Na potrzeby przygotowania wniosków i późniejszej realizacji wspomnianych misji środowiska naukowe budują rywalizujące między sobą konsorcja międzynarodowe. Do konsorcjów tych aspirują również jednostki krajowe, w szczególności te, których głównym celem jest prowadzenie badań kosmicznych w rozumieniu niniejszej analizy. Udział polskich jednostek gwarantowany jest składką wnoszoną przez Polskę jako obowiązkową.

Warto jednak zauważyć, że na potrzeby rozwoju polskiego sektora kosmicznego w początkowym okresie (tj. okresie przejściowym) z 45% tej części finansowany był specjalny program wprowadzający każdy kraj do ESA. Program ten dla Polski tj. Program Wsparcia Polskiego Przemysłu (ang. Polish Industry Incentive Scheme – PLIIS) na wniosek rządu RP trwał o dwa lata dłużej i zakończył się 31 grudnia 2019 r. Na program ten wydatkowane było 65 M€, co pomniejszyło wartość przeznaczoną na programy naukowe.

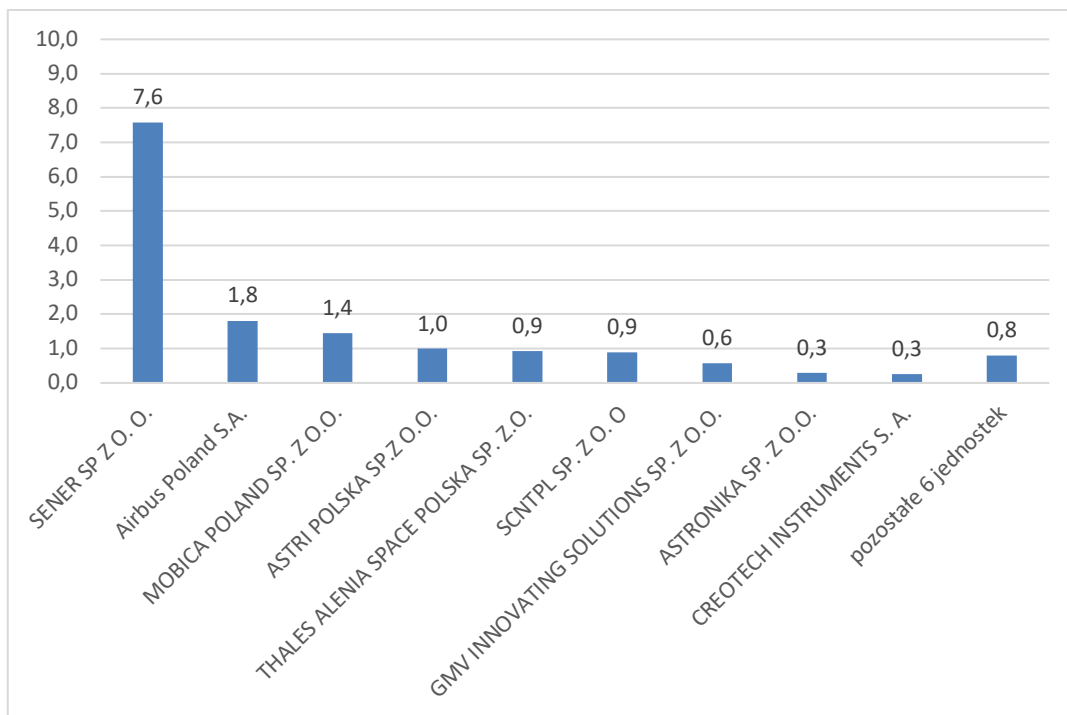
Według raportu ESA wskaźnik zwrotu geograficznego (ang. geo-return), którym posługuje się ESA do szacowania kompetencji kraju w zakresie programów obowiązkowych wyniósł dla Polski na koniec 2019r 1.06, co określane przez ESA jest jako wartość satysfakcjonująca. Aczkolwiek rozbijając działania finansowane z programu obowiązkowego na dwie części (związane z finansowaniem programu PLIIS z tego programu) okazuje się, że wskaźnik zwrotu z programów naukowych wynosi 0.3. Należy jednak pamiętać, że konstrukcja programu naukowego ESA jest zorientowana na budowanie przemysłu kosmicznego w krajach członkowskich i związana jest z udziałem kontrahentów, którymi są bardziej firmy niż instytucje naukowe. Zmiany poszczególnych składników współczynnika zwrotu w okresie 2015-2019 przedstawiono na poniższym rysunku.



RYСУNEK 1: WSPÓŁCZYNNIK ZWROTU DLA POLSKI Z PROGRAMU OBOWIĄZKOWEGO ESA W PODZIALE NA CZĘŚĆ ZWIĄZANĄ Z DZIAŁANAMI PODSTAWOWYMI ORAZ Z PROGRAMEM NAUKOWYM.

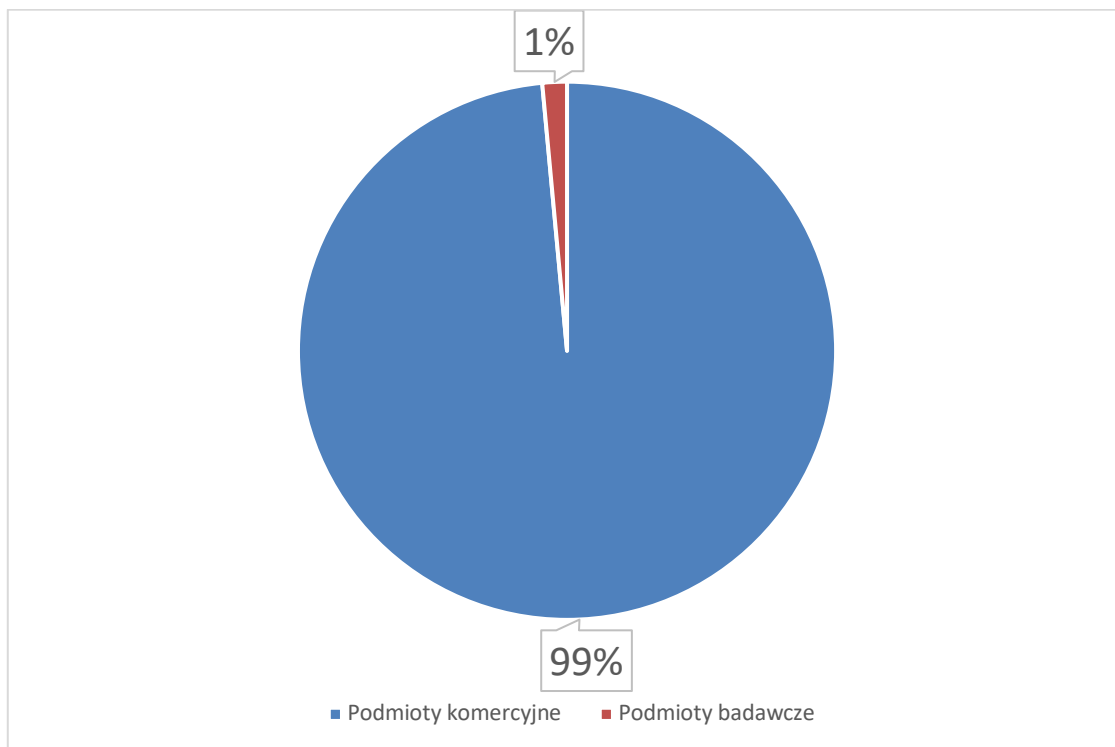
Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnych trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Polski udział w programie naukowym ESA realizowany jest przez aktywności w ramach programu JUICE (7.0 mln €), Euclid (2.5 mln €) i Plato (0.3 mln €) oraz w działaniach przygotowujących wykonywanych w ramach programu ATHENA (3.4 mln €). Podane w nawiasach kwoty dotyczą sześcioletniego okresu analizy 2015-2020, tak więc w uśrednionej statystyce rocznej oznacza to odzyskiwanie ze składki średnio 2.2 mln € co w rezultacie daje wskaźnik zwrotu geograficznego dla obowiązkowych programów naukowych na zakończenie roku 2020 na poziomie 0.3.



RYSUNEK 2: UDZIAŁ POLSKICH PODMIOTÓW W PROGRAMIE OBOWIĄZKOWYM (W MLN EURO)

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”



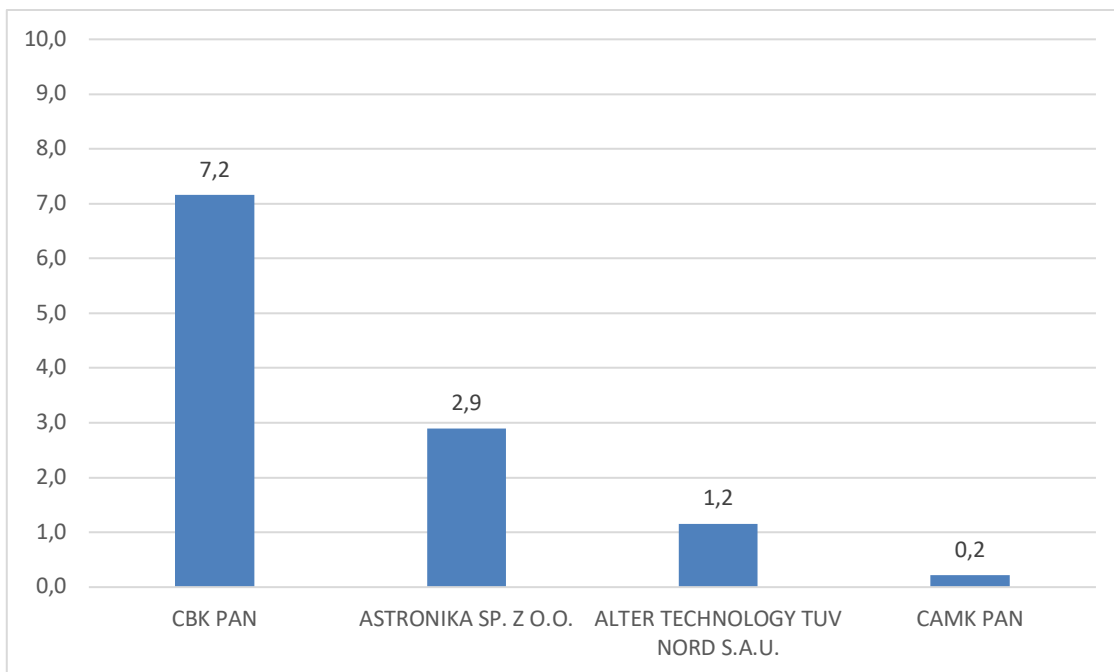
RYSUNEK 3: UDZIAŁ PODMIOTÓW KOMERCYJNYCH I BADAWCZYCH W PROGRAMIE OBOWIĄZKOWYM

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Analiza polskiego udziału w programie Prodex

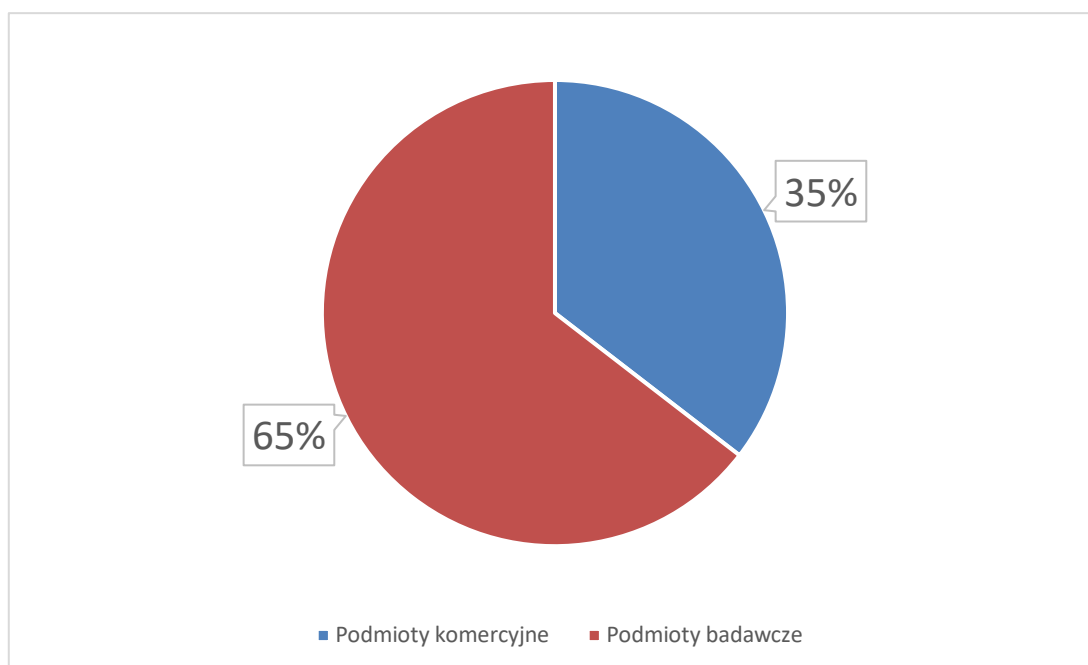
Należy również dodać, że na potrzeby rozwoju programów naukowych Polska subskrybuje udział w programie opcjonalnym PRODEX (fr. PROgram de Développement d'Expériences scientifiques) ukierunkowanym na rozwój eksperymentów naukowych. Program ten oferuje instytucjom i przemysłowi możliwość pracy nad eksperymentami ESA i pomaga krajom uzyskać zwrot z inwestycji oraz promować doskonałość naukową i przemysłową oraz konkurencyjność. Program PRODEX został utworzony 1986 r., kiedy to państwa członkowskie ESA miały ograniczone finansowanie na realizację eksperymentów i budowę przyrządów na misje ESA. Obecnie program rozrósł się do roli koordynującej w zakresie opracowywania eksperymentów i udzielania, wdrażania i monitorowania kontraktów na szeroki zakres eksperymentów lub opracowywanie sprzętu do badań kosmicznych. Według raportu ESA z września 2017 czyli pod koniec pierwotnego zakończenia programu PLIIS, wskaźnik zwrotu geograficznego dla Polski w tym programie wyniósł 1.0.

W okresie od 2015 do 2020 budżet kontraktów dla polskich podmiotów związanych z programem PRODEX Poland wyniósł 11.4 mln € czyli średnio rocznie 1.9 mln €. Podmiotem, który realizował badania w tym programie w znacznej części było Centrum Badań Kosmicznych PAN (7.2 mln €). Pozostałą kwotę realizowały Astronika sp. z o.o., Centrum Astronomiczne Mikołaja Kopernika oraz hiszpańska firma Alter Technology TUV NORD S.A.U, co przedstawiono na rysunku 4. Na rysunku 5 pokazano natomiast procentowy udział jednostek naukowych i podmiotów komercyjnych w tym programie.



RYSUNEK 4: UDZIAŁ POLSKICH PODMIOTÓW W PROGRAMIE PRODEX (W MLN EURO)

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”



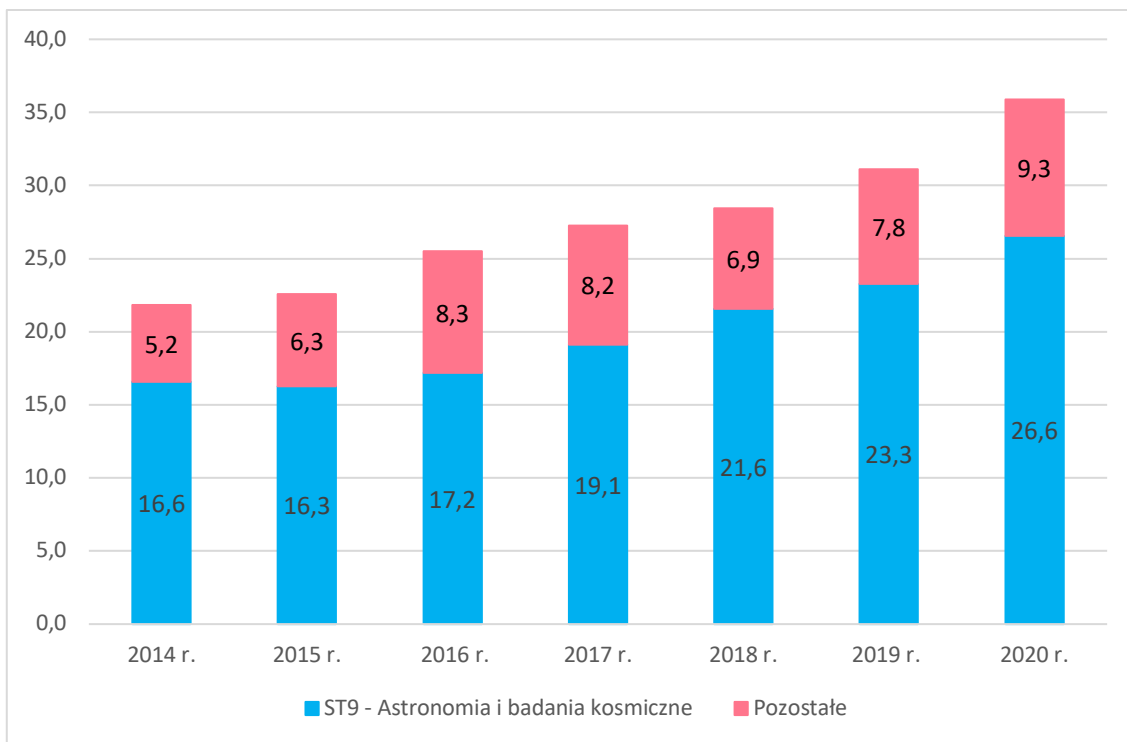
RYSUNEK 5: UDZIAŁ PROCENTOWY PODMIOTÓW KOMERCYJNYCH I JEDNOSTEK NAUKOWO-BADAWCZYCH W PROGRAMIE PRODEX

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

3.1.2 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach NCN

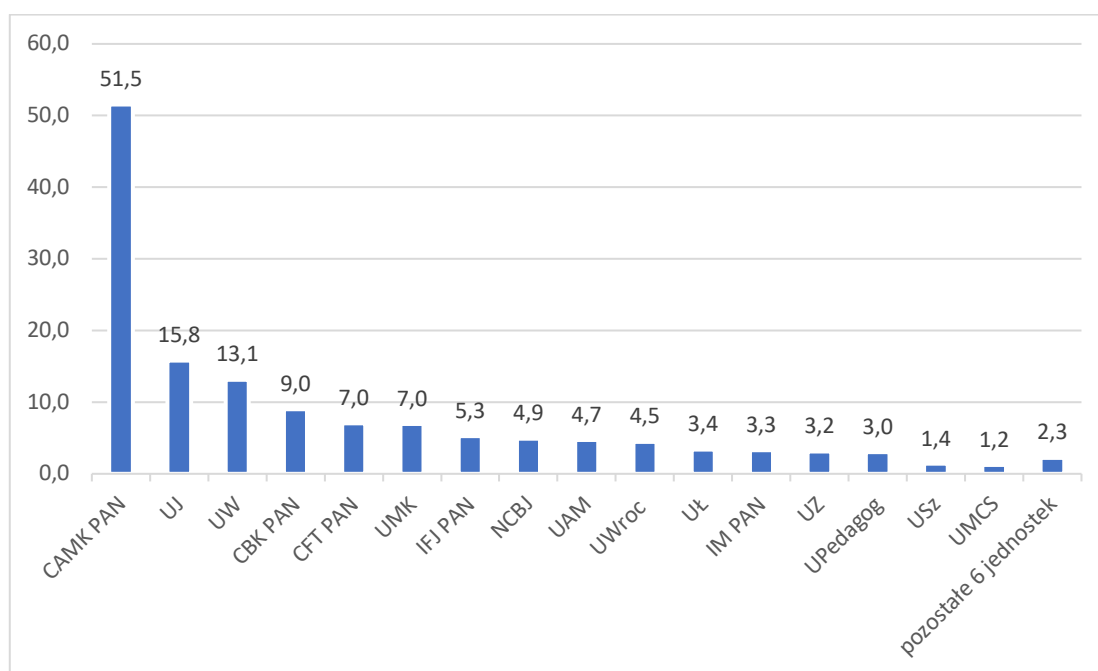
W poprzednich raportach oceny, szczegółowej analizie poddano osiągnięcia polskich podmiotów w ujęciu rocznym, a w ostatniej edycji raportu za roku 2019 poddano także analizie z perspektywy ostatnich trzech lat. w tegorocznym raporcie dokonano analizy dotyczącej umów realizowanych w latach 2014-2020 z punktu widzenia kwoty dofinansowania. Podobnie jak w poprzednich latach do analizy wybrano wszystkie projekty panelu tematycznego ST9, który obejmuje astronomię i badania kosmiczne oraz wybrane projekty realizowane w pozostałych panelach tematycznych powiązanych z tematyką przestrzeni kosmicznej.

Rezultaty analiz przedstawiono na rysunkach od 6 do 9. Rysunek 6 prezentuje sumaryczną wartość dofinansowania projektów w kolejnych latach od roku 2014 do 2020 uśredniając kwoty projektów na każdy rok proporcjonalnie do liczby dni od daty podpisania umowy i data zakończenia projektu. Jak można zauważyć wartość wydawana na analizowane projekty stopniowo wzrasta. Z kolei rysunki 7 i 8 przedstawiają sumaryczną wartość projektów prowadzonych przez polskie jednostki naukowe – odpowiednio – w panelu 9 i w pozostałych panelach. Natomiast rysunek 9 przedstawia klasyfikację jednostek według kwoty uzyskanej w obu konkursach.



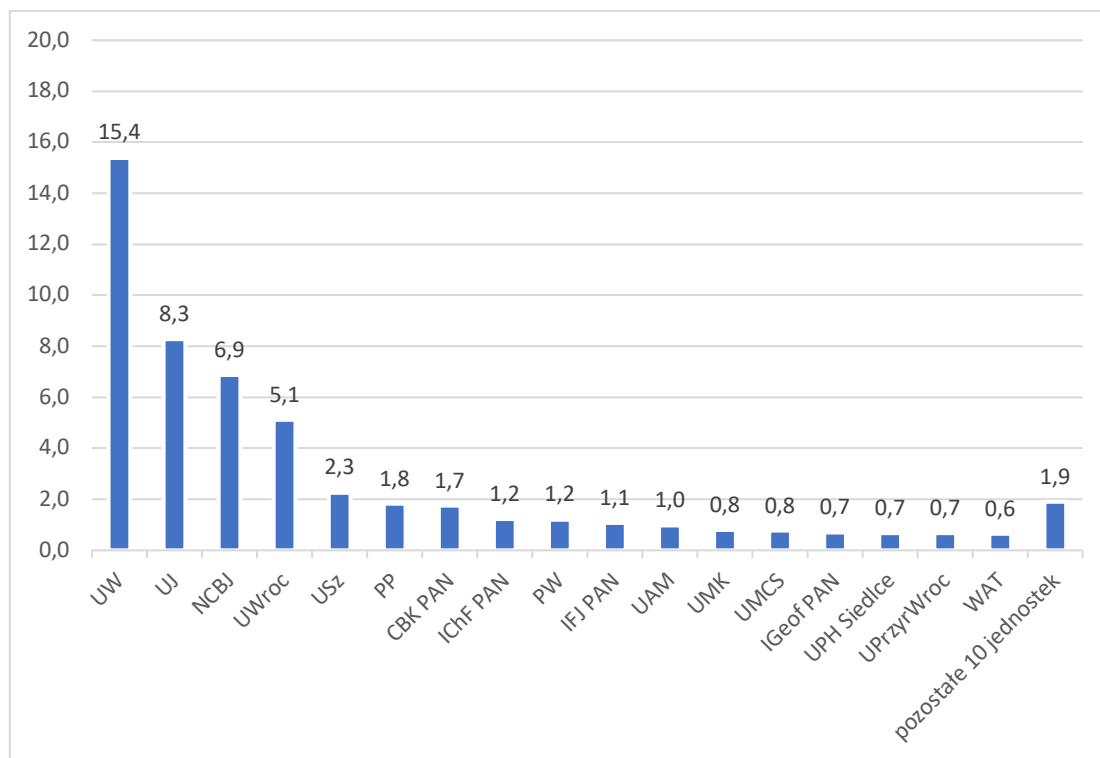
RYСУNEK 6 : UŚREDNIONE KWOTY PRZEZNACZANE W LATACH 2014-2020 NA BADANIA W ANALIZOWANYM OBSZARZE FINANSOWANE PRZEZ NARODOWE CENTRUM NAUKI (MLN zł).

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”



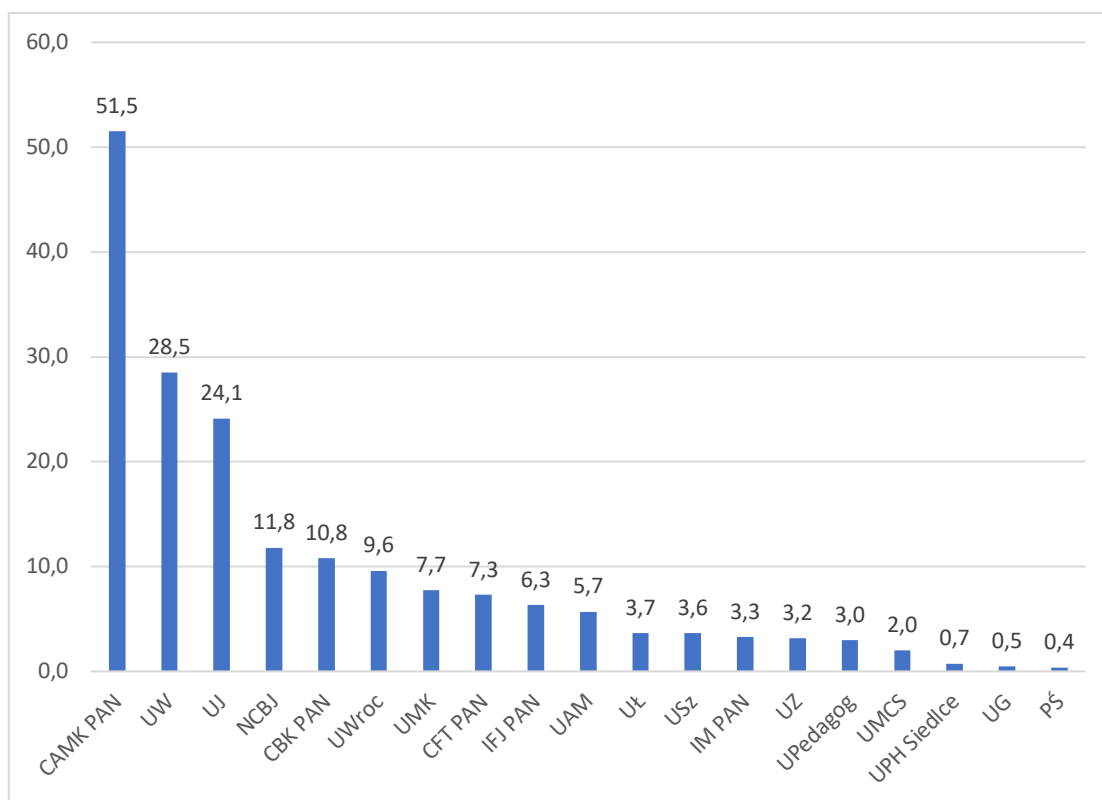
RYСУNEK 7 : FINANSOWANIE JEDNOSTEK NAUKOWYCH PRZEZ NARODOWE CENTRUM NAUKI W PANELU TEMATYCZNYM ST9 - ASTRONOMIA I BADANIA KOSMICZNE W LATACH 2014-2020 WG JEDNOSTEK NAUKOWYCH (MLN zł).

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”



RYSUNEK 8 : FINANSOWANIE JEDNOSTEK NAUKOWYCH PRZEZ NARODOWE CENTRUM NAUKI W PROJEKTACH ZWIĄZANYCH Z BADANIAM I KOSMOSU POZA PANELEM ST9, W LATACH 2014-2020 (MLN. ZŁ)

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”



RYSUNEK 9: BADANIA DOTYCZĄCE PRZESTRZENI KOSMICZNEJ, FINANSOWANE PRZEZ NARODOWE CENTRUM NAUKI ŁĄCZNIE WE WSZYSTKICH PANELACH, W LATACH 2014-2020 WG JEDNOSTEK NAUKOWYCH (MLN zł).

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Analizując tematykę projektów należy stwierdzić, że jak dotychczas NCN nie finansowało projektów związanych z realizacją naukowych misji kosmicznych od początku do końca. Można także stwierdzić, że tematyka projektów pierwszej grupy tj. panelu ST9 ma charakter blisko związany z analizowanym wcześniej obszarem.

3.1.3 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:

Badania naukowe rozumiane w kontekście przedstawionej analizy związane są rozwojem wiedzy o kosmosie poprzez zarówno badanie prowadzone na Ziemi jak

i w szczególny sposób poprzez realizację misji kosmicznych, które pozwalają na prowadzenie nowoczesnych badań w przestrzeni kosmicznej.

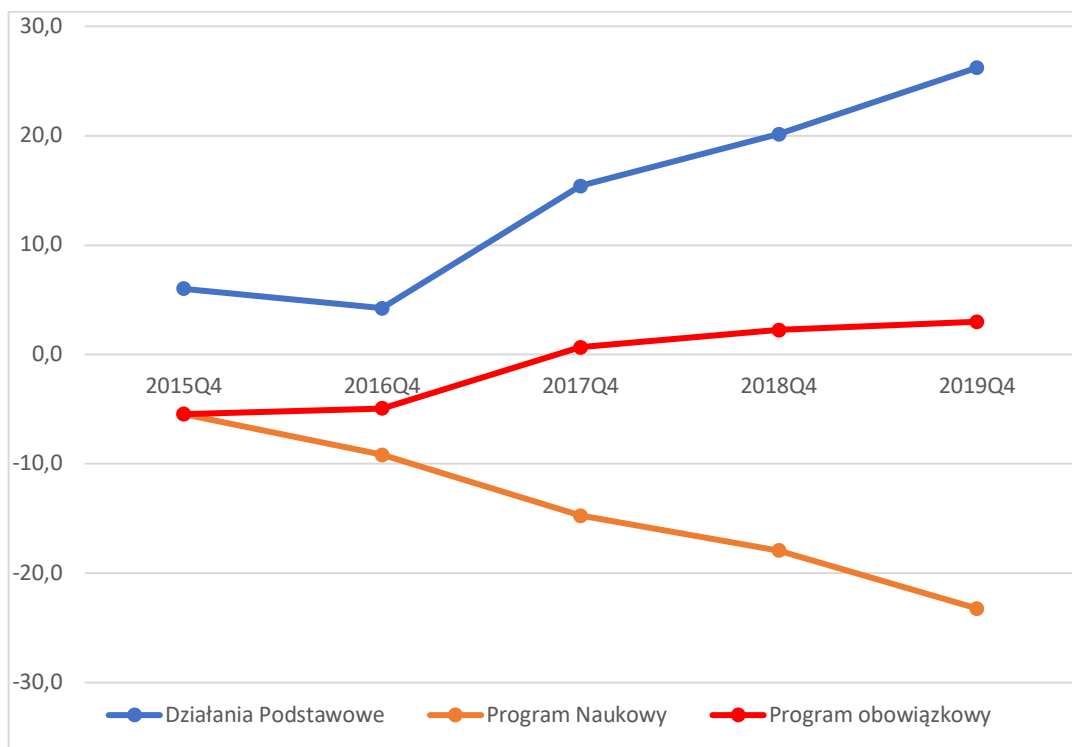
Polska podobnie jak inne kraje finansuje badania podstawowe adresowane do ogółu naukowców poprzez mechanizmy oferowane przez Narodowe Centrum Nauki, które mają charakter otwarty i są prowadzone w konwencji znanej jako bottom-up. Akceptacja proponowanych wniosków przygotowywanych przez krajowe instytucje naukowe związana jest z recenzowaniem opartym głównie na ocenie osiągnięć naukowych wykonawców. Polskie instytucje prowadzące badania w zakresie kosmosu uzyskały w roku 2020 dofinansowanie w wysokości około 36 mln zł i jest to wartość, która w analizowanej perspektywie czasowej stopniowo wzrastała począwszy od 2014 r. kiedy wynosiła 22 mln zł. Należy jednak pamiętać, że zastosowane kryteria wyboru obszarów tematycznych uwzględnione w analizie mają charakter bardzo szeroki. z punktu widzenia klasyfikacji proponowanej przez NCN obszar ten można podzielić na dwie składowe, a mianowicie na projekty ściśle związane z astronomią i badaniami kosmicznymi (26,6 mln w 2020r) oraz na projekty luźnie związane z tą tematyką (9,4 mln w 2020r). W pierwszej grupie zdecydowanie największą aktywność prezentuje Centrum Astronomiczne Mikołaja Kopernika w Warszawie, które w siedmioletnim okresie analizy prowadziło projekty o budżecie ponad 51 mln co średnio rocznie oznacza kwotę ok. 7,3 mln zł. Natomiast w drugiej grupie – Uniwersytet Warszawski z kwotą 15,4mln zł (2,1 mln rocznie).

Z kolei badania naukowe finansowane poprzez członkostwo Polski w ESA mają charakter wymagający współpracy międzynarodowej i są zorganizowane w postaci wcześniej uzgodnionych zamówień co często określane jest jako top-down. W tym przypadku działania o charakterze naukowym realizowane są w programie opcjonalnym PRODEX, gdzie rocznie z Polskiej składki odzyskiwana jest w pełni (współczynnik zwrotu wynoszący 1) a włożona kwota jest zatem odzyskiwana średnio rocznie w wysokości 1,9 mln €. Istotnym elementem międzynarodowych badań naukowych jest włączanie firm przemysłowych do badań kosmicznych

co uwzględnione jest w konstrukcji programu obowiązkowego ESA. W programie tym część, która jest związana z deklarowanym udziałem polskich podmiotów w międzynarodowych misjach kosmicznych odzyskiwana jest wskaźnikowo na poziomie 30% co związane było z finansowaniem programu PLIIS z pozostałej części.

3.1.4 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru

Badania naukowe w obszarze objętym analizą realizowane są poprzez dwa mechanizmy finansowe. Badania o charakterze podstawowym włączając w to astronomię wspierane są w postaci grantów naukowych finansowanych przez NCN, co jest prowadzone w sposób systematyczny od wielu lat. Natomiast badania stosowane tj. udział w misjach kosmicznych – poprzez mechanizmy związane z polskim członkostwem w ESA.



RYСУNEK 10 : HIPOTETYCZNA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA ZWROTU DLA PROGRAMÓW OBOWIĄZKOWYCH WYRAŻONA W MLN €

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ESA oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Ze względu na zakończenie okresu przejściowego po przystąpieniu Polski do ESA, od roku 2020 polskie podmioty ubiegają się o finansowanie w programach ESA bez mechanizmu preferencyjnego. Konsekwencją stosowanych mechanizmów jest niebezpieczeństwo utraty środków włożonych do programu obowiązkowego w przypadku zachowania aktywności na dotychczasowym poziomie tj. 30% składki. Stosując analityczną wartość proponowaną przez ESA a mianowicie współczynnik zwrotu wyrażony w mln €, (przedstawiony na rysunek 10), można zauważyć, że w programie naukowym mieliśmy pod koniec 2019 r. bilans ujemny wynoszący 23 mln €. W obecnej sytuacji należy więc położyć bardzo duży nacisk na zwiększenie aktywności polskich podmiotów w ubieganiu się dofinansowanie w programie obowiązkowym co związane jest z potrzebą intensyfikacji działań integrujących środowiska naukowe i firmy przemysłowe sektora kosmicznego.

Osiągnięcie synergii pomiędzy badaniami naukowymi w obszarze kosmosu i rozwojem technologicznym wymaga oprócz kompetencji merytorycznych w obu obszarach, wypracowania mechanizmów finansowania badań, które w sposób systematyczny doprowadzą do realizacji programów trwających przez wiele lat. Europejska Agencja Kosmiczna i jej programy naukowe są realizowane właśnie z takim założeniem.

Model finansowania poprzez ESA sprzyja budowaniu współpracy międzynarodowej co w konsekwencji sprzyja także zwiększeniu rozpoznawalności naukowej polskich uczelni i instytucji naukowych i jest zgodny z obecnymi wymogami doskonalenia

polskiej nauki wyrażonymi w funkcjonującej od 1 października 2018 Konstytucji dla Nauki (Ustawa 2.0).

Wykorzystanie funkcjonującego w Polsce modelu wspierania badań naukowych poprzez system grantowy organizowany przez Narodowe Centrum Nauki stanowi i dalej powinno stanowić dla polskich jednostek naukowych prowadzących badanie w obszarze kosmosu rolę pomocniczą umożliwiając dodatkowe wsparcie finansowe. Należałoby się jednak zastanowić nad skoordynowaniem obu mechanizmów.

3.2 Rozwój technologii

3.2.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach:

a. ESA

Przestrzeń kosmiczna należy do jednych z najbardziej wymagających środowisk pracy. Urządzenia wynoszone w przestrzeń kosmiczną muszą być poddane szczegółowej i wieloetapowej weryfikacji, tak aby zapewnić ich niezawodność, ponieważ na obecną chwilę bardzo trudno jest przeprowadzać jakiegokolwiek prace serwisowo-naprawcze w trudnych warunkach kosmicznych (promieniowanie kosmiczne, oddziaływanie sił magnetycznych i niska grawitacja). Ze względu na różne obszary działania, sektor można podzielić na trzy kategorie: upstream, middlestream i downstream.

Upstream to inaczej segment kosmiczny, w skład którego wchodzi producenci instrumentów, urządzeń i dostawcy usług niezbędnych do realizacji fizycznych działań w przestrzeni kosmicznej. z kolei Middlestream oznacza segment naziemny, w skład którego wchodzi integratorzy systemów i podsystemów stanowiących samodzielne produkty końcowe sektora kosmicznego. Ostatnia kategoria, czyli Downstream obejmuje usługi dotyczące m.in. zbierania, przetwarzania, przechowywania i udostępniania danych oraz aplikacje oparte na danych pozyskanych z infrastruktury rozmieszczonej w kosmosie, takich jak zobrazowania

Ziemi, lokalizacyjne, meteorologiczne czy usługi telekomunikacyjne. Należy podkreślić, że od samego początku zaangażowania polskich podmiotów w tym sektorze, a zwłaszcza od momentu przystąpienia Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej (listopad 2012 r.) polskie podmioty prowadzą działalność badawczo-rozwojową, produkcyjną oraz usługową we wszystkich ww. kategoriach.

Z uwagi na kontekst międzynarodowy działalności w tym sektorze polskie podmioty rozwijają swoje technologie na potrzeby sektora kosmicznego zgodnie z tzw. Poziomami gotowości technologii (Technology Readiness Level, w skrócie: TRL). Uproszczony schemat podziału na poziomy technologii, do którego stosują się krajowe podmioty, znajduje się poniżej:



RYSUNEK 11 UPROSZCZONY SCHEMAT PODZIAŁU NA POZIOMY TECHNOLOGII

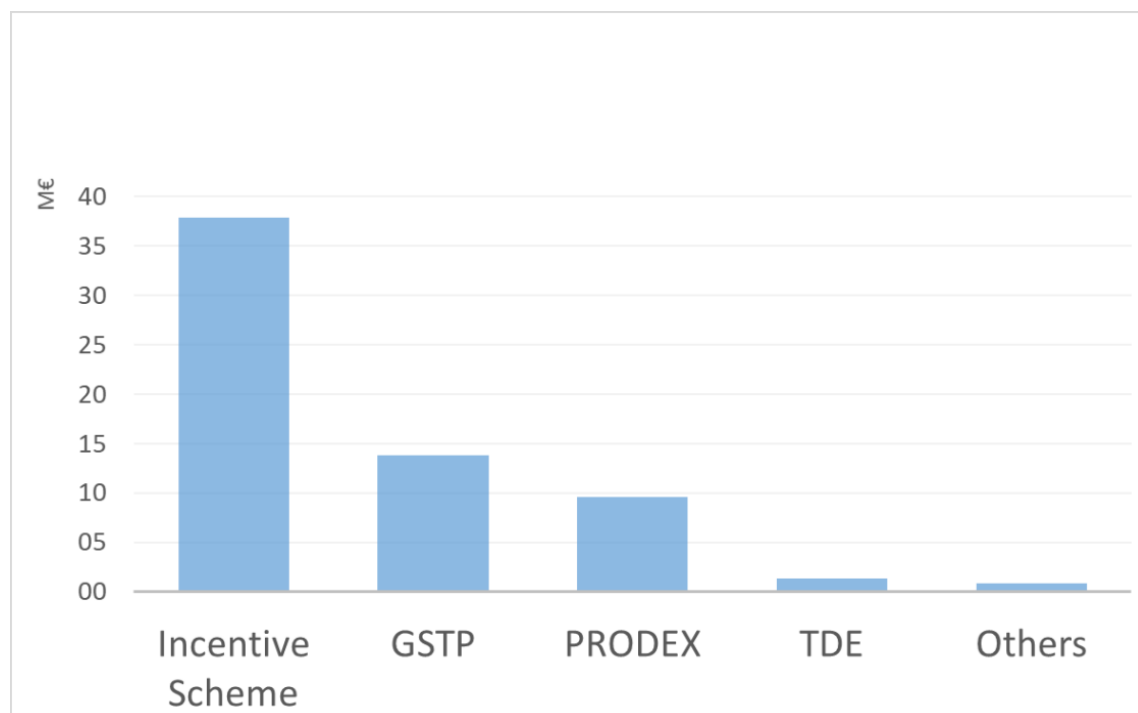
Źródło: ARP S.A.

Polskie podmioty, od samego początku współpracy z najważniejszym klientem i partnerem, tj. Europejską Agencją Kosmiczną, stosują się do najważniejszych

dokumentów i wytycznych tej agencji lub organizacji ściśle z nią współpracujących, w tym:

- Drzewa technologicznego (ESA Technology Tree, Version 4.0, 2020nr referencyjny: STM-277 3rd ed.), które dzieli technologie kosmiczne na 26 domen oraz ponad 100 poddomen,
- Drzewa produktowego (ESA Generic Product Tree z 2011 r., nr referencyjny: TEC-TP/0045), które zawiera klasyfikację produktową gotowych urządzeń, w tym: komponentów, podsystemów, a także systemów),
- Europejskich, jednolitych standardów związanych z działalnością badawczo-rozwojowa oraz produkcją na potrzeby sektora kosmicznego, opracowane przez organizację European Cooperation for Space Standardization, ECSS (więcej informacji: www.ecss.nl).

Projekty polskich podmiotów służące rozwojowi ogólnych technologii generycznych były w ostatnich latach (2015-2019) finansowane w ramach różnych programów, które były realizowane przez Polskę, z których Wartość poszczególnych projektów technologicznych wg programów ESA przedstawia poniższy wykres.



RYSUNEK 12 WARTOŚĆ POSZCZEGÓLNYCH PROJEKTÓW TECHNOLOGICZNYCH WG PROGRAMÓW ESA

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu ESA „End of Transition Measures Review Report for Poland” oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Spośród nich, zdecydowanie największe znaczenie miał tzw. program o akronimie „PLIIS” (Polish Industry Incentive Scheme), który zakończył się w 2019 r., tzn. wraz z końcem tzw. okresu przejściowego członkostwa Polski w ESA.

Program Wsparcia Polskiego Przemysłu (PLIIS – Polish Industry Incentive Scheme)

– program ten służył wspieraniu budowy kompetencji polskiego sektora kosmicznego i jego integracji z programami i działaniami ESA. w jego ramach odbywały się przetargi adresowane wyłącznie na polski rynek, nadzorowane przez specjalny Zespół Zadaniowy PL-ESA (Task Force PL-ESA). Budżet PLIIS wynosił 45% polskiej składki obowiązkowej do ESA podczas tzw. okresu przejściowego, który trwał od 2012 r. do końca 2019 r. w ramach programu podmioty prowadzące działalność w Polsce mogły realizować własne projekty w czterech, następujących kategoriach: studia wykonalności, projekty badawczo-rozwojowe, aplikacje wykorzystujące dane satelitarne z satelitów obserwacyjnych Ziemi i nawigacyjnych, a także urządzenia lotne.

W okresie trwania programu prawie połowa polskiej składki obowiązkowej była przeznaczana właśnie na ten program, który miał za zadanie dostosowanie polskiego przemysłu, operatorów, środowiska naukowego i innych podmiotów prowadzących działalność na terenie Polski do wymagań Europejskiej Agencji Kosmicznej. Łączna kwota PLIIS dla polskiego sektora kosmicznego wyniosła 65 mln EUR (perspektywa siedmioletnia). w ramach PLIIS złożonych zostało w sumie 487 wniosków od 145 polskich podmiotów. Do realizacji zalecono 210 działań (w tym działania ad hoc i odgórne plany działań).

Szczegóły dotyczące PLIIS przedstawia poniższa tabela:

Nr naboru	Data naboru	Liczba otrzymanych ofert	Budżet zaproponowanych ofert (w EUR)	Liczba zatwierdzonych projektów	Współczynnik sukcesu	Budżet z programu PLIIS (w EUR)
Pierwszy przetarg	01/05/2013	76	17,122,049	36	47%	6,791,379
Drugi przetarg	14/04/2014	70	13,119,915	28	40%	4,555,525
POC_TEB01	04/11/2015	32	9,015,838	12	38%	2,687,595
POC_TEB02	04/02/2016	19	3,415,467	7	37%	1,350,111
POC_TEB03	20/04/2016	14	2,570,732	6	43%	683,679
POC_TEB04	29/07/2016	27	5,979,082	14	52%	3,715,972
POC_TEB05	24/11/2016	38	8,302,302	20	53%	4,317,633
POC_TEB06	08/02/2017	19	6,955,827	10	53%	3,032,224
POC_TEB07	26/04/2017	17	2,984,283	4	24%	595,549
POC_TEB08	26/07/2017	25	5,509,626	12	48%	2,199,571
POC_TEB09	01/11/2017	30	7,466,601	10	33%	2,436,240
POC_TEB10/11	09/03/2018	33	6,668,730	10	30%	1,610,209
POC_TEB12	08/11/2018	53	13,479,964	12	23%	2,788,955
Suma otwarte przetargi		453		181	40%	€34,328,402
Odgórne plany działań	-	22	-	17	-	5,823,154
Działania ad hoc	-	12	-	12	-	8,984,563
Suma		487	€102,590,416	210	43%	€49,136,119

TABELA 1 SZCZEGÓŁY DOTYCZĄCE PROGRAMU PLIIS ESA

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu ESA „End of Transition Measures Review Report for Poland” oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Łączna kwota na podstawie ofert w ramach programu PLIIS wyniosła 102 mln EUR (dwukrotność całkowitego budżetu PLIIS), a łączna kwota rekomendowanych działań to 58 mln EUR, z czego 49 mln EUR jest finansowane przez program PLIIS⁴. Wskazuje to na niski poziom współfinansowania z innych programów. Tylko określone działania ad hoc otrzymały znaczące współfinansowanie z GSTP, SCI i EOP.

⁴ ESA, End of Transition Measures Review Report for Poland.

Spośród udzielonych zamówień 65% ocenia się jako mające duże szanse na kontynuację pracy w programach opcjonalnym ESA (w przypadku obecności finansowania) lub w innych działaniach, 12% ma na to umiarkowane szanse, a 13% jest na etapie, który jest zbyt wczesny na taką ocenę. Dlatego tylko 10% działań finansowanych przez program PLIIS zakończyło się jako działania jednorazowe lub nieposiadające dalszych możliwości kontynuacji. W ocenie ESA to bardzo dobry wynik.

W projektach, w których TRL jest znany lub był mierzony, 92% osiągnęło lub przekroczyło planowany poziom TRL, co jest bardzo dobrym wynikiem. Na koniec 2019 roku stan 204 działań PLIIS, dla których przynajmniej rozpoczęto negocjacje, wraz z liczbą projektów i procentowym odsetkiem w stosunku do liczby działań przedstawiał się następująco:

- Projekty zamknięte: 98 (48% liczby działań) - co stanowi 36% całkowitego budżetu
- Anulowane projekty: 8 (3,9%)
- Projekty w toku (nadal realizowane): 95 (46,6%)
- Oczekiwanie na sfinalizowanie umowy: 3 (1,5%).

Projekty w programie PLIIS są klasyfikowane według typu, gdzie:

- Typ a) to wysokie TRL, bliskie rynkowi, działania dotyczące produktów lub usług (zwane „Flight”),
- Typ b) to działania badawczo-rozwojowe o średnim TRL (zazwyczaj 2-5),
- Typ c) to działania o niskim TRL (zwane „przygotowawczymi”),
- Typ d) to średnie lub wysokie poziomy TRL związane z rozwijaniem aplikacji i serwisów.

Poniżej w tabeli wymieniono wszystkie 453 oferty otrzymane w ramach PLIIS. Wyraźnie widać przewagę działalności badawczo-rozwojowej we wszystkich przetargach. Zgodnie z oczekiwaniami następuje przejście od działań głównie

przygotowawczych w pierwszych latach do badań i rozwoju, a wreszcie pod koniec do działań związanych z typem a.

Dodatkowo w tabeli wyszczególniono grubszym obramowaniem podział na powyższą klasyfikację wszystkich 181 projektów rekomendowanych do realizacji w ramach PLIIS:

Faza	Typ oferty							
	a) Flight		b) B+R		c) Przygotowawcze		d) Aplikacje i serwisy	
	Otrzymane oferty	Rekomendowane do realizacji	Otrzymane oferty	Rekomendowane do realizacji	Otrzymane oferty	Rekomendowane do realizacji	Otrzymane oferty	Rekomendowane do realizacji
1st Call (2013)	6	2	41(54%)	17(50%)	17	11	12	4
2nd Call (2014)	2	1	47(67%)	20(69%)	9	2	12	6
TEB01 (2015)	5		21(66%)	9(75%)	2		4	2
TEB02 (2016)			10(53%)	5 (71%)	3		6	2
TEB03 (2016)			8(57%)	3(75%)	2	1	4	
TEB04 (2016)	3	2	15(55%)	8(57%)	4	2	5	2
TEB05 (2016)	2	2	26(68%)	14(74%)	1		9	3
TEB06 (2017)	3	2	10(53%)	8(73%)	4	1	2	

TEB07 (2017)			11(65 %)	5(83%)	4	1	2	
TEB08 (2017)	1	1	16(64 %)	9(90%)	2	2	6	2
TEB09 (2017)	3		18(60 %)	5(71%)	3		6	1
TEB10/1 1(2018)	2		19(58 %)	7(70%)	8	1	4	2
TEB12 (2018)	10	3	37(70 %)	8(67%)	6	1		
Suma	37(8 %)	14(8%)	279(62%)	121(67%)	65(1 4%)	22(12%)	72(1 6%)	24(13%)

TABELA 2 PODZIAŁ OTRZYMANÝCH ORAZ REKOMENDOWANYCH DO REALIZACJI OFERT W RAMACH PLIIS NA KLASYFIKACJE DZIAŁAŃ

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu ESA „End of Transition Measures Review Report for Poland” oraz ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Istotną rolę odgrywa także opcjonalny **program ESA ds. wsparcia ogólnych technologii** o akronimie „**GSTP**” (General Support Technology Programme), który wspiera rozwój technologiczny państw członkowskich ESA na każdym etapie ich cyklu życia: od najwcześniejszej koncepcji lub demonstratora wykonalności do technologii lub produktu, który został wdrożony i gotowy do przyjęcia i stosowania przez użytkownika, zarówno w ESA, jak i na całym świecie.

Program GSTP adresuje m. in. działania dotyczące najnowszych technologii cyfrowych takich jak sztuczna inteligencja w zastosowaniach kosmicznych, integracja inteligentnych systemów robotyki Ziemi, inteligentne przetwarzanie danych z ładunków użytkowych satelitów, systemy pokładowe, innowacyjne techniki kontroli misji w celu zwiększenia automatyzacji i autonomii operacji oraz cyberbezpieczeństwo i bezpieczeństwo, ze względu na rosnącą podatność

infrastruktury cyfrowej na ziemi i na orbicie na wrogie działanie. Należy oczekiwać, że realizacja projektów przyczyni się do rozwoju innowacyjnych technologii, podniesienia konkurencyjności polskich podmiotów, włączenia łańcuchy dostaw, zwiększenia udziału polskich podmiotów w misjach kosmicznych. Powyższe będzie miało również wpływ na utrzymanie i stworzenie wysokiej jakości nowych miejsc pracy.

Tytuł projektu	Element programu	Okres rozpoczęcia	Czas trwania	Rodzaj podmiotu
ASIM PSU TECHNOLOGY SUPPORT	GSTP Element 1 "Develop"	2017-Q2	5	spółka
PROBA-3 CORONOGRAPH PAYLOAD AND SCIENCE DATA CENTRE. PHASES CDE1	GSTP Element 1 "Develop"	2019-Q1	1	jednostka badawczo-naukowa
PROBA-3 SPACE SEGMENT AND FLIGHT OPERATIONS GROUND SEGMENT. PHASES CDE1	GSTP Element 1 "Develop"	2019-Q4	10	spółka
LUNAR DRILL DEVELOPMENT - PHASE A	GSTP Element 1 "Develop"	2015-Q4	10	spółka
OPS-SAT PHASE B2CDE (G637-002HS)	GSTP Element 3 "Fly"	2016-Q2	5	spółka
E.DEORBIT MISSION. PHASE B1	GSTP Element 1 "Develop"	2015-Q3	7	spółka
PHASE B+ OF PROSPECT DEVELOPMENT FOR LUNAR EXPLORATION.	GSTP Element 1 "Develop"	2016-Q1	1	spółka
OPS-SAT PHASE B2CDE (G637-002HS)	GSTP Element 3 "Fly"	2018-Q3	7	jednostka badawczo-naukowa
HYDROGEN PEROXIDE STORABILITY/COMPATIBILITY VERIFICATION	GSTP Element 1 "Develop"	2020-Q2	5	spółka
DASTA - GROUND DATA SYSTEM SOFTWARE TEST TOOLS AND AUTOMATION G617-196GI EXPRO+	GSTP Element 1 "Develop"	2016-Q4	11	spółka
MODEL LIBRARY FOR EARTH OBSERVATION END-TO-END SIMULATORS	GSTP Element 1 "Develop"	2016-Q4	10	spółka
AIM SYSTEM CONSOLIDATION PHASE 1	GSTP Element 1 "Develop"	2016-Q4	11	spółka
IBDM DEVELOPMENT FOR THE DREAM CHASER SPACE TRANSPORTATION SYSTEM	GSTP Element 1 "Develop"	2017-Q4	12	spółka
PRE-QUALIFICATION OF ALUMINIUM FREE SOLID PROPELLANT - EXPRO PLUS	GSTP Element 1 "Develop"	2017-Q1	3	jednostka badawczo-naukowa
RADCUBE IOD CUBESAT MISSION IMPLEMENTATION	GSTP Element 3 "Fly"	2017-Q4	12	spółka

HANDHELD CONTACTLESS SURFACE CLEANER FOR REMOVAL OF MOLECULAR CONTAMINATION	GSTP Element 1 "Develop"	2017-Q4	12	spółka
OPS-SAT LAUNCH, DEPLOYER AND INTEGRATION SERVICES	GSTP Element 3 "Fly"	2019-Q2	5	spółka
E.DEORBIT CONSOLIDATION PHASE	GSTP Element 1 "Develop"	2017-Q4	12	jednostka badawczo-naukowa
INTEGRATED OPTICAL FIBRES IN LAUNCHER AND SPACECRAFT COMPOSITE STRUCTURES	GSTP Element 1 "Develop"	2018-Q2	4	spółka
ADVANCED SIMULATION TOOLS FOR DEPLOYMENT, DYNAMICS PREDICTIONS AND ON-GROUND VERIFICATION - EXPRO PLUS	GSTP Element 1 "Develop"	2018-Q2	6	spółka
RENDEZVOUS AUTONOMOUS CUBESATS EXPERIMENT (RACE) MISSION PHASE A/B	GSTP Element 3 "Fly"	2019-Q2	5	spółka
HERA MISSION PHASE B1	GSTP Element 1 "Develop"	2019-Q4	10	spółka
ASSESSMENTS TO PREPARE AND DE-RISK TECHNOLOGY DEVELOPMENTS - SPACEDET - EVOLUTIONS OF SPACEWIRE PROTOCOLS FOR DETERMINISTIC DATA DELIVERY - EXPRO	GSTP Element 1 "Develop"	2018-Q3	8	spółka
SOLID PROPELLANT DE-ORBIT MOTOR ENGINEERING MODEL DEVELOPMENT	GSTP Element 1 "Develop"	2018-Q4	12	jednostka badawczo-naukowa
DE-RISK ASSESSMENT: ATENA-EGS-CC-COMPATIBLE AUTOMATION SYSTEM FOR AIT/AIV AND OPERATIONS BASED ON OTX	GSTP Element 1 "Develop"	2018-Q4	12	spółka
HERA CUBESAT PHASE a STUDY	GSTP Element 1 "Develop"	2018-Q4	12	spółka
PROBA-3 SPACE SEGMENT AND FLIGHT OPERATIONS GROUND SEGMENT. PHASES CDE1 (AS OF 1ST JULY 2019)	GSTP Element 1 "Develop"	2019-Q4	10	spółka
EGS-CC INTEGRATION CONTRIBUTION	GSTP Element 1 "Develop"	2019-Q3	8	spółka
DE-RISK ASSESSMENT: ATBMOON	GSTP Element 1 "Develop"	2019-Q4	12	spółka
GT21-057EF: SATREC 2.0: COMMERCIAL SOFTWARE FOR MODELLING AND RECOGNITION OF SAR SIGNATURES BASED ON RAY TRACING AND GPU CARDS	GSTP Element 2 "Make"	2020-Q2	6	spółka
ROBOTIC ARM DEVELOPMENT FOR ON-ORBIT SERVICING OPERATIONS (TITAN)	GSTP Element 1 "Develop"	2020-Q3	7	jednostka badawczo-naukowa

HERA JUVENTAS CUBESAT IMPLEMENTATION PHASE	GSTP Element 1 "Develop"	2020-Q3	7	spółka
PREPARATION OF ENABLING SPACE TECHNOLOGIES AND BUILDING BLOCKS: ATENA - AIT/AIV AND OPERATIONS BASED ON OTX	GSTP Element 1 "Develop"	2020-Q3	7	spółka
SOLID PROPELLANT ROCKET MOTOR THRUST DEFLECTION SYSTEM	GSTP Element 1 "Develop"	2020-Q3	8	jednostka badawczo-naukowa
MODEL LIBRARY FOR EARTH OBSERVATION (EO) END-TO-END SIMULATORS - EOLIB3	GSTP Element 1 "Develop"	2020-Q3	9	jednostka badawczo-naukowa

TABELA 3 PROJEKTY W PROGRAMIE GSTP

Źródło: Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii.

Łącznie w całym okresie, w którym Polska uczestniczyła w programie GSTP (2012-2020) wydatkowano już kwotę 14.140.000 euro na projekty badawczo-rozwojowe, który dotyczyły różnorodnych domen technologicznych i na przyszłe potrzeby różnych obszarów działalności kosmicznej, w tym: misji naukowych, eksploracji, bezpieczeństwa kosmicznego, obserwacji satelitarnej, jak i systemów wynoszenia. Warto podkreślić, że w programie uczestniczyły zarówno podmioty przemysłowe, jak i jednostki naukowo-badawcze, jednakże dominujące znaczenie miał tu przemysł.

b. Horyzont 2020

W latach 2014-2019, czyli od początku obowiązywania programu Horyzont 2020 w dotychczasowych konkursach w obszarze Przestrzeń kosmiczna 35 polskich beneficjentów pozyskało 12,75 mln € dofinansowania w ramach 39 projektów, z czego 5 z nich jest koordynowanych przez polskie jednostki.

Wśród nich były też projekty dotyczące rozwoju ogólnych technologii generycznych. Były to następujące projekty:

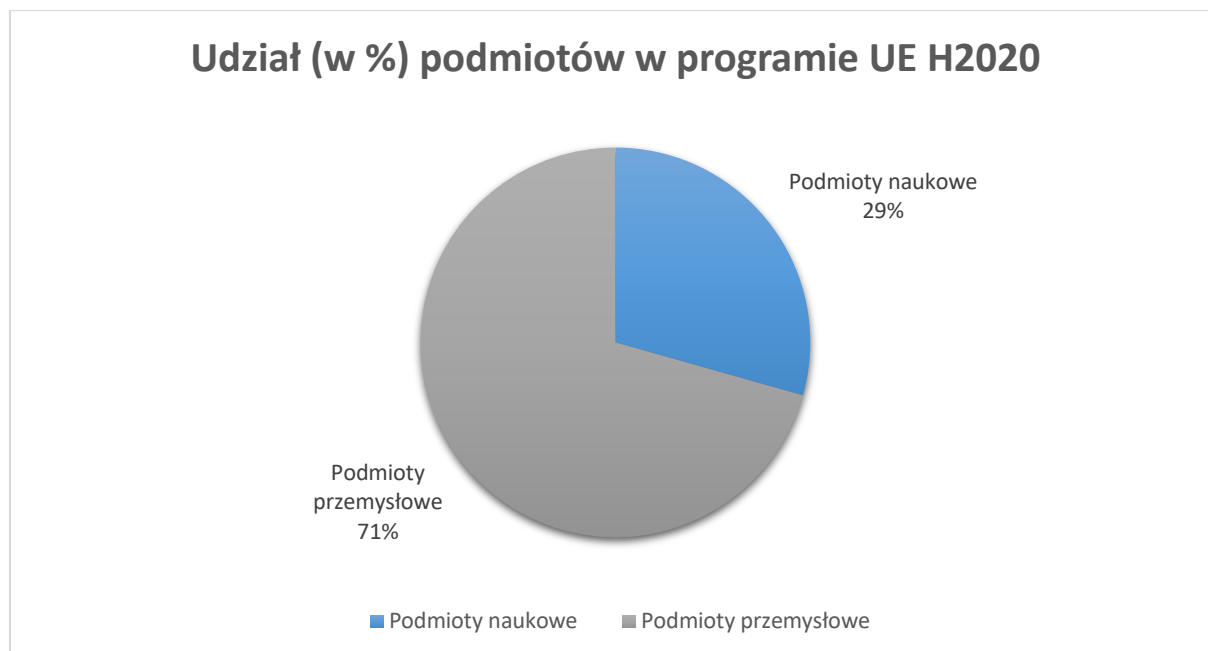
Tytuł projektu	Opis	Data rozpoczęcia	Data zakończenia	Podmiot
----------------	------	------------------	------------------	---------

Pilotowanie i rozbudowa unikalnych, mobilnych zakładów produkcyjnych do wytwarzania wysoko skoncentrowanego nadtlenu wodoru (HTP) do zastosowań w przemyśle kosmicznym	Ogólnym celem projektu jest komercjalizacja unikalnej technologii produkcji 98% skoncentrowanego wysoko stężonego nadtlenu wodoru (HTP). Będzie ona rozwijana i eksploatowana dwutorowo: (1) Budowa i instalacja linii technologicznej i dystrybucja nadtlenu wodoru w stężeniu 98% do klientów; (2) Budowa i zastosowanie kontenerowego zakładu mobilnego, który będzie w stanie produkować wysoko testowy nadtlenek w zakładzie klienta.	01.03.2015	31.05.2015	JAKUSZ Sp. z o.o.
Materiały i Struktura Kompozytów Przekładkowych	Głównym celem projektu jest opracowanie ultra stabilnej i nisko wagowej struktury, która będzie łączyć innowacyjne rozwiązania, takie jak ester cyjanianowy/włókno pakowe kompozytu polimerowego wzmacnianego włóknami węglowymi, ester cyjanianowy/włókno pakowe CFRP typu plaster miodu i zaawansowane rozwiązania łączące.	01.01.2016	30.04.2018	NORTH THIN PLY TECHNOLOGY Sp. z o.o.
Budowa szybkich konwerterów danych nowej generacji do zastosowań kosmicznych	Projekt INTERSTELLAR zajmuje się jednym z krytycznych tematów europejskiej niezależności w ramach linii "High speed DAC-ADC based on European Technology" - przetworniki danych analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych.	01.12.2016	30.09.2021	KAPITECH Sp. z o.o.
HEATPACK - Nowa generacja komponentów o wysokiej wydajności termicznej dla przemysłu kosmicznego	Projekt ma na celu opracowanie i walidację krytycznych elementów technologicznych umożliwiających tworzenie transformacyjnych pakietów do zastosowań kosmicznych o bardzo niskiej odporności termicznej. Proces ten ma wykorzystać potencjał technologii szerokopasmowych, które są obecnie uważane za krytyczne w zastosowaniach kosmicznych.	01.01.2019	31.12.2021	POLITECHNIKA WARSZAWSKA

TABELA 4 PROJEKTY Z H2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji z KE

Poniższy wykres przedstawia udział poszczególnych grup podmiotów w realizacji projektów w ramach programu UE Horyzont 2020:



RYSUNEK 13 UDZIAŁ POSZCZEGÓLNYCH GRUP PODMIOTÓW W REALIZACJI PROJEKTÓW W RAMACH PROGRAMU UE HORYZONT 2020.

Źródło: opracowanie własne

Podobnie jak w przypadku programów ESA sektor przemysłowy stanowił dominującą część beneficjentów osiągając ponad 70% wartości wszystkich kontraktów, co jest zgodne z tendencjami w Europie i na świecie. Dzięki realizacji swoich projektów firmy, zwłaszcza z sektora MŚP poprawiają swoją konkurencyjność na rynku kosmicznym w stosunku do pozaeuropejskich podmiotów,

c. NCBiR

NCBiR posiada wiele różnych programów, które są również dostępne dla firm i jednostek naukowo-badawczych rozwijających technologie kosmiczne lub techniki satelitarne. Wśród nich można wymienić m. in. programy strategiczne (Gospostrateg, Technostrateg), narzędzia nakierowane na współpracę międzynarodową i wspólne projekty z innymi krajami (EUREKA, ERANET, Bonus, Eurostar), programy z funduszy strukturalnych (PO Inteligentna Gospodarka, PO Innowacyjny Rozwój), Program

Badań Stosowanych, instrumenty wsparcia nakierowane na komercjalizację działalności badawczo-rozwojowej (SPIN-TECH, INNOTECH).

W ostatnich 5 lat było ponad 40 projektów finansowanych z tych instrumentów. Korzystały z nich zarówno firmy, jak i uczelnie oraz instytuty naukowo-badawcze. Lista takich projektów znajduje się poniżej. Dotyczą one zarówno eksploracji i eksploatacji przestrzeni kosmicznej, jak i wykorzystaniu danych satelitarnych i ich przetwarzania oraz tworzenia aplikacji dla końcowych użytkowników w wielu naziemnych obszarach zastosowania, jak np. transport i telekomunikacja, ochrona środowiska naturalnego, ochrona zdrowia i rolnictwo.

Lista projektów technologicznych sfinansowanych przez NCBiR znajduje się poniżej:

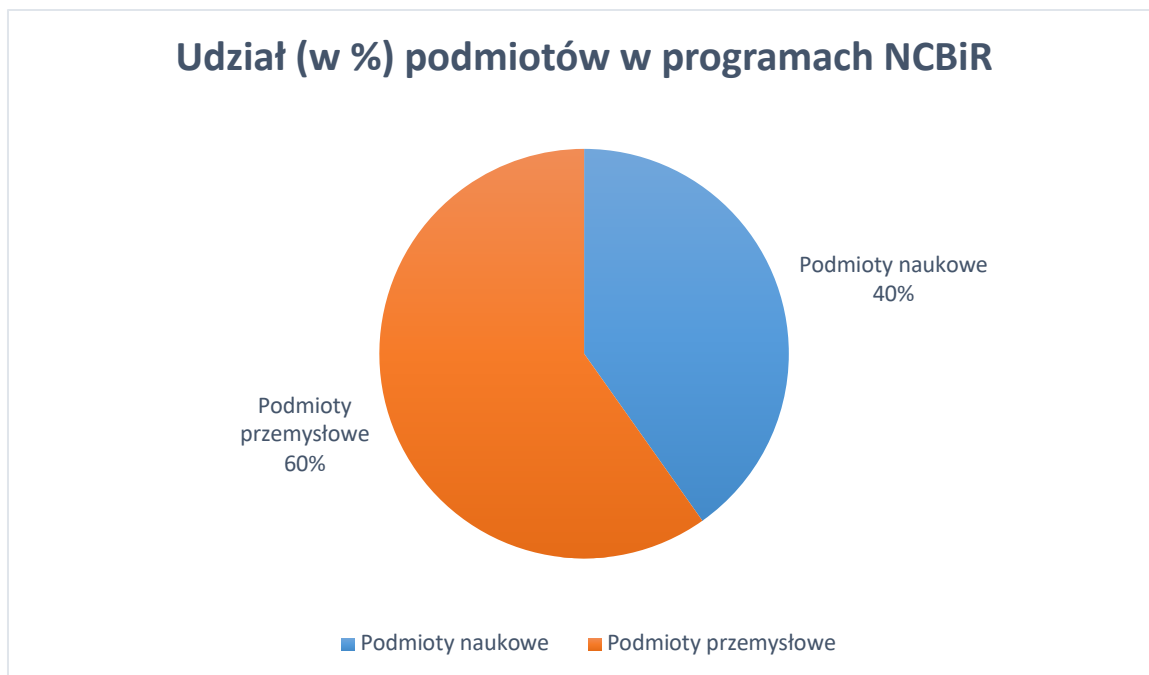
Tytuł projektu	Nazwa beneficjenta	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
Lekki nanokrystaliczny materiał na bazie aluminium do aplikacji w przemyśle kosmicznym (modelowanie i weryfikacja technologiczna) LIGHTMAT4SPACE	Politechnika Łódzka	01.12.2015	30.11.2017
Opracowanie i walidacja układu sterowania manipulatora satelitarnego	Centrum Badań Kosmicznych PAN	01.01.2020	31.12.2021
Specjalistyczne hybrydowe łożyska toczne do zastosowania w przemyśle kosmicznym	Centrum Badań Kosmicznych PAN	01.11.2012	30.04.2015
Nowe, zaawansowane materiały warstwowe Al-Ti o podwyższonej odporności balistycznej na konstrukcje lotnicze i kosmiczne	Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie	01.11.2013	31.12.2016
Zastosowanie koncepcji AIA (Adaptive Impact Absorption) w inżynierii lotniczej i kosmicznej AIA-Aero	Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN	01.03.2017	30.06.2020
Opracowanie technologii wysokociśnieniowego hartowania gazowego satelitarnych kół zębatych epicyklicznej przekładni lotniczej silnika FDGS, wykonanych ze stali i pracujących w warunkach długotrwałych i cyklicznie zmiennych obciążeń eksploatacyjnych	Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza	01.02.2020	31.01.2023
Rozwój technologii wielkopowierzchniowych autonomicznych gazowych detektorów promieniowania jonizującego, w tym promieniowania kosmicznego	TECHNOLOGY TRANSFER AGENCY TECHTRA Sp. z o.o.	01.11.2016	31.01.2020

Opracowanie wielofunkcyjnej obudowy dla potrzeb elektroniki kosmicznej i lotniczej ze szczególnym uwzględnieniem tzw. power electronics i źródeł zasilania	BLUE DOT SOLUTIONS Sp. z o.o.	01.11.2017	31.10.2018
Inteligentny komputer pokładowy dla nano- i mikrosatelitów o podwyższonej niezawodności i zwiększonej mocy obliczeniowej, pozwalający na samodiagnostykę satelity na orbicie z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego do detekcji anomalii	KP LABS Sp. z o.o.	01.05.2020	31.12.2023
ASTRO-MODUŁY – Zestaw bloków funkcjonalnych do małych i średnich satelitów	ASTRONIKA Sp. z o.o.	01.01.2020	31.12.2022
Opracowanie pionierskiego multifunkcyjnego robota drukującego w technologii 3D posługującego się zintegrowanym ramieniem robotycznym w celu uzyskania w drukowanych modelach wytrzymałości pozwalającej na zastosowanie ich w przemyśle zbrojeniowym, lotniczym i kosmicznym	OMNI3D Sp. z o.o.	03.04.2018	31.12.2020
Bio-nanosatelita wykorzystujący zminiaturyzowane instrumenty lab-on-chip oraz metodologia prowadzenia badań biomedycznych z jego wykorzystaniem w warunkach mikrogravitacji	SATREVOLUTIO N SA	01.10.2019	30.03.2021

TABELA 5 LISTA PROJEKTÓW TECHNOLOGICZNYCH SFINANSOWANYCH PRZEZ NCBiR

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji z NCBiR

Poniższy wykres przedstawia udział poszczególnych grup podmiotów w realizacji projektów w ramach różnych programów NCBiR, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych.



RYSUNEK 14 UDZIAŁ POSZCZEGÓLNYCH GRUP PODMIOTÓW W REALIZACJI PROJEKTÓW W RAMACH RÓŻNYCH PROGRAMÓW NCBiR

Źródło: opracowanie własne

d. NCN

Narodowe Centrum Nauki w okresie ostatnich 5 lat (2015-2020) sfinansowało ponad 300 projektów badawczych. Ich wartość to ponad 212 mln PLN. Dotyczyły one głównie nauk podstawowych (fizyka, astrofizyka, matematyka), nauk przyrodniczych i nauk o Ziemi, astronomii, inżynierii procesów i produkcji, astronomii i badań kosmicznych, inżynierii systemów i telekomunikacji, informatyki i technologii informacyjnych, optyki kwantowej i informacji kwantowej, teorii względności i grawitacji, fizyki gazów i plazmy, elektryczności i magnetyzmu, fizyki jądrowej i atomowej, materiałów i badań materiałowych (w tym: metale, polimery, kompozyty). Były one w większości realizowane przez uczelnie, przede wszystkim o profilu technicznym oraz instytuty badawczo-rozwojowe.

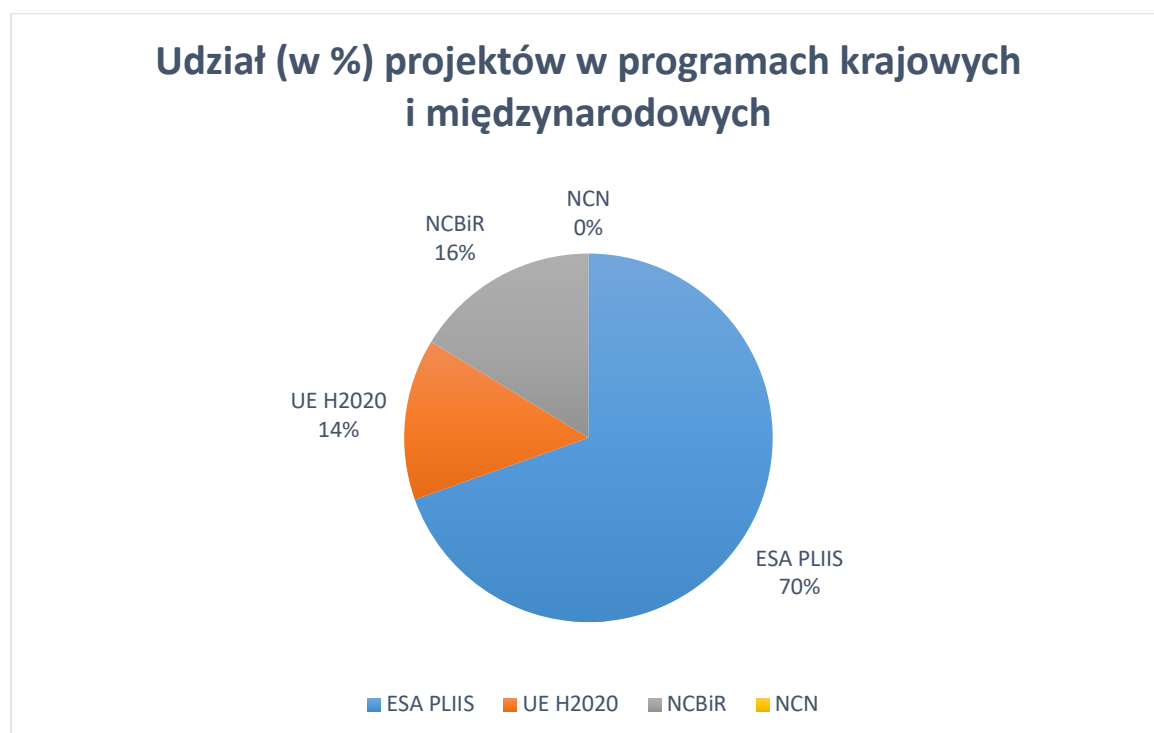
Projekty dotyczyły w większości badań teoretycznych i laboratoryjnych na najniższym poziomie gotowości TRL, czyli początkowym stadium prac, jak np.: obserwacje i opisywanie podstawowych zasad danego zjawiska -i badania naukowe nad podstawowymi właściwościami technologii, określanie koncepcji technologii

lub jej przyszłych zastosowań, mimo, że nie istnieje jeszcze żaden dowód lub szczegółowa analiza potwierdzająca przyjęte założenia, a także projekty polegające na potwierdzeniu analitycznym i eksperymentalnym krytycznych funkcji lub koncepcji technologii, czy też wybranych elementów technologii.

Analiza trwających lub zakończonych projektów w ramach różnych programów NCN wykazała, że żaden projekt dotyczący rozwoju technologii nie był dotychczas realizowany.

3.2.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy

Poniższy diagram to podsumowanie udziału poszczególnych instytucji finansujących, zarówno krajowych (NCBiR oraz NCN), jak i europejskich (ESA oraz UE) w realizacji w ostatnich latach projektów badawczo-rozwojowych dotyczących różnorodnych technologii generycznych.



RYSUNEK 15 UDZIAŁ PROCENTOWY PROJEKTÓW W PROGRAMACH KRAJOWYCH I MIĘDZYNARODOWYCH

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Wynika z niego jednoznacznie, że program wsparcia polskiego przemysłu (PLIIS) realizowany w tzw. okresie przejściowym członkostwa Polski w ESA (2012-2019) miał zdecydowanie największy wpływ na rozwój technologii kosmicznych i zarazem największy kwotowo i procentowo udział. Dzięki niemu bardzo dużo podmiotów mogło rozwinąć swoje technologie do średniego (TRL 4-TRL 5), a nawet wysokiego poziomu gotowości technologii (TRL 6-TRL 7). Co daje już dużą szansę na komercjalizację rozwiązań technologicznych, stworzenie gotowych produktów, a tym samym zainteresowanie nimi tzw. dużych integratorów systemowych, jak: Thales Alenia Space, Airbus D&S, odpowiedzialnych za budowę kompletnego systemu satelitarnego.

W celu zapewnienia klarowności wymaganych rozwiązań technologicznych oraz usprawnienia harmonizacji technologii, Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) dokonała podziału zagadnień związanych z sektorem kosmicznym na 26 domen technologicznych (Tabela 1). Drzewo technologiczne ESA ma za zadanie ułatwić ekspertom, biorącym udział w spotkaniach grupy doradczej IPC THAG (Industrial Policy Committee, Technology Harmonization Advisory Group), wyznaczenie konkretnych kierunków rozwoju przemysłu kosmicznego oraz opisywanie aktualnego stanu technologii.

Domeny opracowane przez Europejską Agencję Kosmiczną dzielą się na poddomeny, które w szczegółowy sposób traktują o problemach związanych z rozwojem przemysłu kosmicznego. Najnowsza wersja drzewa technologicznego pochodzi z 2020 r. (*ESA Technology Tree, Version 4.0, nr referencyjny: STM-277 3rd ed.*).

Materiały o rozwoju technologicznym w podziale na poszczególne domeny i poddomeny z tzw. Drzewa technologicznego ESA, w tym techniczne dossier oraz mapa drogowa, są pomocne zarówno dla podmiotów doświadczonych w przemyśle kosmicznym jak i dla początkujących. Umożliwiają zapoznanie się

z panującymi trendami rynkowymi oraz planami ESA w związku z omawianymi technologiami. Znajomość zaproponowanych przez ESA domen technologicznych, względem których opracowywane są dokumenty, pozwala na umiejętne doradzanie przedsiębiorcom i instytucjom na temat obecnej sytuacji rynkowej, a także umożliwia zapoznanie się z technologią wykorzystywaną w misjach kosmicznych i dotyczącymi jej wymogami, procedurami, systemami oraz wykorzystywanymi procesami technologicznymi. Ponadto daje możliwość poszerzenia wiedzy o aspekty naukowe.

Poniższa tabela sporządzona na podstawie projektów realizowanych w ramach programu Polish Industry Incentive Scheme prezentuje liczbę poszczególnych projektów, w tym zakończonych i trwających, w podziale na domeny technologiczne.

Nazwa domeny technologicznej	Liczba projektów w ramach PLIIS		
	Zakończone	Trwające	Razem
TD1 On-board Data Systems	4	8	12
TD2 Space System Software	17	10	27
TD3 Electrical Power	3	3	6
TD4 Spacecraft Environment & Effects	1	1	2
TD5 Space System Control	0	0	0
TD6 RF Payload	20	14	34
TD7 Electromagnetism Technologies & Techniques	3	1	4
TD8 System Design & Verification	10	3	13
TD9 Mission Operations & Ground Data Systems	12	4	16
TD10 Flight Dynamics & GNSS	3	0	3
TD11 Space Debris	6	13	19
TD12 Ground Station System & Networks	0	0	0
TD13 Automation, Telepresence & Robotics	4	2	6
TD14 Life and Physical Sciences	2	0	2
TD15 Mechanisms	10	9	19
TD16 Optics	2	3	5
TD17 Optoelectronics			
TD18 Aerothermodynamics	0	0	0
TD19 Propulsion	4	10	14
TD20 Structures & Pyrotechnics	2	5	7
TD21 Thermal	2	0	2
TD22 Environmental Control Life Support	0	0	0
TD23 EEE Components	1	0	1
TD24 Materials & processes	1	10	11
TD25 Quality, Dependability & Safety	1	1	2

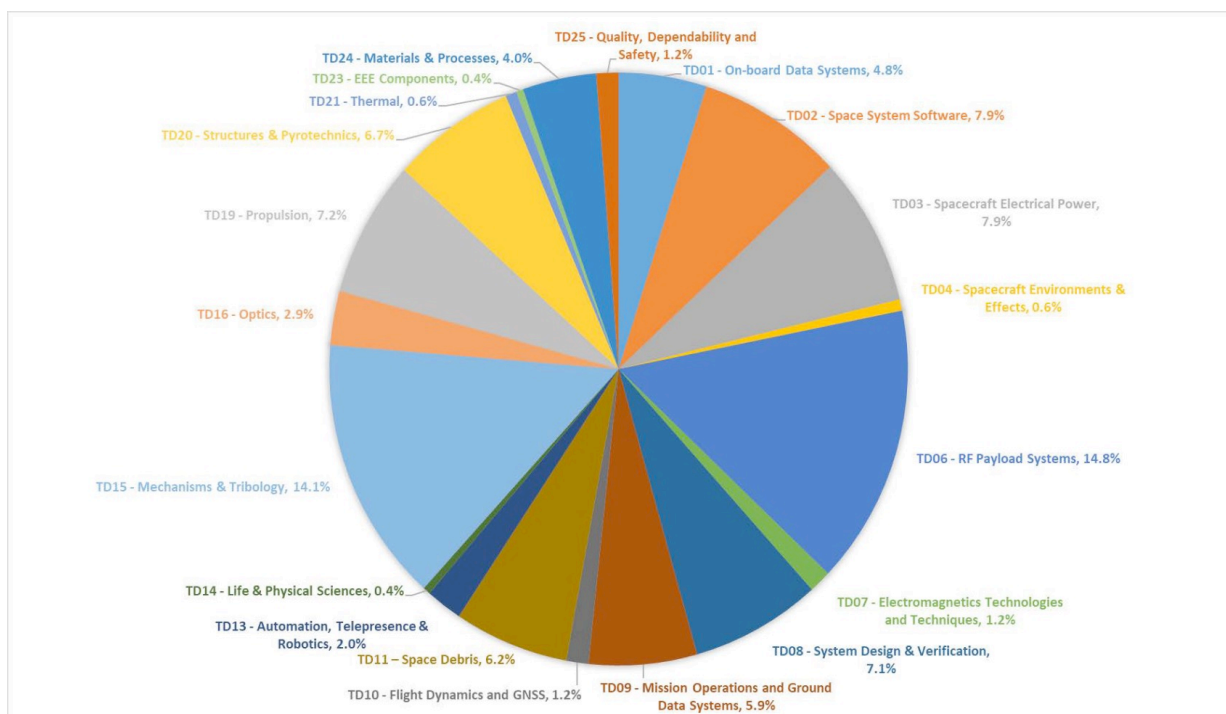
TABELA 6 LICZBA POSZCZEGÓLNYCH PROJEKTÓW W RAMACH PLIIS, W TYM ZAKOŃCZONYCH I TRWAJĄCYCH, W PODZIALE NA DOMENY TECHNOLOGICZNE

Źródło: raport ESA z 17.06.2020 p. t. "End of Transition Measures Review Report for Poland" (Ref ESA-IPLIPS-PL-2020-001)

Z powyższego zestawienia wynika, że pod względem liczby projektów w ramach PLIIS najważniejsze domeny technologiczne to:

1. Pokładowe systemy łączności radiowej (34 projekty),
2. Oprogramowanie dla systemów kosmicznych (27 projektów),
3. TD19 Mechanizmy (19),
4. Śmieci kosmiczne (19),
5. TD9 Systemy danych naziemnych i operacje związane z misjami (16),
6. TD19 Napędy (14),
7. TD8 Projektowanie systemów i weryfikacja (13),
8. Pokładowe systemy danych (12),
9. TD24 Materiały i procesy (11).

Wartość wyrażona w procentach poszczególnych projektów realizowanych przez polskie podmioty w programie Polish Industry Incentive Scheme w podziale na domeny technologiczne przedstawia poniższy diagram.



RYSUNEK 16 PROCENTOWA WARTOŚĆ POSZCZEGÓLNYCH PROJEKTÓW REALIZOWANYCH PRZEZ POLSKIE PODMIOTY W PROGRAMIE POLISH INDUSTRY INCENTIVE SCHEME W PODZIALE NA DOMENY TECHNOLOGICZNE.

Źródło: raport ESA z 17.06.2020 r. p. t. „End of Transition Measures Review Report for Poland”

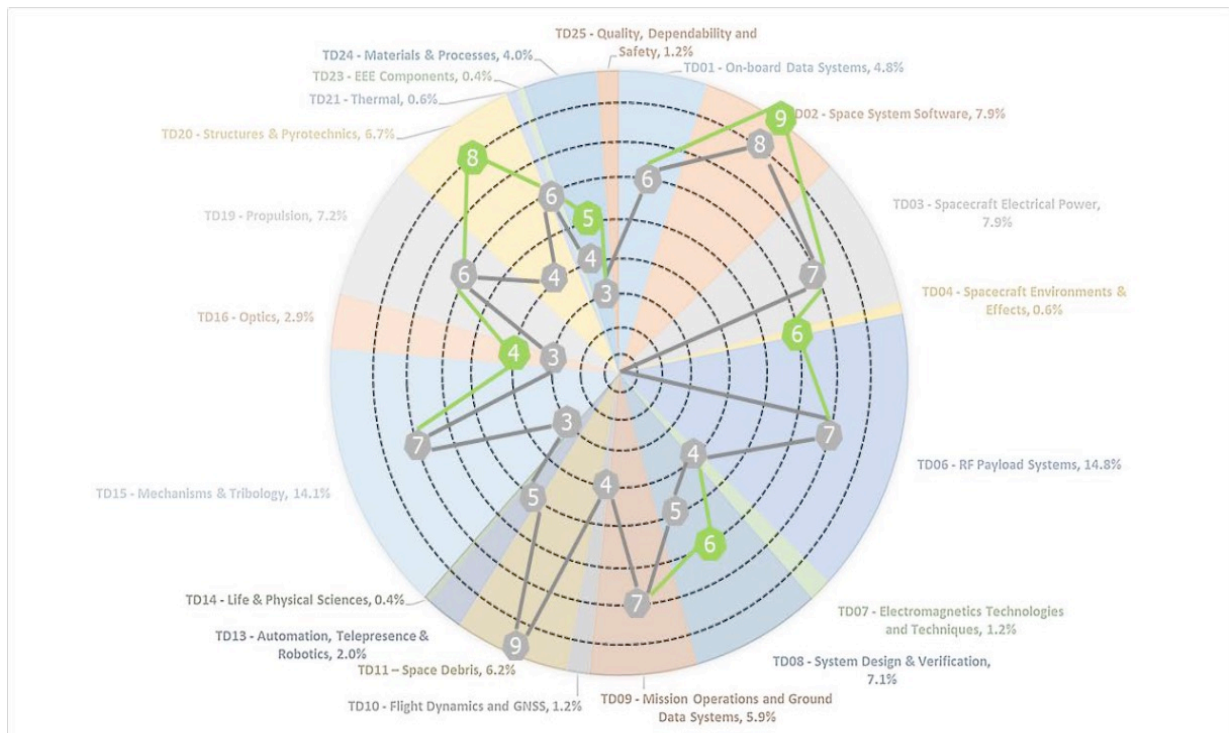
Z powyższego podziału można wysunąć wniosek, że pod względem wartości projektów: domeny: TD6 (RF Payload Systems) i TD15 (Mechanizmy) są dominującymi obszarami technologicznymi, w których prowadzone są działania w ramach tego najważniejszego dotychczas programu ESA dedykowanego polskim podmiotom. Ich procentowy udział w wartości programu PLIIS wynosi odpowiednio: 14,8% oraz 14,1%.

Duże znaczenie ma także domena Oprogramowanie, zarówno lotne, jak i naziemne. Projekty wykorzystujące oprogramowanie można znaleźć w kilku domenach, jak:

- Oprogramowanie dla systemów kosmicznych (7,9%),
- Śmieci kosmiczne (6,2%),
- Systemy danych naziemnych i operacje związane z misjami (5,9%),
- Pokładowe systemy danych (4,8%).

Na uwagę zasługują też inne, następujące domeny technologiczne: Napędy (7,2%), Struktury i Pirotechnika (6,7%), Projektowanie systemów i weryfikacja (7,9%), Zasilanie elektryczne statków kosmicznych (7,9%), mimo, że w tej ostatniej domenie odnotowano tylko 6 projektów.

Poniższy wykres na rysunku przedstawia maksymalną wartość TRL osiągniętą w każdej domenie w programie PLIIS.



RYSUNEK 17 MAKSYMALNA WARTOŚĆ TRL OSIĄGNIĘTA W KAŻDEJ DOMENIE W PROGRAMIE PLIIS

Źródło: raport ESA z 17.06.2020 r. p. t. „End of Transition Measures Review Report for Poland”

Aby zbadać ewolucję zmian poziomu TRL w programie PLIIS, dane z zakończonych projektów podzielono na 3 fazy (Faza 1 i 2 oraz faza 3 do której zalicza się projekty ogólnie określone i wykonywane w ramach mapy drogowej):

- Faza 1, która obejmuje okres około 3 lat (rozpoczęcie w latach 2013-2015) i obejmowała 42 zakończone działania z pierwszego i drugiego naboru;
 - Średni TRL: początkowy = 2,4, docelowy = 4,1, rzeczywisty = 4,2
 - Downstream/Ground (działania mające swoje ziemskie przeznaczenie): 3 projekty osiągnęły TRL 7 do 9
 - Upstream (działania docelowo przeznaczone do zastosowań na orbicie, np. sprzęt lotny): 9 projektów osiągnęło TRL 4
- Faza 2, która obejmuje okres około 2 lat (rozpoczęcie w latach 2016-2017) i obejmowała 32 projekty od otwartego naboru TEB01 do TEB06
 - Średni TRL: początkowa = 2,6, docelowa = 4,5, rzeczywista = 4,4
 - Ground: 3 projekty osiągnęły TRL 6 do 7
 - Space: 3 projekty osiągnęły TRL 5, 3 projekty osiągnęły TRL od 6 do 7

- Dwa kolejne punktu nazywane są Fazą 3:
- Działania ad hoc (tylko zakończone działania):
 - Średni TRL: początkowa = 3,4, docelowa = 5,2, rzeczywista = 5,2
 - Space: 2 projekty osiągnęły TRL 7
- Działania w ramach mapy drogowej (żadne działanie nie zostało jeszcze zakończone): średnia: początkowa = 3,2, docelowa = 6,1
 - Space: 5 projekty powinny osiągnąć TRL 7 lub 8⁵.

Należy podkreślić, że spośród projektów, w przypadku których TRL jest znany/mierzony, 92% osiągnęło lub przekroczyło planowany TRL. Widoczny jest wyraźny wzrost osiągniętych TRL z fazy 1 do fazy 2. Działania doraźne i projekty w ramach mapy drogowej z fazy 3 dotyczyły oczywiście jeszcze wyższych poziomów TRL. Działania typu Ground, zwłaszcza w obszarze oprogramowania i zastosowań końcowych, szybko osiągnęły TRL 6 i wyższe. 8 działań dotyczących hardware/oprogramowania kosmicznego (Space) osiągnęło do tej pory TRL 5 i wyższe.

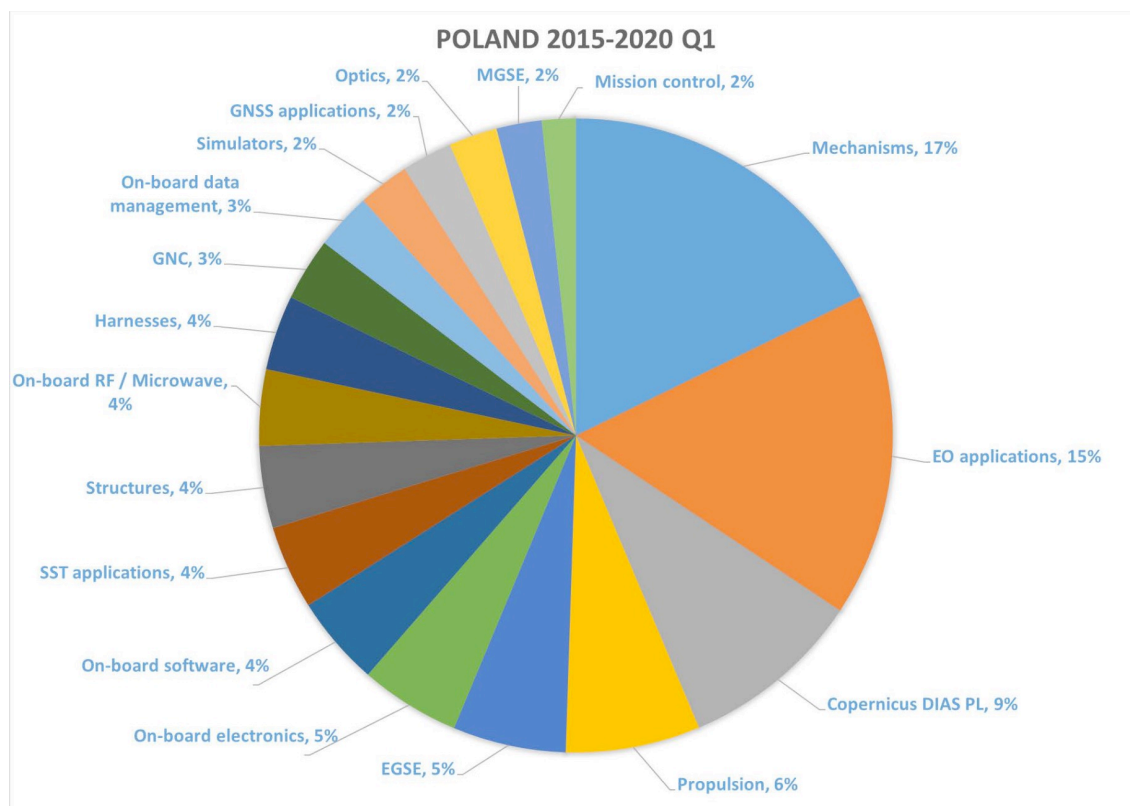
Godne uwagi jest to, że poziom gotowości TRL 6 został już osiągnięte w 9 dziedzinach. Są to:

- pokładowe systemy łączności radiowej,
- mechanizmy,
- śmieci kosmiczne,
- projektowanie systemów i weryfikacja,
- systemy danych naziemnych i operacje związane z misjami,
- oprogramowanie dla systemów kosmicznych,
- zasilanie elektryczne statków kosmicznych,
- struktury i Pirotechnika,
- napędy chemiczne (podsystemy i komponenty).

⁵ ESA, End of Transition Measures Review Report for Poland.

Najwyższy, osiągnięty dotychczas poziom TRL dotyczy następujących domen: Oprogramowanie dla systemów kosmicznych, Śmieci kosmiczne i Struktury i pirotechnika.

Poniższy diagram prezentuje udział poszczególnych domen technologicznych w latach 2015-I kwartał 2020 w szerszym kontekście, tzn. uwzględniając nie tylko program Polish Industry Incentive Scheme, lecz także wszystkie, inne programy ESA, w tym: opcjonalne i obowiązkowe.

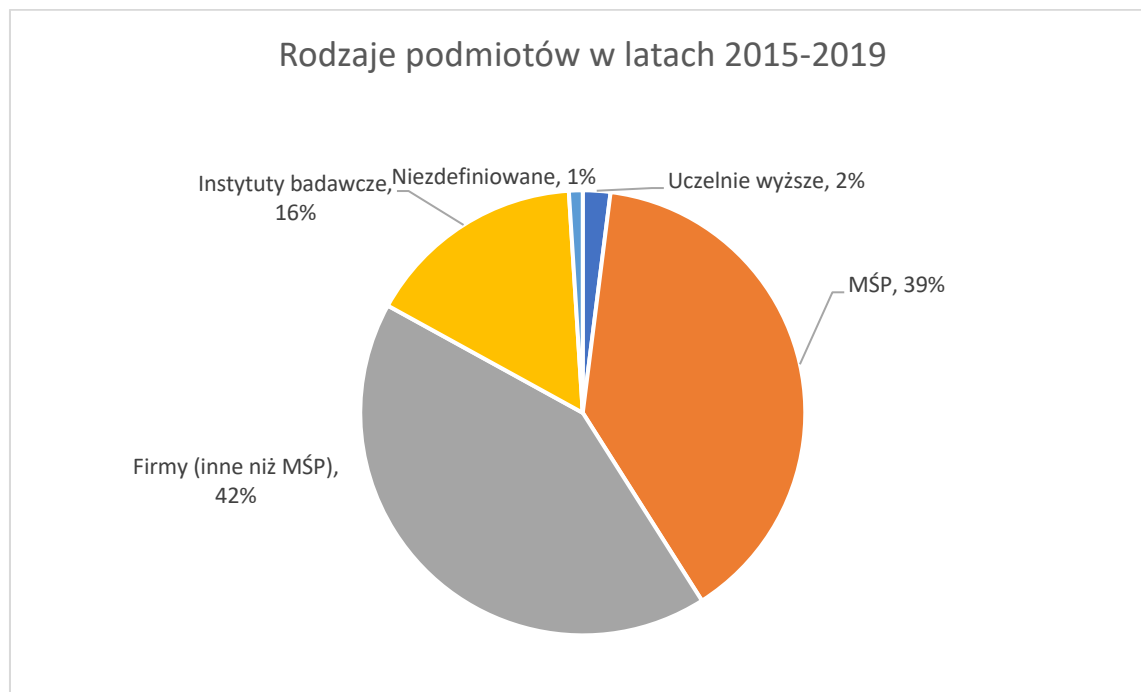


RYSUNEK 18 UDZIAŁ POSZCZEGÓLNYCH DOMEN TECHNOLOGICZNYCH W LATACH 2015-I KWARTAŁ 2020 WE WSZYSTKICH PROGRAMACH ESA

Źródło: Raport ESA z dnia 01.10.2020 r. p. t. „Analysis of Industrial participation of Polish industry to ESA Programmes 2015-1Q2020”

Z wykresu wynika, że największy udział pod względem wartości miały projekty przypisane do następujących domen i usług: mechanizmy (17% wartości wszystkich kontraktów), aplikacje wykorzystujące dane z programów obserwacyjnych Ziemi (15%), usługi z zarządzaniem, archiwizowaniem oraz przetwarzaniem danych wielkoskalowych (9%), a także napędy (6%).

Struktura podmiotowa w latach 2015-2019 w programach ESA przedstawia się w następujący sposób:



RYSUNEK 19 STRUKTURA PODMIOTOWA W LATACH 2015-2019 W PROGRAMACH ESA

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu ESA z 17.06.2020 r. p. t. „End of Transition Measures Review Report for Poland”

Na podstawie powyższej grafiki można stwierdzić, że:

- Ponad 81% wszystkich podmiotów prowadzących współpracę z ESA wchodzi w skład sektora przemysłowego, co w ocenie ESA jest prawidłową tendencją;
- Aż 42% podmiotów miało status małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), natomiast 39% miało status dużej firmy (część z nich to podmioty z kapitałem zagranicznym);
- Znaczący udział (16%) mają również instytuty badawczo-naukowe, które dzięki swojemu wieloletniemu doświadczeniu w sektorze kosmicznym i prowadzeniu działalności w nim jeszcze przed członkostwem Polski w ESA (2012 r.) dzielą się swoim know-how z przemysłem i wspierają firmy z sektora MŚP, z którymi realizują wspólnie projekty dla ESA. Dotyczy

to w szczególności takich dużych podmiotów jak: Centrum Badań Kosmicznych PAN i Sieć Badawcza Łukasiewicz-Institut Lotnictwa.

3.2.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru

Projekty realizowane przez polskie podmioty w ramach programów Europejskiej Agencji Kosmicznej, w tym zwłaszcza programu realizowanego w okresie przejściowym (2012-2019) – *Polish Industry Incentive Scheme*, programu UE Horyzont 2020, programów NCBiR związanych z rozwojem technologii generycznych pozwoliły na stworzenie listy najważniejszych domen technologicznych w polskim sektorze kosmicznym.

Ze względu na swoje znaczenie, liczbę oraz wartość zakończonych lub trwających jeszcze projektów największy wpływ na opracowanie przez POLSA rekomendowanych dziedzin miał program ESA *Polish Industry Incentive Scheme*.

Badanie ankietowe z 2020 r. wśród zainteresowanych podmiotów polskiego sektora kosmicznego (zarówno przemysł, jak i jednostki naukowo-badawcze), które przekazały do Polskiej Agencji Kosmicznej swoje dane oraz pogłębione rozmowy połączone z wizytami w wybranych podmiotach były materiałem pomocniczym i uzupełniającym do stworzenia takiej listy. z uwagi na nie w pełni satysfakcjonującą liczbę wypełnionych ankiet, tj. 50 na 98 przesłanych do wyselekcjonowanych podmiotów, deklarowane domeny technologiczne nie stanowią pełnego obrazu działań w tym zakresie podejmowanych przez polskie podmioty.

Są to następujące dziedziny technologiczne (kolejność przypadkowa):

L. p.	Nazwa domeny	Opis
-------	--------------	------

	TD 1: On-Board Data Subsystems (Pokładowe systemy przetwarzania danych)	<p>Systemy przetwarzające, przechowujące i zarządzające danymi statku kosmicznego oraz jego ładunku użytecznego, sprzęt oraz oprogramowanie niezbędne do akwizycji danych, zarządzanie warstwą sieciową, m. in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • systemy przetwarzania danych z urządzeń pokładowych i ładunku użytecznego; • uczenie maszynowe i sztuczna inteligencja dla podsystemów danych pokładowych.
2	TD 2: Space System Software (Oprogramowanie systemów kosmicznych)	<p>Systemy adresowane zarówno do kosmosu, jak i stacji naziemnych oraz techniki i technologie w dziedzinie oprogramowania i technologii informacyjnych w odniesieniu do ich zastosowania w misjach kosmicznych. w skład domeny wchodzi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zaawansowane technologie informatyczne; • oprogramowanie pokładowe i systemów naziemnych; • naziemne systemy przetwarzania danych; • gromadzenie, archiwizowanie oraz przetwarzanie danych wielkoskalowych; • wykorzystanie danych z przyrządów obserwacji.
3	TD 3: Spacecraft Electrical Power (Zasilanie elektryczne statków kosmicznych)	<p>Technologie związane z architekturą systemów elektromagnetycznych, systemy wytwarzania i magazynowania energii elektrycznej oraz jej dystrybucji (okablowanie) i klimatyzacji.</p>
4	TD 6: RF Subsystems, Payloads and Technologies (Systemy, ładunki użyteczne i technologie w zakresie częstotliwości radiowych)	<p>Domena obejmuje technologie związane z systemami satelitarnymi oraz siecią, ładunkiem użytecznym, wyposażeniem naziemnym, TT&C, nawigacyjnym, obserwacji Ziemi, działających w zakresie częstotliwości mikrofal oraz fal milimetrowych, w tym:</p> <ul style="list-style-type: none"> •systemy i podsystemy telekomunikacyjne i do radionawigacji; •technologie łączny radiowych dla celów telemetrii, śledzenia, sterowania i transmisji danych; •urządzenia radiowe ładunku użytecznego;

		<ul style="list-style-type: none"> •komponenty i podzespoły pokładowych urządzeń radiowych.
5	TD 8: System Design & Verification (Projektowanie oraz weryfikacja systemów)	Technologie związane z opisywaniem, projektowaniem oraz testowaniem systemów kosmicznych, działania skupiają się na redukcji czasu opracowania nowej technologii oraz zmniejszeniu kosztów produkcji, kontrola ryzyka.
6	TD 9: Mission Operation & Ground Data Systems (Systemy danych operacyjnych oraz segment naziemnego)	Operowanie satelitą, kontrola oraz użytkowanie systemów kosmicznych i naziemnych. Domena opisuje także technologie oraz narzędzie wspomagające, skupia się Systemie Kontroli Misji (ang. Mission Control System – MCSs).
7	TD 11: Space Debris (Śmieci kosmiczne)	Zawiera informacje technologiczne oraz naukowe związane z meteoroidami oraz śmieciami kosmicznymi, ich wpływem na statek kosmiczny, określaniem ryzyka oraz ochrona przed tego typu zdarzenia, deorbitacja obiektów kosmicznych.
8	TD 15: Mechanisms (Mechanizmy)	<p>Domena technologiczna dotycząca wszelkich urządzeń w których wymagany jest ruch jednego lub kilku elementów, np. mechanizmy sterujące czy siłowniki, m. in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mechanizmy zwalniające i przytrzymujące; •technologie narzędzi eksploracyjnych; •technologie elektronicznych układów sterujących; • mikroukłady elektromechaniczne; •metody i narzędzia projektowania mechanizmów.
9	TD19: Propulsion (Napędy)	Procesy oraz technologie związane z napędem statków kosmicznych, napędy chemiczne oraz elektryczne do różnej wielkości satelitów oraz systemów wynoszenia, a także zaawansowane nieklasyczne metody.

10	TD 20: Structures & Pyrotechnics (Struktury oraz pirotechnika)	Technologie oraz metody związane z projektowaniem, analizą, produkcją oraz testowaniem materiałów/struktur dla obiektów kosmicznych, struktury rozkładane, wysokostabilne oraz wytrzymałe, struktury gorące, a także tarcze przeciw uderzeniom meteorytów i śmieci kosmicznych, pirotechnika.
11	TD 24: Materials and Processes (Materiały i procesy)	Zakres domeny Materiały i procesy obejmuje m. in.: fizykochemiczne właściwości materiałów, mechanikę materiałów, oraz procesy wytwarzania, modelowanie materiałów, badania nieniszczące, „starzenie się” materiałów i technologii oraz ich ponowne wykorzystanie i niezawodność, wpływ naziemnych i kosmicznych czynników na materiały, technologie przyrostowe (Additive manufacturing), a także materiały kompozytowe.

TABELA 7 NAJWAŻNIEJSZE DOMENY TECHNOLOGICZNE WSKAZYWANE PRZEZ KRAJOWE PODMIOTY REALIZUJĄCE PROJEKTY W RAMACH PROGRAMÓW I MISJI EUROPEJSKIEJ AGENCJI KOSMICZNEJ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” i informacji ESA o programie PLIIS.

3.3 Eksploracja kosmosu

3.3.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach:

a. ESA

Projekty związane z eksploracją kosmosu, w tym zwłaszcza Marsa oraz Księżycą, były realizowane przez polskie podmioty w ramach kilku ważnych programów ESA, zarówno opcjonalnych, jak i obowiązkowych, a także w ramach specjalnego programu wsparcia w okresie przejściowym członkostwa Polski w tej agencji, tzn. PLIIS. Poniżej są opisane najważniejsze z nich.

Program Wsparcia Polskiego Przemysłu (PLIIS – Polish Industry Incentive Scheme)

– program ten służył wspieraniu budowy kompetencji polskiego sektora kosmicznego i jego integracji z programami i działaniami ESA. w jego ramach odbywały się

przetargi adresowane wyłącznie na polski rynek, nadzorowane przez specjalny Zespół Zadaniowy PL-ESA (Task Force PL-ESA). Budżet PLIIS wynosił 45% polskiej składki obowiązkowej do ESA podczas tzw. okresu przejściowego, który trwał od 2012 r. do końca 2019 r. w ramach programu podmioty prowadzące działalność w Polsce mogły realizować własne projekty w czterech, następujących kategoriach: studia wykonalności, projekty badawczo-rozwojowe, aplikacje wykorzystujące dane satelitarne z satelitów obserwacyjnych Ziemi i nawigacyjnych, a także urządzenia lotne.

W ramach programu wykonywane zostały także następujące projekty związane z eksploracją robotyczną.

Tytuł projektu	Opis	Podmiot	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
Low gravity regolith analogue facility for ISS	Opracowanie analogu urządzenia do badania regolitu, które ma być stosowane na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Jako cel długoterminowy, urządzenia do pobierania próbek i inne systemy powinny być testowane na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej przed rozpoczęciem pracy na statku o niskiej grawitacji.	CBK PAN	1/2018	12/2018
Packmoon	Urządzenie do pobierania próbek przeznaczone do badania ciał o niskiej grawitacji.	CBK PAN	1/2015	4/2017
Grippers testing on air bearing table	Testowanie dostępnych w ESA chwytaków planowanych do misji deorbitacyjnej na stole z łożyskiem powietrznym w celu sprawdzenia ich działania podczas kontaktu. Stół z łożyskiem powietrznym jest szczególnie przydatny w takich testach, ponieważ zachowuje moment pędu układu.	CBK PAN	1/2018	12/2018

Elastic joint development based on cycloidal gear and direct drive	Opracowanie elastycznego przegubu dedykowanego dla ramienia robotycznego, redukującego drgania ramienia poprzez zastosowanie specjalnej głowicy przekładni cykloidalnej, napędu bezpośredniego oraz elementów sprężystych.	CBK PAN	6/2018	6/2020
--	--	---------	--------	--------

TABELA 8 PROJEKTY PLIIS ZWIĄZANE Z EKSPLOACJĄ ROBOTYCZNĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz raportu ESA z 17.06.2020 r. p. t. „End of Transition Measures Review Report for Poland”

Program obowiązkowy ESA dotyczący rozwoju ogólnych technologii generycznych **Basic Technology Research Programme (TRP)** to program badawczy, w ramach którego rozwijane są nowe technologie generyczne na niższym poziomie gotowości (TRL 1-TRL 4), bez przypisywania jeszcze ich wyników do konkretnych obszarów działalności kosmicznej. Jest to program, który poprzedza program GSTP, który z kolei wspiera projekty badawczo-rozwojowe na średnim poziomie gotowości, tzn. od TRL 4 do TRL 6.

Lista projektów z polskim udziałem w ramach tego programu przedstawia się następująco:

Tytuł projektu	Opis	Podmiot	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
Lemur manipulator upgrade	Przeprowadzenie testów manipulatora Lemur na obiekcie firmy GMV. Testy umożliwią modernizację systemu sterowania i budowę interfejsu zawierającego system sterowania.	CBK PAN	11/2015	11/2016
Small reconfigurable arm development for cubesat size missions	W oparciu o wiedzę zdobytą w ramach prac nad ramieniem Lemur, planowany jest rozwój jego pomniejszonej wersji, która będzie wykorzystywana w przyszłych misjach z wykorzystaniem satelitów typu cubesat.	CBK PAN	1/2019	12/2020

Stable space robot control system development for nonsynchronous capture maneuver	Alternatywny system sterowania dla S/C i manipulator wykonujący manewr przechwycenia wykluczając założenie o synchroniczności ruchu S/C.	CBK PAN	1/2018	6/2019
Air bearing table upgrade to tests S/C GNC systems	Ulepszenie stołu z łożyskami powietrznymi o specjalne łożyska powietrzne w formie kulistej, w celu testowania systemów S/C GNC.	CBK PAN	1/2018	10/2019
Clamping mechanism	Mechanizm musi zapewniać sztywne połączenie pomiędzy satelitą serwisującym i satelitą klienta). Mechanizm zaciskowy jest w stanie dostosować się do napotkanych przeszkód, zaciskając się w innej pozycji.	SENER Sp. z o.o.	04/2017	04/2019

TABELA 9 PROJEKTY TRP ZWIĄZANE Z EKSPLOACJĄ ROBOTYCZNĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” i informacji ESA o programie TRP.

Program rozwoju ogólnych technologii (GSTP) wspiera rozwój technologiczny państw członkowskich ESA na każdym etapie ich cyklu życia: od najwcześniejszej koncepcji lub demonstratora wykonalności do technologii lub produktu, który został wdrożony i gotowy do przyjęcia i stosowania przez użytkownika, zarówno w ESA, jak i na całym świecie. GSTP adresuje m. in. działania dotyczące najnowszych technologii cyfrowych takich jak sztuczna inteligencja w zastosowaniach kosmicznych, integracja inteligentnych systemów robotyki Ziemi, inteligentne przetwarzanie danych z ładunków użytkowych satelitów, systemy pokładowe, innowacyjne techniki kontroli misji w celu zwiększenia automatyzacji i autonomii operacji oraz cyberbezpieczeństwo i bezpieczeństwo, ze względu na rosnącą podatność infrastruktury cyfrowej na ziemi i na orbicie na wrogie działanie.

Lista projektów z polskim udziałem w ramach tego programu przedstawia się następująco:

Tytuł projektu	Opis	Podmiot	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
Clamping Mechanism	Mechanizm musi zapewniać sztywne połączenie pomiędzy dwoma obiektami (satelitą serwisującym i satelitą klienta). Mechanizm zaciskowy jest w stanie dostosować się do napotkanych przeszkód, zaciskając się w innej pozycji.	SENER Sp. z o.o.	09/2015	12/2016
Lunar drill development	Mechanizm wbijający się zostanie wyposażony w napęd skrętny oraz moduł uderowy, który nada siłę osiową wzmacniającą konwencjonalny proces wiercenia.	Astronika Sp. z o.o.	10/2014	12/2017
Air bearing table upgrade	Stół z łożyskiem powietrznym przeznaczony do testowania manewrów orbitalnych robota kosmicznego oraz operacji lądownika na ciałach o niskiej grawitacji.	CBK PAN	5/2015	12/2016
Grippers testing on air bearing table	Testowanie dostępnych w ESA chwytaków planowanych do misji deorbitacyjnej na stole z łożyskiem powietrznym w celu sprawdzenia ich działania podczas kontaktu. Stół z łożyskiem powietrznym jest szczególnie przydatny w takich testach, ponieważ zachowuje moment pędu układu.	CBK PAN	1/2018	12/2018
International Berthing and Docking Mechanism for ISS	Opracowanie ustandaryzowanego systemu cumowania i dokowania do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS).	SENER Sp. z o.o.	06/2015	11/2018
Hammering Mechanism for ProsEED (PROSPECT Excavation and Extraction Drill)	Opracowanie i wykonanie mechanizmu wbijającego się pod powierzchnię oraz poboru próbki regolitu na misję księżycową ESA PROSPECT.	Astronika Sp. z o.o.	01/2016	10/2018

TABELA 10 PROJEKTY GSTP ZWIĄZANE Z EKSPLOACJĄ ROBOTYCZNĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” i informacji ESA o programie GSTP.

European Exploration Envelope Programme (E3P) jest najważniejszym, europejskim programem w obszarze eksploracji, zarówno załogowej, jak i bezzałogowej, a także lotów załogowych i mikrogravitacji. Jest to program opcjonalny Europejskiej Agencji

Kosmicznej. Został on zapoczątkowany w roku 2016 i trwał do 2019 r. Obecnie realizowana jest jego druga edycja na lata 2019-2022. w programie od samego początku (2016 r.) uczestniczy także Polska. Polska subskrypcja w pierwszym okresie wynosiła 3,8 mln euro, natomiast na polska składka do E3P na lata 2019-2022 wynosi 6 mln euro. E3P to program kopertowy składający się z kilku elementów. Umożliwia przenoszenie swoich aktywności i budżetu poszczególnych krajów członkowskich w ramach tego programu pomiędzy poszczególne komponenty.

W skład programu E3P wchodzi 4 obszary (COERNERSTONES):

1. loty załogowe do niskiej orbity oraz eksploatacja Międzynarodowej Stacji Kosmicznej „ISS”;
2. loty załogowe poza niską orbitę - humans beyond LEO (udział ESA w misji NASA Gateway),
3. eksploracja księżycowa - Lunar robotic,
4. eksploracja Marsa - Mars robotic: udział ESA w misji NASA Mars Sample Return.

Program obejmuje też dwa elementy, które będą realizowane w wszystkich czterech obszarach: badania naukowe dot. eksploracji – SciSpaceE, a także rozwój technologii przydatnych w misjach załogowych i robotycznych.

Lista projektów w ramach programu E3P jest przedstawiona poniżej:

Tytuł projektu	Opis	Podmiot	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
Packmoon (sampling device) testing in low gravity / low vacuum environment	Aktualizacja projektu Packmoon umożliwiająca pracę w środowisku o niskiej grawitacji / niskiej próżni.	CBK PAN	1/2018	12/2019
STABLE	Opracowanie prototypu ramienia robotycznego znajdującego się na pokładzie łazika marsjańskiego w ramach misji Mars Sample Return, którego zadaniem będzie pobór próbek gruntu marsjańskiego do dalszych badań.	PIAP Space Sp. z o.o.	25.03.2019	30.11.2019

ROVER SPEED CHARACTERIZATION FOR LUNAR EXPLORATION (RACER)	Projekt dotyczy charakterystyki, oceny prędkości oraz najważniejszych parametrów łazika, który będzie wykorzystywany do misji eksploracyjnych na Księżyc.	PIAP Space Sp. z o.o.	17.12.2018	31.10.2020
Umbilical Release Mechanism	Zaprojektowanie i wykonanie mechanizmu elektryczno-mechanicznego na potrzeby misji łazika marsjańskiego ESA ExoMars.	SENER Sp. z o.o.	04/2017	10/2019

TABELA 11 PROJEKTY E3P ZWIĄZANE Z EKSPLOACJĄ ROBOTYCZNĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” i informacji ESA o programie E3P.

b. Program UE Horyzont 2020

Jednym z narzędzi na rozwój innowacyjności Unii Europejskiej są realizowane programy badawczo-rozwojowe. w zakresie robotyki projekty mogły być realizowane w największym programie badawczo-rozwojowym UE p. n. Horyzont 2020.

Program Ramowy Unii Europejskiej Horyzont 2020 jest największym w historii Unii programem w zakresie badań naukowych i innowacji. Był realizowany w latach 2014-2020. Swoim zakresem obejmuje trzy dotychczas odrębne programy wspierania badań na poziomie unijnym. Są to:

- 7. Program Ramowy UE w zakresie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (FP7),
- dedykowana innowacyjności część Programu Ramowego na Rzecz Konkurencyjności i Innowacji,
- działania Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT).

W ciągu 7 lat (2014 – 2020) na nowatorskie badania i innowacyjne rozwiązania przeznaczone zostanie łącznie 77 028,3 mln euro. Ponad 1,4 miliarda euro zostało przeznaczone na program Horyzont 2020 na wsparcie konkurencyjności Europy w badaniach kosmicznych.

Wykaz projektów dotyczących eksploracji kosmicznej jest przedstawiony w poniższej tabeli:

Tytuł projektu	Opis	Data rozpoczęcia	Data zakończenia	Podmiot
Młodzież dla Kosmosu - ODYSSEUS II	Głównym celem projektu jest zainspirowanie i zaangażowanie młodych ludzi z całej Europy w temat eksploracji kosmosu poprzez szereg działań edukacyjnych łączących naukę z zajęciami praktycznymi. Innym celem jest także współpraca z przemysłem kosmicznym oraz wieloma ośrodkami naukowymi i agencjami kosmicznymi w zakresie wymiany doświadczeń i wiedzy na temat programów nauczania o eksploracji kosmosu.	01.01.2015	31.12.2017	CENTRUM BADAN KOSMICZNYCH PAN
I3DS Zintegrowany pakiet czujników 3D	Platforma I3DS (zintegrowane czujniki 3D) to ogólny i modułowy system odpowiadający na potrzeby misji eksploracji kosmosu. Składa się z najnowocześniejszych czujników i urządzeń oświetleniowych zintegrowanych w spójną konstrukcję jako wymienne elementy składowe i ukierunkowanych na szeroki zakres misji, takich jak misje międzyplanetarne, misje latające w formacji, niewspółpracujące ze sobą cele, takie jak misje usuwania szczątków i kooperatywne spotkania: serwisowanie, lądowiki, łaziki itp.	01.12.2016	31.01.2019	SIEC BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - PIAP

<p>I3DS Zintegrowany pakiet czujników 3D</p>	<p>Platforma I3DS (zintegrowane czujniki 3D) to ogólny i modułowy system odpowiadający na potrzeby misji eksploracji kosmosu. Składa się z najnowocześniejszych czujników i urządzeń oświetleniowych zintegrowanych w spójną konstrukcję jako wymienne elementy składowe i ukierunkowanych na szeroki zakres misji, w tym: misje międzyplanetarne i latające w formacji.</p>	<p>01.01.2017</p>	<p>30.04.2019</p>	<p>Hertz Systems S.A.</p>
<p>PRO-ACT: Roboty planetarne wdrożone do zadań montażowych i konstrukcyjnych</p>	<p>Projekt dotyczy ustanowienia, przy wsparciu mobilnych platform robotycznych, pionierskiej bazy księżycowej z niezbędnymi możliwościami przygotowania do komercyjnej eksploatacji zasobów Księżyca poprzez utworzenie systemu wydobywania i wykorzystywania zasobów ISRU. Będzie to w szczególności obejmować ekstrakcję tlenu z regolitu, który będzie służył jako utleniacz do paliwa i do wytwarzania sztucznej atmosfery w osadach, a także drukowanie w technologii 3D odpowiednich konstrukcji przy użyciu regolitu.</p>	<p>01.02.2019</p>	<p>31.01.2021</p>	<p>SIEĆ BADAWCZA LUKASIEWICZ - PIAP</p>

EROSS-Europejskie usługi wsparcia orbitalnego robotów	Celem EROSS (European Robotic Orbital Support Services) jest zademonstrowanie europejskich rozwiązań dla serwisu obsługiwanych satelitów LEO / GEO, umożliwiających szeroki zakres wydajnych i bezpiecznych usług wsparcia orbitalnego. Projekt oceni i zademonstruje zdolność statku kosmicznego obsługującego orbitę do wykonywania spotkań, przechwytywania, chwytania, cumowania i manipulowania współpracującym satelitą klienckim (celem) przeznaczonym do obsługi operacji, w tym tankowania i transferu / wymiany ładunku.	01.02.2019	31.01.2021	PIAP Space Sp. z o.o.
SUMA dofinansowania (euro)	1 403 550			

TABELA 12 PROJEKTY DOTYCZĄCE EKSPLOKACJI KOSMICZNEJ W H2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji KE

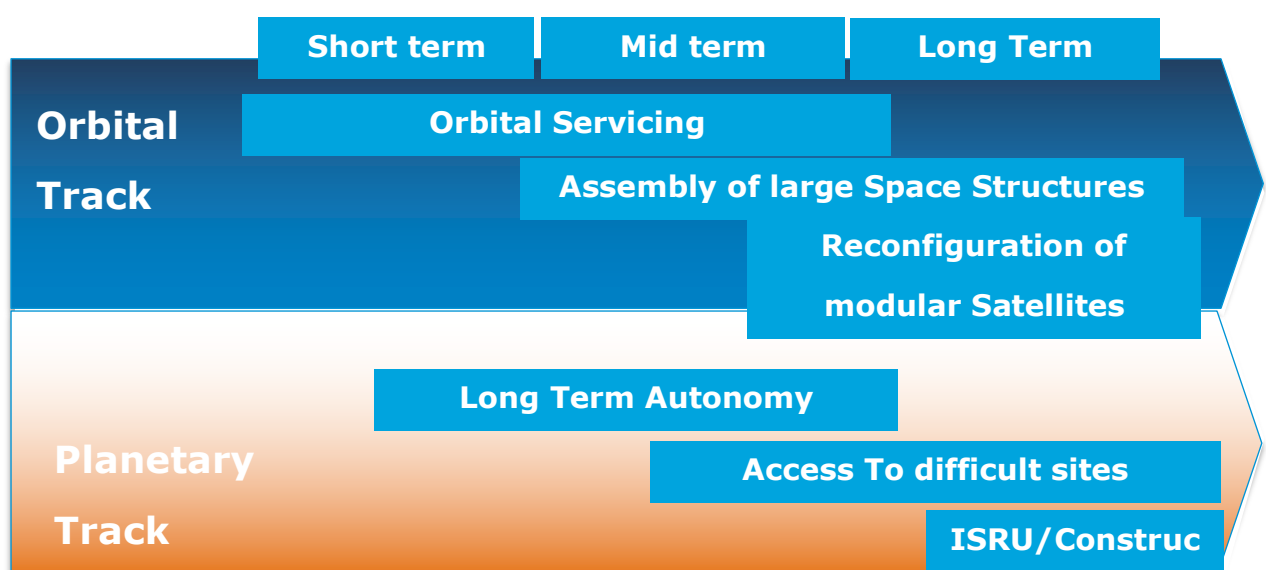
Eksploracja robotyczna jest także bardzo mocno wspierana przez Unię Europejską w ramach jej programów ramowych na działalność badawczo-rozwojową w segmencie kosmicznym. w 2014 r. Komisja Europejska zainicjowała projekt pod nazwą Strategiczny Klaster Badawczy w robotyce kosmicznej (Strategic Research Cluster in Space Robotics). Akronim tego projektu to PER ASPERA. Wspiera on rozwój technologii związanych z robotyką kosmiczną, która należy do obszarów działalności kosmicznej istotnych z punktu widzenia europejskiego interesu gospodarczego. Finansowanie działań w tej dziedzinie odbywa się poprzez program UE Horyzont 2020. Celem inicjatywy PER ASPERA jest wspieranie kompetencji

europejskiego przemysłu w zakresie robotyki planetarnej oraz orbitalnej, zapewnienie podmiotom w Europie przewagi konkurencyjnej i demonstracja w przestrzeni kosmicznej kluczowych technologii związanych z tymi obszarami działalności.

Od samego początku, tj. od roku 2014, ważną rolę w zarządzaniu projektem i wdrażaniu celów określonych przez KE zajmuje europejskie konsorcjum (PSA, Program Support Activities), w skład, którego wchodzi ESA (koordynator projektu) oraz następujące agencje narodowe: DLR, CDTI, CNES, ASI oraz UK Space. Pod koniec 2019 r. do konsorcjum dołączyła także Polska Agencja Kosmiczna. Główne zadania konsorcjum to:

- przygotowanie mapy drogowej w zakresie robotyki kosmicznej,
- definiowanie zagadnień do trzech konkursów: 2016, 2018 i 2020,
- definiowanie propozycji tematów konkursów w ramach Horyzont Europa,
- wsparcie doradcze i techniczne dla KE/REA,
- ogólny nadzór nad wdrażaniem klastra PERASPERA,
- monitorowanie osiągnięcia celów w projekcie.

Ogólna mapa drogowa projektu EU SRC in Space Robotics PER ASPERA, przedstawia się następująco:



Źródło: PER ASPERA

W projekcie o nazwie Strategiczny Klaster Badawczy w Robotyce Kosmicznej (Strategic Research Cluster in Space Robotics) o akronimie PER ASPERA Polska Agencja Kosmiczna uczestniczy od niedawna, formalnie od marca 2019 r. Pomimo to, udział w tym grantie systemowym dotyczącym zarządzania projektem PER ASPERA przyczynia się do wzrostu zainteresowania polskich podmiotów tą inicjatywą. Powinno to doprowadzić do zwiększonego udziału krajowych podmiotów w projektach badawczo-rozwojowych KE w tym obszarze.

c. NCBiR

Jednym z głównych zadań Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) jest zarządzanie i realizacja strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych, które bezpośrednio przekładają się na rozwój innowacyjności. Zadania NCBR to to np. wspieranie komercjalizacji i innych form transferu wyników badań naukowych do gospodarki, zarządzanie programami badań stosowanych oraz realizacją projektów z obszaru obronności i bezpieczeństwa państwa. NCBR stara się także zapewnić dobre warunki dla rozwoju kadry naukowej, realizując np. międzynarodowe programy mobilności naukowców. w ramach programów NCBiR można realizować projekty związane z eksploracją kosmiczną.

W 2019 roku Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ogłosiło konkurs dedykowany dla sektora kosmicznego na Wsparcie badań przemysłowych i eksperymentalnych prac rozwojowych lub eksperymentalnych prac rozwojowych dla ścieżki tematycznej: TECHNOLOGIE KOSMICZNE. Budżet konkursu wynosił 300 mln zł (w tym 50 mln PLN województwie mazowieckim oraz 250 mln PLN w innych województwach). Konkurs 5/1.1.1/2019 Szybka ścieżka „Technologie kosmiczne” ogłoszony był

w ramach Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.

Dotychczas, w ramach programów NCBiR realizowane są lub też zakończyły się już następujące projekty:

Tytuł projektu	Podmiot	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
MARS - Komercyjna dostępna technologia dźwigni ze zintegrowanymi detektorami ugięcia dla mikroskopii bliskich oddziaływań	IGHT s. c. Ignacy Mościcki Grzegorz Kaszyński	01.09.2019	31.08.2022
Opracowanie i walidacja modelu laboratoryjnego robota kosmicznego zawierającego układ silników resistojet	Centrum Badań Kosmicznych PAN	01.01.2015	31.12.2017
Penetrator planetarny do badań geologicznych na misję kosmiczną	Centrum Badań Kosmicznych PAN	01.06.2015	30.09.2019
ReMY - Remote Mars Yard	ABM SPACE Sp. z o. o.	01.02.2017	31.05.2019
Symulator warunków panujących na Marsie jako narzędzie dydaktyczne oraz deweloperskie	ONE MORE LEVEL S. A.	01.01.2018	30.04.2019
System do sondowania powierzchni Marsa EXOMHYDR - Magmatic plumbing systems and tectonic control of hydrothermal activity on Mars revealed by ExoMars/TGO: constraints for life and resources	Centrum Badań Kosmicznych PAN	01.12.2017	30.11.2020
Przystanek - 4 planeta od Słońca!	AKADEMIA POMORSKA w Słupsku	01.09.2018	31.03.2020
Opracowanie modelu automatycznej wiertnicy rdzeniowej do pracy w ekstremalnych warunkach, w szczególności w środowisku kosmicznym, do badań podpowierzchniowych	Centrum Badań Kosmicznych PAN	01.12.2012	30.11.2015
SUMA dofinansowania (PLN)	15 168 800		

TABELA 13 PROJEKTY DOTYCZĄCE EKSPLOARACJI KOSMICZNEJ W NCBiR

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji NCBiR

d. NCN

Narodowe Centrum Nauki (NCN) wspiera szeroko rozumianą działalność naukowo-badawczą, tak w obszarze krajowym, jak i wymiarze międzynarodowym. Rada Narodowego Centrum Nauki przyjęła za podstawę procesu kwalifikacji i oceny projektów badawczych podział na 25 paneli dziedzinowych (dyscyplin lub grup dyscyplin), tematycznie pokrywających cały obszar badań naukowych, w trzech głównych działach. w obszarze eksploracji kosmicznej sfinansowane zostały dotychczas następujące projekty w ramach różnych paneli naukowych NCN:

Tytuł projektu	Podmiot	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
Zasoby surowców metalicznych i ich złoża na ciałach macierzystych chondrytów zwyczajnych	Politechnika Wrocławska	05.09.2012	04.03.2016
Badanie struktury podpowierzchniowej gruntu marsjańskiego metodą analizy parametrów rezonansu Schumannna	Uniwersytet Jagielloński	26.03.2014	25.03.2016
Planety innych słońc	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń	12.07.2016	11.07.2020
Tomografia gruntu Marsa przy zastosowaniu rozwiązań odwrotnych do fal ELF generowanych przez burze piaskowe w falowodzie grunt - jonosfera	Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica - Kraków	18.10.2016	17.10.2020
SUMA dofinansowania (PLN)	1 715 000		

TABELA 14 PROJEKTY DOTYCZĄCE EKSPLORACJI KOSMICZNEJ W NCN

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji NCN

3.3.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:

Poniższy wykres prezentuje udział podmiotów według ich struktury w projektach eksploracyjnych w ramach programów: ESA, UE, NCBiR oraz NCN:

Struktura podmiotowa (%) w programach instytucji krajowych i międzynarodowych

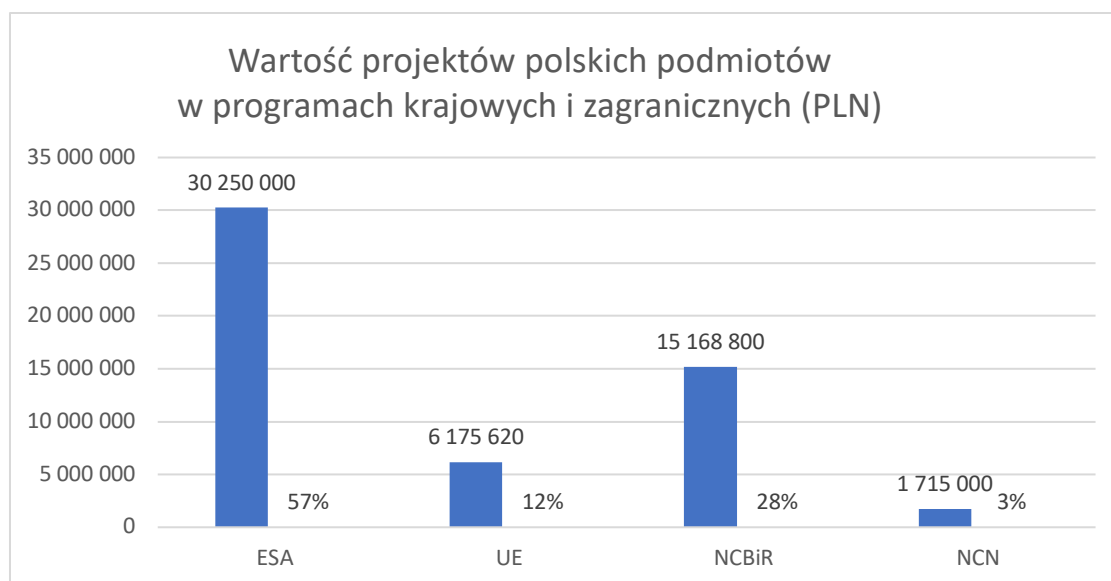


RYSUNEK 21 UDZIAŁ PODMIOTÓW WEDŁUG ICH STRUKTURY W PROJEKTACH EKSPLORACYJNYCH W RAMACH PROGRAMÓW: ESA, UE, NCBiR ORAZ NCN

Źródło: opracowanie własne na podstawie listy projektów związanych z eksploracją kosmiczną w latach 2012-2019: NCBiR, NCN, ESA oraz UE Horyzont 2020.

Z powyższego wykresu wynika, że istnieje równowaga pomiędzy udziałem instytucji naukowo-badawczych oraz przemysłu w realizacji projektów eksploracyjnych. Duży udział instytucji naukowo-badawczych wynika z faktu, że eksploracja kosmiczna jest ściśle powiązana z badaniami naukowymi, które odgrywają ważną rolę i inicjują późniejsze działania związane z rozwojem konkretnych technologii niezbędnych w eksploracji planetarnej. Można jednakże oczekiwać, że wraz z potrzebą produkcji konkretnych urządzeń przemysłowych i sprzętu oraz realizacją przez przemysł przyszłych misji, jak np. Mars Sample Return, Gateway, czy komercyjne misji księżycowe, udział firm w realizacji projektów w tej dziedzinie będzie wzrastał w kolejnych latach.

Poniższy wykres przedstawia wartość projektów w obszarze eksploracji kosmicznej w podziale na instytucje finansujące, wraz z ich procentowym udziałem w całkowitej wartości.



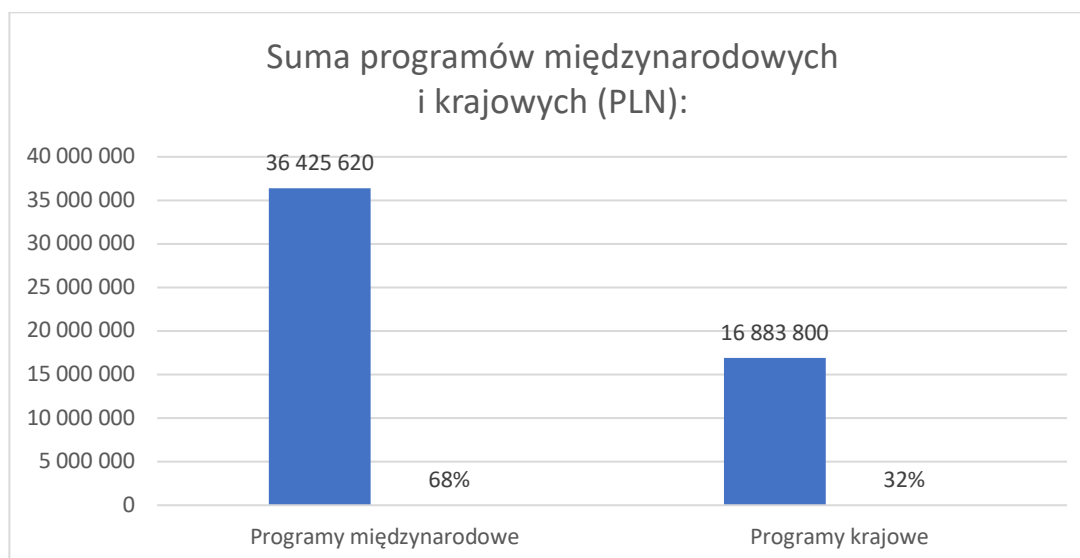
RYSUNEK 22 WARTOŚĆ PROJEKTÓW W OBSZARZE EKSPLORACJI KOSMICZNEJ W PODZIALE NA INSTYTUCJE FINANSUJĄCE

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Zdecydowanie największe znaczenie mają tutaj programy ESA. Wynika to z kilku faktów, w tym: programy i misje ESA są dla podmiotów najbardziej atrakcyjne, ponieważ pozwalają na rozwój i przetestowanie technologii w warunkach operacyjnych aż do najwyższego, lotnego poziomu. Ponadto ESA współpracuje intensywnie z NASA, co umożliwia polskim podmiotom ubieganie się o udział w misjach i programach NASA. Należy także zauważyć, że uczestnicząc w programach i misjach ESA krajowe podmioty mają szansę na współpracę z czołowymi firmami tego sektora w Europie (Airbus D&S, Thales Alenia Space, Leonardo, OHB, Ariane Space). Inny, ważny powód to ten, że w ramach ESA istnieje duża różnorodność programów (zarówno obowiązkowych, jak i opcjonalnych), które są dla Polski dostępne, a ta agencja w przeciwieństwie do programów UE gwarantuje tzw. zwrot geograficzny dla krajów członkowskich tej agencji.

Jeśli, oprócz programów ESA uwzględnić także program UE Horyzont 2020, to widać wyraźnie, że programy międzynarodowe stanowiły dotychczas podstawowe narzędzie wsparcia dla polskich podmiotów i podstawowy środek realizacji projektów

badawczo-rozwojowych, zapewniając jednocześnie największe szanse na udział w misjach kosmicznych w kierunku Marsa, Księżycy, czy innych ciał niebieskich.



RYSUNEK 23 SUMA PROGRAMÓW MIĘDZYNARODOWYCH I KRAJOWYCH (PLN)

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym”

Dzięki udziałowi polskich podmiotów w ważnych misjach związanych z eksploracją kosmiczną do Marsa i Księżycy oraz innych planet lub planetoid, jak m. in.: Rosetta, Phobos-Grunt, InSight polskie podmioty osiągnęły już najwyższy, dziewiąty poziom gotowości technologii. Dotyczy to zwłaszcza urządzeń mechanicznych, jak: urządzenia do pobierania próbek, mechanizmy pracujące w warunkach zbliżonych do próżni, urządzenia wbijające się do badań podpowierzchniowych, systemy i czujniki kontrolne. Tego typu urządzenia mogą być polską specjalizacją i z powodzeniem komercjalizowane lub wykorzystywane w międzynarodowych misjach ESA, NASA, czy innych agencji narodowych.

Inną dziedziną, w której doświadczenie i potencjał krajowego przemysłu mogłyby być wykorzystany jest produkcja komponentów do systemów robotyki orbitalnej i planetarnej, w skład której wchodzi m.in. mechanizmy do chwytania, ramiona robotyczne, systemy kontrolne, łączniki, sensory ruchu, siatki do przechwytywania śmieci kosmicznych, czy też systemy anten. Dzięki zakończonym lub trwającym

projektom w ramach programów ESA oraz programu UE Horyzont 2020 rozwinięte tego typu technologie osiągnęły już poziom gotowości TRL 5 do TRL 7. Kontynuacja prac nad tego typu technologiami w ramach programu opcjonalnego ESA E3P, w tym na potrzeby misji eksploracyjnej na Marsa – Mars Sample Return, jak również w ramach programu UE Horyzont Europa, w tym zwłaszcza udziału w planowanej na lata 2025-2026 misji demonstrującej rozwój technologii robotycznych powinien umożliwić osiągnięcie docelowego poziomu TRL 9.

Na podstawie dotychczas realizowanych przez polskie podmioty projektów w ramach różnych programów ESA (PLIIS, GSTP, MREP, E3P Period 1), a także programu UE Horyzont 2020, preferowane przez polskie podmioty dziedziny w zakresie robotyki i automatyki można podzielić na następujące grupy:

- „Eksploracja podpowierzchniowa”: urządzenia do pobierania próbek, mechanizmy pracujące w warunkach zbliżonych do próżni, urządzenia do testowania i do nawigacji podpowierzchniowej, systemy i czujniki kontrolne oraz górnictwo kosmiczne,
- Komponenty dla robotycznych systemów orbitalnych, w tym: systemy kontrolne, łączniki, sensory ruchu, mechanizmy do przytrzymywania innych obiektów jak chwytaki, do dokowania i cumowania, ramiona robotyczne, a także struktury rozstawne,
- Upowszechnianie wiedzy o działalności kosmicznej w Europie wśród studentów, młodzieży i opinii publicznej, w tym m. in. takie działania jak: konferencja naukowa „CARO” organizowana co dwa lata przez CBK PAN, odbywające się w Polsce od 2014 r. europejskie zawody łazików marsjańskich „European Rover Challenge”, a także wykłady i zajęcia dla studentów prowadzone na takich uczelniach jak: AGH w Krakowie, Politechnika Łódzka, Politechnika Poznańska, Politechnika Wroclawska oraz Politechnika Warszawska.

W ramach programu eksploracji załogowej i bezzałogowej ESA E3P największe szanse dla polskich podmiotów są w następujących elementach programu:

1. Udział ESA w misji eksploracyjnej p. n. Gateway, w tym:
 - system ESPRIT (European Systems Providing Refuelling, Infrastructure and Telecommunication) – Europejski system do tankowania, infrastruktury i telekomunikacji.
2. Udział w robotycznych misjach księżycowych, w tym:
 - projekt HERACLES - Human-Enabled Robotic Architecture and Capability for Lunar Exploration and Science,
3. Udział w misji Mars Sample Return, w tym w następujących elementach:
 - łazik ESA Sample Fetch Rover,
 - ramię robotyczne Sample Transfer Arm,
4. Udział w rozwoju technologii przydatnych w eksploracji w ramach EXPERT np.:
 - napęd chemiczny,
 - technologie podtrzymujące życie,
 - technologie dot. pozyskiwania na miejscu zasobów (ISRU) w oparciu o polskie mechanizmy podpowierzchniowe i drylujące,
 - robotyka i sztuczna inteligencja.
5. Badania naukowe w warunkach mikrogravitacji, np. badania na stacji ISS, medycyna kosmiczna i wpływ warunków kosmicznych na człowieka, Drop Tower/ZARM Bremen, loty suborbitalne i paraboliczne.

3.3.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru

Z punktu widzenia podejmowania wyzwań przygotowania się do udziału w specjalistycznych misjach eksploracyjnych i rozwijania polskiego, zdobytego już doświadczenia w przygotowywaniu instrumentów do badań podpowierzchniowych oraz demonstratorów technologicznych związanych z procesami wiercenia w materiałach o zróżnicowanej porowatości w warunkach mikrogravitacji, istnieje

konieczność prowadzenia i rozwijania prac B+R w kilku kluczowych obszarach tematycznych. Do najważniejszych z nich należą:

- robotyka kosmiczna, w tym szczególnie: układy robotyczne pozwalające na autonomiczne poruszanie się na powierzchni planety czy asteroidy, manipulatory, systemy sterowania, zdolności przeprowadzenia manewrów na powierzchni planety;
- systemy wiercenia, systemy pobierania i transportu próbek, penetrometria, instrumenty działające w warunkach mikrogravitacji na rzecz poboru, analizy i transportu surowców/regolitu;
- badania powierzchniowe i podpowierzchniowe planet oraz drobnych ciał Układu Słonecznego, w tym analiza materiałów sypkich i regolitu, prace and analogami gruntów planetarnych, modelowanie planetarnych zjawisk podpowierzchniowych, astrosejsmologia, geologia kosmiczna i geochemia;
- planetologia, w tym metody diagnostyki atmosfer planetarnych;
- habitaty i tworzenie struktur z regolitu, w tym zagadnienia druku 3D.

Dzięki udziałowi w programach i misjach Europejskiej Agencji Kosmicznej, a także w projektach badawczo-rozwojowych Unii Europejskiej, krajowe podmioty przemysłowe oraz badawczo-naukowe uzyskują konkretne i wymierne korzyści. Wśród nich najważniejsze to m.in.:

- możliwość włączania się w projekty w zakresie robotyki orbitalnej i planetarnej komplementarne do inicjatyw ESA oraz udziału w misjach technologicznych we współpracy z największymi podmiotami europejskim (np. Airbus D&S, Thales Alenia Space, OHB),
- możliwość przetestowania i doskonalenia posiadanych technologii w zakresie robotyki orbitalnej (np. serwisowanie satelitów, montaż na orbicie, podtrzymywanie funkcji satelitów, tankowanie) i planetarnej (np. eksploracja powierzchniowa, pobieranie próbek materiału spod powierzchni, autonomia ruchu

w nieznanym środowisku planetarnym i pokonywanie długiego dystansu i naturalnych przeszkód),

W ten sposób, ww. korzyści przyczyniają się do pełniejszej realizacji Polskiej Strategii Kosmicznej przyjętej przez Rząd RP w 2017 r., przede wszystkim w zakresie celu nr 1, którym jest wzrost konkurencyjności polskiego sektora kosmicznego i zwiększenie jego udziału w obrotach europejskiego sektora kosmicznego.

Udział podmiotów z Polski w międzynarodowych przedsięwzięciach z tej dziedziny otwiera też nowe możliwości promocji na forum ogólnoświatowym polskich technologii, specjalizacji i osiągnięć naukowych w zakresie planetarnej robotyki kosmicznej. Warto również zwrócić uwagę na znaczenie projektów edukacyjnych realizowanych przez studentów, zwłaszcza biorących udział w konkursie European Rover Challenge, które przyczyniają się do upowszechniania świadomości i wiedzy wśród młodego pokolenia profesjonalistów i zdobywania przez nich doświadczenia umożliwiającego im realizację kariery zawodowej w dziedzinie budowy zrobotyzowanych systemów.

3.4 Systemy wynoszenia

Obserwując segment środków wynoszenia można zauważyć kontynuację zwiększonego zainteresowania technologią małych rakiet nośnych, zwłaszcza przez prywatne firmy. Przeprowadzone zostały kolejne udane starty rakiety Electron firmy Rocket Lab. Swój lot kosmiczny odbyła amerykańska rakiet Astra, a chiński start-up i-Space zademonstrował udany lot swojej konstrukcji o nazwie Hyperbola-1. w Niemczech prace nad swoimi konstrukcjami rozpoczęły takie start-upy jak Rocket Factory Augsburg (spółka grupy OHB), HyImpulse oraz Isar Aerospace⁶. Na miejsca

⁶<https://spacenews.com/esa-awards-e1-5-million-to-three-german-launch-startups>

startowe rozważane są poligony w Szwecji (Esrange), w Norwegii (Andoya) oraz starty z platformy morskiej na Morzu Północnym. Andoya i Esrange ogłosiły plany rozwoju dotyczące infrastruktury, która ma umożliwić starty małych rakiet nośnych już w przyszłym roku. w polityce Europejskiej Agencji Kosmicznej zauważalne jest ukierunkowanie prac na rozwój platform pionowego startu i lądowania⁷. Jedną z krytycznych technologii w tym przypadku są silniki rakietowe o zmiennej wartości ciągu. Prace w tym obszarze realizowane są również w Polsce poprzez projekt realizowany przez Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa w ramach programu Future Launcher Preparatory Programme (ESA).

Świat ciągle poszukuje innowacyjnych metod obniżających koszt pojedynczego lotu kosmicznego. Rocket Lab przeprowadził test przechwytywania stopnia rakiety w powietrzu za pomocą helikoptera. Natomiast w opozycji do tradycyjnych rakiet, amerykańska firma SpinLaunch wraz z końcem roku zintensyfikowała prace nad rozwojem koncepcji wynoszenia ładunku na orbitę poprzez wyrzucanie satelitów z dużą prędkością z powierzchni Ziemi, bez użycia napędu rakietowego w pierwszym stopniu pojazdu.

Znaczące osiągnięcia zostały zrealizowane przez firmę SpaceX, która w maju przeprowadziła pierwszy lot załogowy z terytorium Stanów Zjednoczonych. Ostatni taki lot z terenów USA odbył się ponad 10 lat temu. Taki wyczyn nie udał się do tej pory żadnej firmie prywatnej. w grudniu natomiast doszło do lotu innowacyjnej, prototypowej konstrukcji Starship SN8 na pułap 12,5 km. Konstrukcja ta ma stanowić drugi stopień systemu transportowego rozwijanego przez SpaceX, który będzie wykorzystywany zarówno do transportu ładunku i pasażerów na orbitę jak i do podróży kosmicznych – także na Marsa.

⁷https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/ESA_plans_demonstration_of_a_reusable_rocket_stage

Ważnym trendem rozwojowym są także małe rakiety suborbitalne nowej generacji. NASA aktywnie poszukuje nowych konstrukcji umożliwiających testowanie eksperymentów w locie suborbitalnym. w Polsce rozwijane są rakiety hybrydowe pozwalające na realizację bardziej różnorodnych misji, oraz są bardziej elastyczne pod kątem warunków startowych, a także łatwiejsze w transporcie i przechowywaniu. Zmniejszenie rozmiarów rakiety przy zachowaniu wysokiego pułapu jest odpowiedzią na tzw. trend NewSpace i umożliwia realizację dedykowanych lotów małych urządzeń, bez konieczności oczekiwania na zebranie dodatkowych ładunków. Tym samym prowadzi to również do obniżenia kosztów startu. Podobnie, realizowanych jest coraz więcej projektów i demonstracji rakiet wielokrotnego użytku o pionowym starcie i lądowaniu. Jest to perspektywiczne zarówno pod kątem lotów suborbitalnych, jak i docelowych rakiet nośnych nowej generacji i przez wiele podmiotów jest postrzegane jako kluczowy krok pod kątem uzyskania globalnej konkurencyjności w zakresie realizacji misji orbitalnych.

Projekty zebrane w tabeli (rys. 1) prezentują zaangażowanie polskich podmiotów w obszarze technologii wynoszenia na poziomie narodowym i międzynarodowym. Z zebranych informacji wynika, że zakres projektowy pod względem rozwijanych technologii jest dosyć szeroki a część projektów się uzupełnia poprzez wykorzystanie dostępnych mechanizmów tj. NCBR oraz ESA.

Nazwa projektu	Finansowanie
Projekty dotyczące rakiet i ich komponentów	
Green Reignitable Throttleable Engine Study	ESA
Throttleable Liquid Propulsion Demonstrator	ESA
FROG, a Rocket for GNC Demonstrations	ESA
Investigation on the Key Issues for the Realisation of an Aerospike Rocket Engine	ESA
Silniki pomocnicze na paliwo stałe dla rakiet nośnych wykorzystujących paliwo ciekłe	NCBiR

Opracowanie technologii silników raketowych na ciekły materiał pędny do zastosowań w nośnikach raketowych nowej generacji	NCBiR
Rozwój rakiety ILR-33 BURSZTYN 2K	subwencyjne
Międzynarodowe kontrakty z zakresu napędów chemicznych	komercyjne
Projekty dotyczące satelitarnych napędów raketowych	
1N Monopropellant & 10N Bipropellant Dual Seat Thruster Valve Development	ESA
Green bipropellant apogee rocket engine for future spacecraft - Phase 2	ESA
Dual Flow Bipropellant Latching Valve Development	ESA
POLON - Polski moduł napędowy	NCBiR
10-20 N Green Bipropellant Thruster	ESA
Solid Propellant De-orbit Motor Engineering Model Development	ESA
Solid Propellant Rocket Motor Thrust Deflection System	ESA
Catalyst bed for 1N class HTP thruster	ESA
<40L monopropellant demisable tank	ESA
High Temperature Oxidation-Proof Advanced Structures for Future Rocket Engines	ESA
Assessment of High Performance Green Propellants	ESA
Powłoki z pamięcią temperatury dla badań i rozwoju technologii kosmicznych	NCBiR
SIR - sterowalna i odzyskiwalna rakietka suborbitalna z silnikiem hybrydowym SF1000 bazującym na ekologicznych materiałach pędnych	NCBiR

TABELA 15 PROJEKTY REALIZOWANE W OBSZARZE TECHNOLOGII WYNOŚZENIA PRZEZ POLSKIE PODMIOTY

Źródło: raport ESA i NCBiR

Do wiodących podmiotów w dziedzinie technologii raketowych należy zaliczyć Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, SpaceForest, Politechnikę Warszawską oraz firmę cim-Mes Projekt, która rozpoczęła współpracę z włoską firmą AVIO odpowiedzialną za budowę rakiety VEGA.

W minionym roku prowadziły one prace nad szeregiem projektów do których należy zaliczyć między innymi kontynuację prac nad rozwojem samej rakiety suborbitalnej ILR-33 BURSZTYN, która do tej pory odbyła trzy loty badawcze. Start z poligonu w Ustce i osiągnięcie pułapu 23 km w 2019 roku, udane odzyskanie rakiety z powierzchni Bałtyku pozwoliło na przejście do kolejnej fazy projektu. W 2020 roku opracowana została wersja 2K rakiety, która ma pozwolić na przekroczenie granicy 100 km. Zwiększenie osiągnięć zostanie zapewnione poprzez zastosowanie powiększonych silników pomocniczych.

Innym przykładem rozwojowym rakiety suborbitalnej jest „SIR - sterowalna i odzyskiwalna rakietka suborbitalna z silnikiem hybrydowym SF1000 bazującym na ekologicznych materiałach pędnych”. Projekt zakłada budowę komercyjnej rakiety suborbitalnej o nazwie PERUN, zdolnej do wynoszenia ładunku o masie 50 kg na wysokość minimum 100 km n.p.m. Docelowy napęd raketowy SF1000 będzie posiadał siłę ciągu 4 ton i osiągnie czas pracy około 40 sekund. W 2020 roku, dzięki zaangażowaniu Departamentu Projektów Obronnych Polskiej Agencji Kosmicznej (DPO POLSA) umożliwiające zostało testowanie silnika raketowego na poligonie Wojsk Specjalnych w Strzeczcu.

Podobnie prowadzone były prace badawcze obejmujące w swoim zakresie tematykę związaną z wyposażeniem awionicznym raket (m.in. integracja komponentów wyposażenia pokładowego, projektowanie komponentów elektronicznych, testy dynamiczne awioniki), systemów automatycznego sterowania raket (m.in. modelowanie komputerowe, opracowywanie i implementacja algorytmów sterowania i nawigacji, identyfikacja, próby w locie) oraz mechanizmów wykonawczych (stery konwencjonalne, wektorowanie ciągu).

W ramach projektu z programu NCBiR Szybka Ścieżka – Technologie kosmiczne rozpoczęte zostały prace dotyczące opracowania algorytmów sterowania raketą testową. Wyznaczone zostały charakterystyki aerodynamiczne rakiety testowej,

przeprowadzone prace skutkujące opracowaniem nieliniowego modelu symulacyjnego rakiety testowej 105 mm oraz struktury układu sterowania rakiety testowej. Przeprowadzono analizy i weryfikacje opracowanych algorytmów podczas symulacji nieliniowego modelu.

Równoległe do prac prowadzonych w ramach opracowywania algorytmów sterowania prowadzone były prace mające na celu integrację podsystemów awioniki (zarówno integracja programowa jak i sprzętowa) a także nad mechanizmami wykonawczymi do rakiet. W rezultacie zaprojektowano wykonano mechanizm wykonawczy.

Ponadto, rozpoczęto prace nad silnikami raketowymi o impulsach całkowitych 200 000 Ns oraz 2 000 000 Ns na paliwo stałe. Wykorzystywane paliwa stałe charakteryzują się znacznie wyższymi jednostkowymi parametrami energetycznymi paliwa i gęstością energii, co pozwala na wyniesienie większego ładunku na tą samą wysokość niż przy zastosowaniu obecnie znanych i rozwijanych silników hybrydowych. Rozwiązanie jest o wiele łatwiejsze do opanowania i bezpieczniejsza niż te wykorzystujące w paliwa ciekłe. Jednocześnie opłacalność prowadzenia badań rozwojowych na silnikach na paliwa ciekłe oraz samej budowy przy skali rakiet suborbitalnych jest nieuzasadniona ekonomicznie.

Wartym podkreślenia jest również rozpoczęcie projektu pn.: „POLON: Polski Moduł Napędowy. Celem przedsięwzięcia jest opracowanie chemicznego napędu raketowego dla małego satelity oraz jego integracja z platformą Hypersat.

Wnioski

Wykaz realizowanych przedsięwzięć w Polsce odwzorowuje trendy w obszarze technologii raketowych. Większość realizowanych przedsięwzięć wykonywana jest w odpowiedzi na potrzeby zakomunikowane przez Europejską Agencję Kosmiczną. Dużym wsparciem dla zwiększania poziomów gotowości technologicznej polskich

produktów są również konkursy ogłaszane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Zaawansowana realizacja kilku projektów dotyczących silników raketowych o zmiennej wartości ciągu wpisuje się w rozwój platform pionowego startu i lądowania, które cieszą się bardzo wysokim zainteresowaniem Europejskiej Agencji Kosmicznej⁸ oraz innych podmiotów na poziomie światowym. Pozwala to na odzyskanie członów rakiet i ich ponowne wykorzystanie co jest kluczowe w kwestii obniżenia kosztów i zwiększenia częstotliwości startów. Ta technologia napędowa znajdzie zastosowanie także w lądownikach planetarnych.

Ważnym trendem rozwojowym są także małe rakiety suborbitalne nowej generacji. Rozwijane w Polsce rakiety hybrydowe pozwalają na realizację bardziej różnorodnych misji, są bardziej elastyczne pod kątem warunków startowych oraz łatwiejsze w transporcie i przechowywaniu. Zmniejszenie rozmiarów rakiety przy zachowaniu wysokiego pułapu jest odpowiedzią na tzw. trend NewSpace i umożliwia realizację dedykowanych lotów małych urządzeń, bez konieczności oczekiwania na zebranie dodatkowych ładunków. Tym samym prowadzi również do obniżenia kosztów startu.

Nie mniejsze zapotrzebowanie pojawia się również w kwestii wykorzystania technologii napędów raketowych do realizacji misji satelitarnych – zarówno podczas okresu życia satelity, jako napęd korekcyjny, jak i w jego końcowej fazie, tj. do deorbitacji satelity w celu redukcji liczby śmieci kosmicznych. Obie te nisze zostały zaobserwowane przez polskie podmioty, a gwałtownie rosnąca liczba satelitów świadczy o dużym rynku zbytu dla rozwijanych technologii.

Ryzykiem dla dynamicznego rozwoju technologii raketowych w Polsce jest brak subskrypcji Polski w programie opcjonalnym ESA – Future Launcher Preparatory

⁸https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/ESA_plans_demonstration_of_a_reusable_rocket_stage

Programme, co obniża możliwości współpracy z europejskimi podmiotami i tym samym zmniejsza ich konkurencyjność. Dodatkowo redukuje szanse na komercjalizację dotychczas rozwijanych w jego ramach produktów takich jak m.in. zawory i wtryskiwacz⁹.

Szansą na umacnianie pozycji polskich podmiotów raketowych upatruje się w ramach tworzonego Krajowego Programu Kosmicznego i Krajowego Programu Odbudowy. Biorąc pod uwagę oba narzędzia, niezbędne wydaje się podjęcie kroków w następujących kierunkach:

a) budowy ośrodka badawczego technologii kosmicznych i satelitarnych wykorzystujących rakiety suborbitalne,

b) przygotowania polskich podmiotów przemysłowych do budowy polskiej mikrorakiety nośnej poprzez realizację budowy dużej rakiety suborbitalnej pionowego startu i lądowania.

Uzasadnienie

Ośrodek badawczy technologii kosmicznych i satelitarnych w Ustce umożliwi dalszy rozwój polskiego sektora kosmicznego w kierunku rozwiązań ekologicznych, przy uniknięciu konieczności korzystania głównie z obiektów i know-how z zagranicy. Jednym z wiodących obszarów będzie wdrażanie technologii czystych i wydajnych napędów raketowych i satelitarnych, opartych na innowacyjnej i efektywnej energetycznie polskiej technologii ekologicznych materiałów pędnych, która jest od 2019 roku chroniona patentami Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytutu Lotnictwa w ponad 20 krajach na świecie (zgodnie z regulacją REACH i European Green Deal). Bezpośrednim beneficjentem ośrodka będą instytuty Sieci Badawczej Łukasiewicz, krajowe instytuty badawcze (cywilne i wojskowe) oraz wyższe uczelnie szeroko zajmujące się technologiami satelitarnymi i raketowymi. Ośrodek będzie świadczyć

⁹http://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Poland_to_improve_thrust_control_in_green_rocket_engines

usługi komercyjne dla rozwijającego się sektora kosmicznego oraz przemysłu zbrojeniowego, eliminując tym samym konieczność badań na poligonach zagranicznych, gdzie zarówno dostęp jak i terminy wykorzystania są znacznie ograniczone, a w skrajnym przypadku nieosiągalne. Inwestycja pozwoli na bezpieczne wynoszenie obiektów suborbitalnych w Polsce na pułap nawet ponad 100 km w warunkach ograniczonej penetracji zewnętrznej.

Zastosowanie technologii pionowego startu i lądowania zapewni szereg możliwości, które aktualnie nie są dostępne w Europie. Jest to technologia znacznie bardziej zaawansowana i innowacyjna niż aktualnie realizowane projekty w tej tematyce – zarówno w Polsce jak i w Europie. Firmy amerykańskie takie jak SpaceX i Blue Origin wytyczyły trend i pokazały, że realizacja takich misji jest możliwa. Znacznie obniżona zostanie strefa lądowania rakiety co pozwoli na realizację lotów z polskiego poligonu. Poprzez możliwość ponownego wykorzystania rakiety i jednoczesne obniżenie liczby wymaganego personelu obsługowego, zostaną zredukowane koszty wynoszenia ładunków użytecznych w przestrzeń kosmiczną i tym samym zwiększona zostanie dostępność do kosmosu. Wypracowane technologie będą mogły w przyszłości zostać bezpośrednio wykorzystane do realizacji projektu rakiety nośnej, a nawet w projektach lądowników planetarnych. Niniejsze przedsięwzięcie pozwoli na opracowanie w Polsce technologii aktualnie niedostępnych, które są niezbędne do realizacji zaawansowanych dużych projektów kosmicznych takich jak np. projekt mikrorakiety nośnej przedstawiony w dokumencie z 2018 roku pt. „Polska mikrorakieta nośna – perspektywa”. Dojdzie do aktywizacji w obszarze technologii kosmicznych wielu firm technologicznych i wytwórczych, co będzie stanowiło o sukcesie przyszłych projektów rakiet orbitalnych.

4. Ocena stanu użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce

4.1 Analiza użytkowania danych satelitarnych związanych z obserwacją Ziemi

Znaczny wpływ na rozwój sektora obserwacji Ziemi ma zwiększony popyt na dane i produkty teledetekcji satelitarnej, generowany przez jednostki administracji publicznej. Szacuje się, że administracja publiczna do 2030 roku odpowiedzialna będzie za 80% popytu na dane obserwacji Ziemi¹⁰.

W 2019 roku wyniesiono, z inicjatywy rządów poszczególnych państw i organizacji rządowych, 91 satelitów powyżej 50 kg. Najwięcej, bo aż 28 z nich, to satelity obserwacji Ziemi. Niezmiennie od lat satelity do obserwacji Ziemi stanowią największą liczbę satelitów wynoszonych przez rządy na świecie (blisko 30% przez ostatnią dekadę). Wyniesienie satelity obserwacyjnego obecnie nie jest kosztowne stąd może wynikać powszechność przedsięwzięć dotyczących obserwacji Ziemi. Niemniej jednak, główną przyczyną popularności tego rodzaju misji jest przede wszystkim troska o bezpieczeństwo narodowe oraz problemy wynikające ze skutków zmian klimatu i ochrona środowiska, tematyka od lat obecna w misjach satelitarnych. W najbliższej dekadzie liczba misji publicznych zgodnie z deklaracjami podwoi się i osiągnie liczbę 2 057, a obserwacja Ziemi będzie drugą co do wielkości domeną obecną w przestrzeni kosmicznej (około 20% wyniesień satelitów z ogólnej liczby), ustępując jedynie satelitom telekomunikacyjnym bezpiecznej rządowej łączności (około 36% wyniesień satelitów)¹¹.

Zasadniczym trendem kształtującym przyszłość obserwacji Ziemi jest obecnie demokratyzacja wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Obok agent rządowych

¹⁰ Spito Nicola, Earth Observation: use of data and business models, <https://www.ingenium-magazine.it/en/dati-earth-observation-quali-modelli-business/>

¹¹ Government Space Programs 2020. Benchmarks, Profiles and Forecasts to 2029. a Euroconsult Report, grudzień, 2020

znaczący udział w rozwoju obserwacji Ziemi odgrywa rynek komercyjny, instytuty naukowo-badawcze, organizacje pozarządowe, a nawet organizacje studenckie.

Technologicznie dynamicznie rozwija się zarówno obszar pozyskiwania danych jak i ich przetwarzania. Obserwuje się rozwój technologii w szczególności w kierunku:

- zwiększania rozdzielczości przestrzennej sensorów, czyli dążenia do rozróżniania jak najmniejszych szczegółów terenowych na rejestrowanym obrazie,
- poszerzenia ilości i podniesienia jakości informacji rejestrowanej w poszczególnych pasmach spektralnych (rozdzielczość spektralna),
- skrócenia czasu rewizyty (zwiększenie rozdzielczości czasowej) satelity nad obiektem zainteresowania, zwiększenia liczby satelitów na orbicie prowadzącej do powstania wielkich konstelacji satelitów,
- miniaturyzacji i standaryzacji komponentów satelity (mikro- i nanosatelity),
- przyspieszenia dostępu do informacji pozyskiwanych z orbity okołoziemskiej (komunikacja i przetwarzanie obrazu na orbicie),
- tworzenia konstelacji satelitów meteorologicznych uzupełniających się tematycznie (np. A-train, NASA)
- zwiększenia roli i wykorzystania orbitalnych stacji badawczych (jak ISS) i laboratoriów (DISCOVER),
- obniżenia orbit statków kosmicznych w celu prowadzenia permanentnych obserwacji (np. pseudosatelity – HAPS),
- rozwoju innowacyjnej analityki gromadzonych ogromnych archiwów danych teledetekcyjnych i innych danych (ang. Big Data) z wykorzystaniem takich technik jak sztuczna inteligencja (ang. Artificial Intelligence, AI), w tym uczenie maszynowe (ang. Machine Learning, ML), przetwarzanie w chmurach obliczeniowych (ang. cloud processing), wykorzystanie Internetu rzeczy (ang. Internet of Things, IoT), technologii udostępniania danych na urządzeniach mobilnych, itp.

W kontekście wyzwań klimatycznych, środowiskowych i społecznych na pierwszy plan obecnie wysuwa się kwestia zapewnienia adekwatnych do potrzeb obserwacji i ich efektywnego wykorzystania.

Te przesłanki przyświecają wyznaczaniu priorytetów nie tylko w pracach naukowych i badawczo-rozwojowych, ale także operacyjnych i aplikacyjnych przez największych operatorów danych satelitarnych takich jak Europejska Agencja Kosmiczna (nowe misje, nowe kierunki prac badawczo-rozwojowych, eksperymenty naukowe), przez Komisję Europejską (rozwój programu Copernicus, program Horyzont 2020), a także instytucje krajowe NCBIR (program wsparcia projektów sektora kosmicznego „Szybka ścieżka”) czy NCN.

Warto zauważyć, że coraz większą wagę przywiązuje się do wykorzystania bogatego zasobu danych satelitarnych przez administrację publiczną i użytkowników komercyjnych (rozwój produktów i usług), stąd liczne inicjatywy wspomagające rozwój teledetekcyjnej analityki danych, w tym poprzez łączne wykorzystanie danych zarówno do monitorowania obiektów i zjawisk, jak i prognozowania i symulacji ich rozwoju (program „Destination Earth”).

Polskie firmy mają świadomość obowiązujących trendów i podejmują to wyzwanie o czym świadczy zaangażowanie w europejskie przedsięwzięcia i krajowe działania oraz kierunki podejmowanych przez nie działań indywidualnych.

4.1.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach

Polska ma długie tradycje w teledetekcji satelitarnej. Pierwsze prace z zakresu teledetekcji były prowadzone w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych (OPOLIS) – krajowym centrum koordynowanym przez IGiK już w drugiej połowie lat 70 z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych serii Landsat wykonanych za pomocą skanera MSS. w 1977 r. utworzono CBK PAN, które wzięło

udział już w ponad 50 misjach kosmicznych i współpracuje z ponad setką międzynarodowych partnerów.

Polskie podmioty mają udział w budowie satelitów takich jak: PW-Sat, PW-Sat2, BRITE-PL "Lem" and BRITE-PL "Heweliusz" w ramach polsko-kanadyjsko-austriackiego programu Bright (Bright Target Explorer). W 2019 roku w przestrzeń kosmiczną wyniesiono satelity KRAKSat i Światowid. Należy zaznaczyć, że KRAKSat i Światowid nie zostały jeszcze zarejestrowane, wprawdzie znajdują się na liście COSPAR obiektów wyniesionych w przestrzeń kosmiczną, to jednak, jak dotychczas nie zostały oficjalnie zarejestrowane w Organizacji Narodów Zjednoczonych.

W ramach działalności fińsko-polskiej firmy Iceye, zostały umieszczone w 2019 roku kolejne satelity ICEEYE-X4 i ICEEYE-X5 zarejestrowane przez Finlandię.

a. Europejska Agencja Kosmiczna (ESA)

W 1994 roku Polska podpisała pierwsze porozumienie o charakterze ramowym z Europejską Agencją Kosmiczną.

PECS. Współpracę z ESA Polska rozpoczęła w 2007 roku, w którym podpisano porozumienie European Cooperating State (ECS) Agreement. Porozumienie o współpracy weszło w życie 28 kwietnia 2008 roku. W ramach tego programu w latach 2007-2012 sfinansowano kilkanaście projektów w obszarze obserwacji Ziemi z ogólnej kwoty ponad 11.4 mln. euro (45 projekty 28 podmiotów) projekty obserwacji ziemi zaabsorbowały dominującą część. Wśród podmiotów, które otrzymały finansowanie w obszarze obserwacji Ziemi znajdujemy CBK PAN, Instytut Agrofizyki PAN, IGIK, Wasat, Narodowy Fundacja Środowiska, Geosystems Polska, Politechnika Gdańska, Akademia Górniczo Hutnicza, Politechnika Warszawska, Główna Szkoła Pożarnicza.

Odbiorcami wsparcia były w tamtych latach przede wszystkim instytucja naukowo-badawcze i jednostki badawczo rozwojowe (80%). Wśród projektów sfinansowanych

z programu PECS były przede wszystkim projekty z obszaru obserwacji Ziemi, w tym w przeważającej liczbie projekty z zakresu wykorzystania danych satelitarnych i geograficznych systemów informacyjnych o tematyce w obszarze zarządzania kryzysowego, środowiska i klimatu, gospodarki wodnej, rolnictwa, itp. w ramach programu została również dofinansowana misja PW-SAT2. Ponadto sfinansowano projekty dotyczące opracowania komponentów elektronicznych do instrumentów, paliw i telekomunikacji.

Dominujący udział jednostek naukowych i badawczo-rozwojowych w programie PECS wynika przede wszystkim z długoletniego doświadczenia tych podmiotów przede wszystkim CBK PAN i Instytutu Geodezji i Kartografii w prowadzeniu badań (od drugiej połowy lat 70) w obszarze technologii kosmicznych.

Biorąc pod uwagę, że okres trwania programu wynosił 6 lat, średniorocznie poziom finansowania projektów w obszarze obserwacji Ziemi wyniósł 1.3 mln.

PLIIS: Polskie podmioty przez kolejne 7 lat mogły korzystać z programu integracyjnego, od 2012 roku aż do końca 2019 roku. W programie PLIIS, w tym okresie, z ogólnej kwoty 49 mln euro na projekty w obszarze obserwacji Ziemi przyznano 5,39 mln euro (11%).

Warto zauważyć, że strategia udzielania wsparcia w ramach programu w opierała się głównie na otwartych konkursach dla propozycji spełniających warunki dostępu do środków. Kompetencje polskiego sektora kosmicznego zostały tak wysoko ocenione w zakresie aplikacji segmentu naziemnego, że podjęto (ESA/POLSA Force Task) decyzję o wykluczeniu tej domeny dla produktów o średnim i wysokim TRL z otwartych konkursów przewidzianych na lata 2018 i 2019, w celu umożliwienia większego wsparcia innych obszarów. Ponadto nie bez znaczenia był również fakt uzyskania przez polskie podmioty zleceń, których budżety przyczyniły się do osiągnięcia wysokiego współczynnika zwrotu geograficznego w programach opcjonalnych (znacznie ponad wielkość z deklaracji programowych). Produkty

projektów dotyczące segmentu naziemnego, szczególnie jeśli chodzi o oprogramowanie i aplikacje szybko osiągały TRL6 i wyższe. Nie ujęto tego obszaru również w konkursach zamawianych (Top-down activities). Oznacza to, iż w tym zakresie polskie podmioty są gotowe do otwartej konkurencji. Propozycje, które dotyczyły aplikacji i usług w programie PLIIS stanowią 13% wszystkich działań.

W domenie TD2 Space System Software w sumie zainicjowano 27 działań, 10 z nich jest jeszcze w trakcie realizacji. Wiele z nich osiągnęło TRL7-9, duża część w poddomenie E (EO payload data exploitation). Dotyczy to takich podmiotów jak Hertz Systems, Geosystems Polska, SatAgro, Instytut Geodezji i Kartografii.

Warto zauważyć, że duża część tych projektów angażuje również administrację krajową jako beneficjentów końcowych między innymi Główny Urząd Statystyczny, wojewódzkie biura planowania czy urzędy marszałkowskie.

Produkty realizowane w domenie TD2 D oraz E są bardzo dojrzałe i są implementowane zarówno w krajowych systemach np. SatBaltic, jak w infrastrukturze platform eksploatacyjnych ESA np. platforma tematyczna Forest. Mogą również zasilać platformy chmurowe takie jak Copernicus DIAS. W tej domenie realizowane są projekty o łącznym budżecie sięgającym 7,9% budżetu wszystkich umów PLIIS. w sumie w dziedzinie aplikacji i usług zostały złożone 72 propozycje, z których zaakceptowano 24.

Doskonałość technologiczna w tym obszarze może być z powodzeniem wykorzystana w programach opcjonalnych. Warto zauważyć, że tak wysoki poziom dojrzałości technologicznej (TRL) 9 osiągnęły wyłącznie produkty tej domeny oraz TD 11 Space debris dla wszystkich projektów realizowanych w projekcie PLIIS.

Udział projektów w obszarze obserwacji Ziemi jest niższy w PLIIS (11%) niż we wszystkich programach ESA łącznie (28%) z uwagi na fakt, iż co do zasady PLIIS został nakierowany na rozwój technologii.

Stosunek udziału w programie PLIIS podmiotów komercyjnych do instytutów badawczych, w porównaniu do PECS, jest odwrotny na rzecz firm komercyjnych (80%), co świadczy o stopniowym i skutecznym nabywaniu kompetencji polskiego sektora komercyjnego w obszarze obserwacji Ziemi. Niniejsza struktura polskiego sektora kosmicznego oceniona na podstawie udzielonego finansowania jest bliska docelowej (85%) założonej w programie PLIIS.

Programy opcjonalne: Programy w obszarze Obserwacji Ziemi Europejskiej Agencji Kosmicznej cieszą się największą popularnością wśród państw członkowskim, o czym świadczy rekordowa alokacja środków na Radzie Ministerialnej w 2019 roku Space19+ w kwocie 1536 mln euro, co stanowi 23% ogólnej kwoty subskrypcji na wszystkie programy ESA. Polska subskrybowała 8,5 mln euro na dwa programy obserwacji Ziemi FutureEO (4.70 mln euro) oraz Copernicus Space Component (3.8 mln euro).

Program	Ogólnie [mln. euro]	Warunki ekonomiczne	Polska [mln. euro]
FutureEO	2,629	2012	29.4
GSC -3	405	2012	0.8
CSC - 4	1,811	2019	3.8
MetOp SG	809	2012	5.0
Suma	5,654	-	39.0

TABELA 16 BUDŻET POLSKI W PODZIALE NA PROGRAMY OBSERWACJI ZIEMI WEDŁUG STANU NA 2020 ROK.

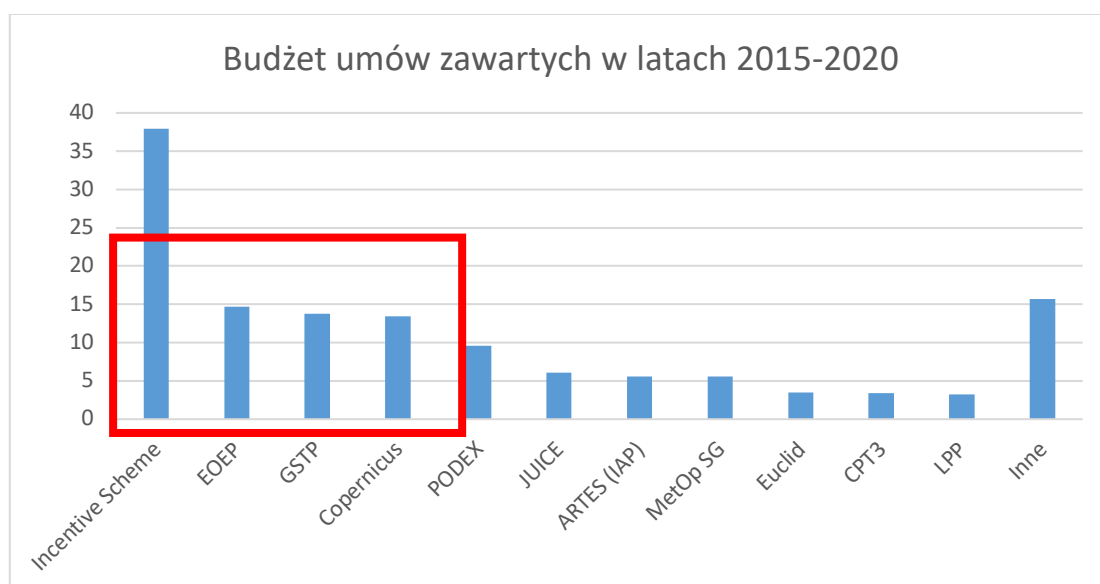
Źródło: opracowane własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz Europejska Agencja Kosmiczna, J. Aschbacher, 1.10.2020r.

Projekty w obszarze obserwacji ziemi mogą być również realizowane, o ile spełnią warunki dostępu do środków, z takich programów jak European Exploration Envelope Programme – E3P (6 mln euro), General Support Technology Programme – GSTP (3 mln euro).

Udział przemysłu w projektach ESA¹²

W latach 2015-2020 (pierwszy kwartał) polska wartość kontraktów dla przemysłu dla wszystkich programów w ESA wyniosła sumarycznie 132,6 mln euro z czego budżet udzielonych zleceń podmiotom komercyjnym na projekty obserwacji Ziemi to 36,8 mln, co stanowi 27,8%. w programach opcjonalnych budżet zawartych umów z podmiotami komercyjnymi 18,1 mln euro.

Wśród 4 najbardziej istotnych programów (60% budżetu) dla polskiego komercyjnego sektora kosmicznego z całego wachlarza możliwości oferowanych przez ESA, aż dwa to programy w obszarze obserwacji Ziemi.



RYSUNEK 24 BUDŻET UMÓW ZAWARTYCH W LATACH 2015-2020

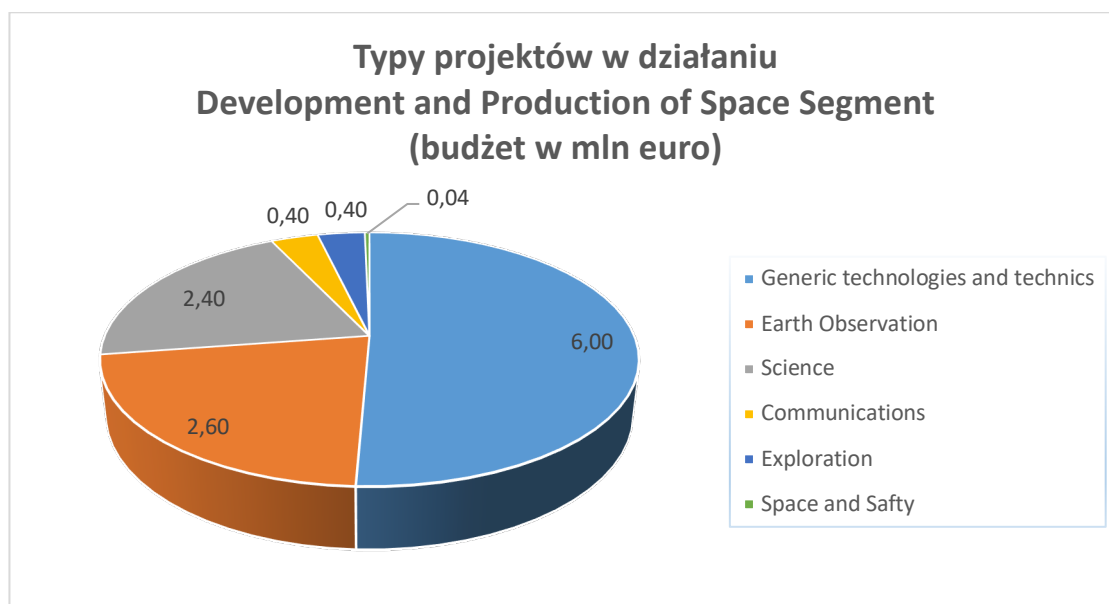
Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, OCC (Observatory of Country Capabilities), Analysis of Industrial participation of Polish industry to ESA Programmes 2015-1 kwartał 2020, 1 październik 2020 r.

Warto zauważyć, że budżety zarówno programu Incentive Scheme jak i GSTP zawierają również projekty z obszaru obserwacji Ziemi.

W zakresie rozwoju i produkcji segmentu kosmicznego (Development and Production of Space Segment) udział polskich podmiotów jest mniejszy (29,9%) niż dla średniej

¹² Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, OCC (Observatory of Country Capabilities), Analysis of Industrial participation of Polish industry to ESA Programmes 2015-1 kwartał 2020, 1 październik 2020 r.

w ESA (50,2%), z uwagi na fakt, że polskie podmioty dysponują niewielką ilością dojrzałych technologicznie, lotnych produktów. Ten rodzaj działalności w zakresie domeny obserwacji Ziemi stanowi 6,6% w przypadku Polski w ogólnym budżecie dla wszystkich rodzajów działalności, podczas gdy średnia w ESA wynosi 18,5%.



RYSUNEK 25 TYPY PROJEKTÓW W DZIAŁANIU DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF SPACE SEGMENT (BUDŻET W MLN EURO)

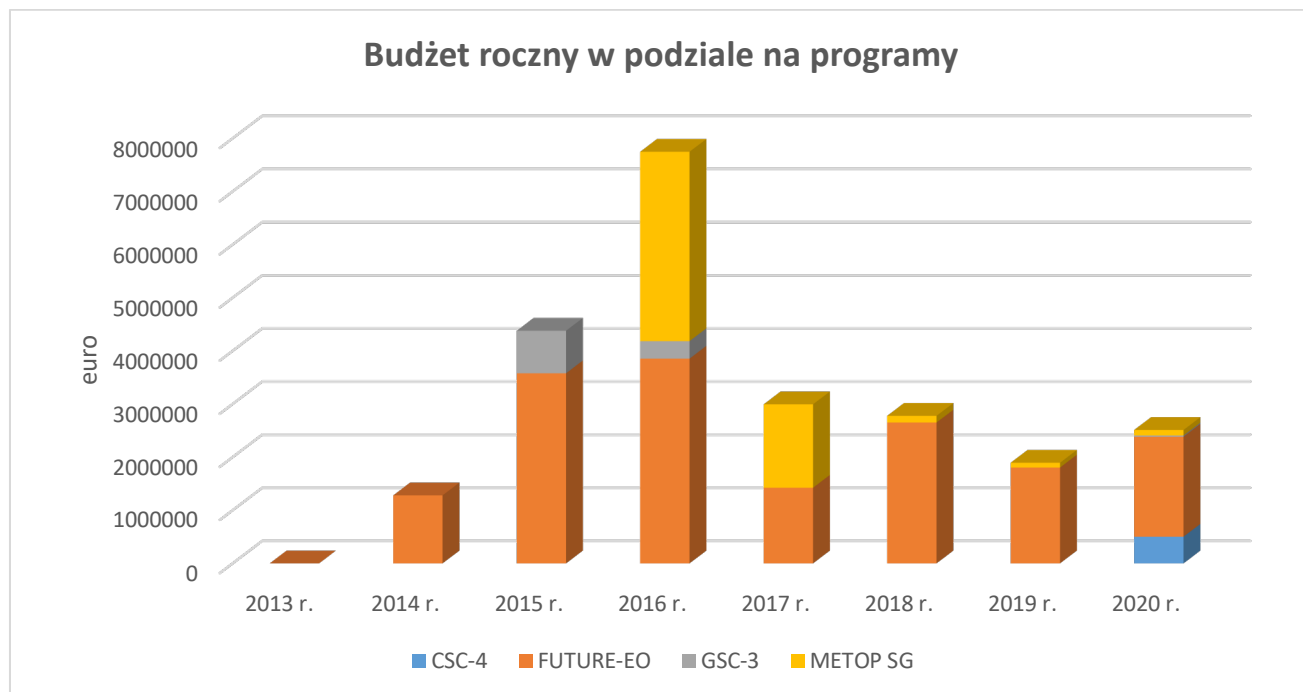
Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, OCC (Observatory of Country Capabilities), *Analysis of Industrial participation of Polish industry to ESA Programmes 2015-1 kwartał 2020, 1 październik 2020 r.*

Niemniej jednak, zgodnie z oceną ESA, znakomita większość rozwiązań ma bardzo wysoki pierwiastek innowacyjności i bardzo wysoką wartość technologiczną, co może stanowić o potencjale konkurencyjności podmiotów komercyjnych w Polsce. Niniejszy wniosek choć sformułowany ogólnie dotyczy również obszaru obserwacji Ziemi.

Jeśli chodzi o kluczowe produkty, usługi i technologie, udział polskich podmiotów w aplikacjach obserwacji ziemi w ogólnym budżecie (130 mln euro) wynosi 15% (dane na pierwszy kwartał 2020 roku). Istotną inwestycją powierzoną polskim podmiotom była budowa platformy Copernicus DIAS o wartości 9% polskiego budżetu.

Udział polskich podmiotów w programach ESA

Od akcesji w 2012 roku do końca 2019 roku udzielono polskim podmiotom zleceń łącznie na kwotę około 146 mln złotych włączając w to umowy w ramach programu PLIIS¹³.



RYSUNEK 26 BUDŻET ROCZNY W PODZIALE NA PROGRAMY DOTYCZĄCE OBSERWACJI ZIEMI

Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, stan na 7.01.2021r.

Rysunek XX przedstawia budżet roczny projektów opcjonalnych dla polskich podmiotów sumarycznie dla wszystkich programów. Wysokość finansowania projektów w danym roku zależy od wielu czynników i jest ściśle związana z planem pracy ESA, a więc dostęp do środków danego programu uzależnione jest od polityki ESA i harmonogramu prac przygotowania i realizacji nowych misji, rodzaju misji, obranych kierunków eksploracji danych w związku z zapotrzebowaniem społecznym i kierunkami rozwoju technologii, itp. Dodatkowym czynnikiem warunkującym udział polskich podmiotów w programach jest zachowanie balansu geograficznego i zwrotu geograficznego. z punktu widzenia polskich interesariuszy korzystny byłby w miarę stabilny na przestrzeni lat poziom finansowania.

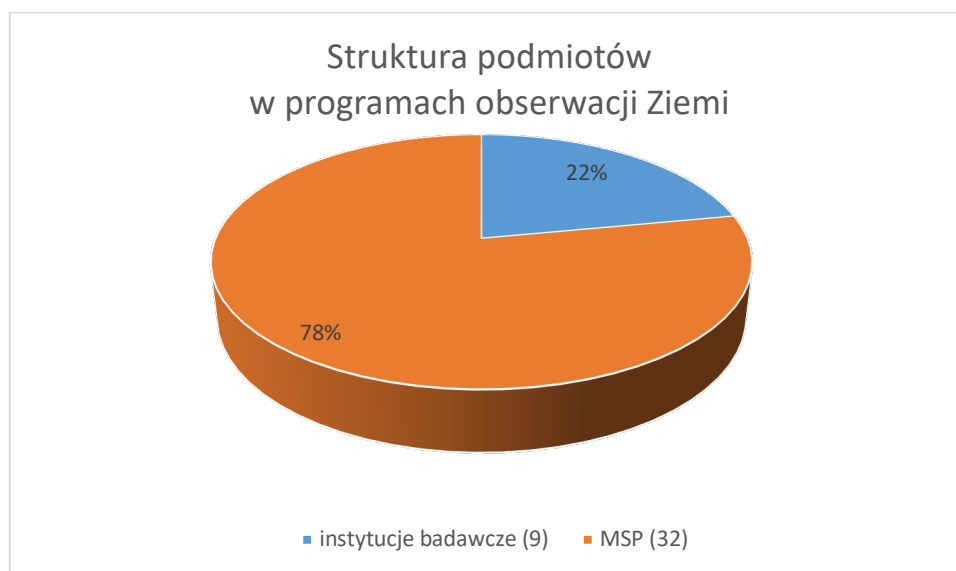
¹³ źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, End of Transition Measures Review Report for Poland, 17.06.2020 r.

Program/Kategoria	FUTURE-EO	CSC-3	METOP SG	SUMA
wartość umów w euro 2016 - 2020 (I kwartał)				
Satelitey	2 162 169	1 064 073	4 006 211	7 232 453
Działania operacyjne	7 058 046	17 660	-	7 075 706
Technologie	1 719 188	-	-	1 719 188
Nauka i eksploatacja	5 090 996	-	-	5 090 996
Suma	16 030 398	1 081 733	4 006 211	21 118 342

TABELA 17 WARTOŚĆ UMÓW DOT. OBSERWACJI ZIEMI W EURO 2016 - 2020 (I KWARTAŁ)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Europejska Agencja Kosmiczna, J. Aschbacher, 1.10.2020r.

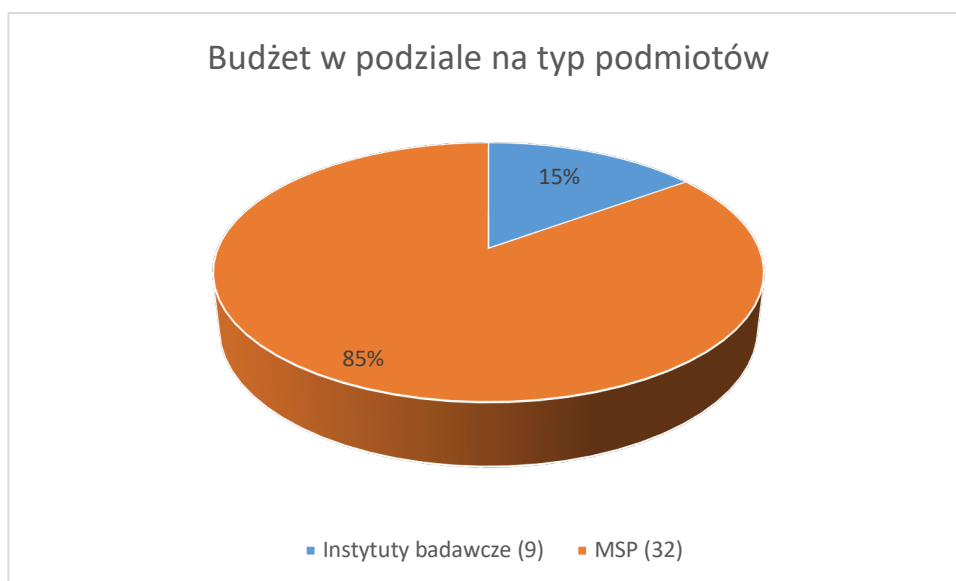
Udział polskich podmiotów jest sumarycznie stosunkowo największy w projektach w kategorii „Satelitey” oraz „Działania operacyjne” biorąc pod uwagę kwoty zobowiązań z umów¹⁴.



RYSUNEK 27 STRUKTURA PODMIOTÓW W PROGRAMACH OBSERWACJI ZIEMI

Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, stan na 7.01.2021r

¹⁴ Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, J. Aschbacher, 1.10.2020r.



RYSUNEK 28 BUDŻET W PODZIALE NA TYP PODMIOTÓW

Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, stan na 7.01.2021r

Europejska Agencja Kosmiczna podaje, że do końca 2020 roku zleciła polskim podmiotom w zakresie obserwacji Ziemi z programów opcjonalnych (Future - EO, Metop SG, GSC-3) realizację 107 projektów. Projekty wpisały się między innymi w takie linie budżetowe ESA jak: przygotowanie misji Flex (EE-8), Value Adding Element, Biomas (EE-7), Earth Observation Preparatory Act, Mission Operations and Maintenance, Support Scientific Exploit. Oper., Support to Science Element, EO-Science for Society, Future Missions-Mission Preparation, Mission Management, itp. Ogólna kwota projektów to blisko 23 mln Euro.

W 2020 roku w programie CSC-4, do którego Polska przystąpiła w 2019 roku zostały zawarte dwie umowy w realizacji nowych misji CHIME i ROSE-L. Projekty te polskie podmioty realizują w ramach międzynarodowych konsorcjów wpisując się w łańcuch dostaw dużych integratorów. Projekty realizowane są przez odpowiednio Thales Alenia Space Polska Sp. z o. o. (Platform activities – build to print) oraz GMV Innovation Solutions Sp. z o. o. (Mission analysis).

W programach opcjonalnych obserwacji Ziemi wzięło udział 41 podmiotów, a wśród nich 9 instytucji badawczych. Struktura udziału podmiotów oraz sumaryczny budżet

przedstawia Rysunek 27 i 28. Należy zauważyć, że w programach opcjonalnych obserwacji Ziemi stosunek instytucji badawczych do podmiotów komercyjnych nie osiągnął jeszcze stanu oczekiwanego, czyli 15% do 85% odpowiednio, a zatem konieczne wydaje się dalsze stymulowanie rozwoju sektora komercyjnego w obszarze obserwacji Ziemi celem zwiększenia ilości podmiotów komercyjnych gotowych konkurować w programach opcjonalnych.

Kluczowym wskaźnikiem poziomu wykorzystania polskiej subskrypcji jest zwrot geograficzny. W przypadku programów obserwacji Ziemi, w którym Polska uczestniczy od podpisania konwencji zwrot geograficzny wynosił na przestrzeni minionych lat powyżej wartości 1.0 (z wyjątkiem roku 2015 – 0,90), a w 2 kwartale 2020 r. osiągnął wartość 1,13 dla wszystkich programów obserwacji Ziemi bez CSC-4, do którego przystąpiliśmy w 2019 roku. Niniejsze świadczy o tym, że polskie podmioty mają potencjał do skutecznego konkurowania w działaniach realizowanych w ramach tego programu. Stan na 2020 rok przedstawia poniższa tabela.

Program	Suma niewagowana [mln euro]	Suma wagowana [mln euro]	Kwota docelowa [mln euro]	Zwrot geograficzny	Superata/ Deficyt [mln euro]
FutureEO	16.1	15.7	13.2	1.19	2.5
GSC -3	1.1	1.1	0.7	1.48	0.4
CSC - 4	-	-	0.0	-	0.0
Metop SG	4.0	4.0	4.4	0.91	-0.4
Ogółem	21.2	20.8	18.4	1.13	2.4

TABELA 18 STAN W PROGRAMACH OBSERWACJI ZIEMI NA 2020 ROK

Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, J. Aschbacher, 1.10.2020r

Posiadanie kompetencji w tym obszarze polski sektor kosmiczny udowodnił już podczas realizacji programu GSC-3, gdzie współczynnik zwrotu na koniec programu dla polski wyniósł 1,48.

Na uwagę zasługuje, fakt, że wysoki współczynnik zwrotu geograficznego to zaangażowanie firm polskich w przygotowanie aplikacji (segment użytkownika)

oraz udział w misjach Metop SG (Airbus PL, Astri Polska, Creotech, GMVPL, Mobica PL) i Biomax (Sener PL, Airbus PL, PIAP Space, GMV PL).

Warto zauważyć, że udział polskich podmiotów w dużych misjach to głównie inwestycje takich firm jak: Airbus Defence & Space(EU), Thales/Alenia (FR / IT), Sener (ES) i GMV (ES).

Copernicus: Komisja Europejska podaje, że udział polskich podmiotów, we wszystkich przedsięwzięciach prowadzonych przez Komisję Europejską, ESA oraz innych dysponentów środków programu Copernicus, przedstawiał się następująco¹⁵:

- segment kosmiczny: budżet ogólny 2 542 120 895 euro z czego 0.5% to zlecenia dla polskich podmiotów, co uplasowało Polskę na 10 pozycji na liście krajów, które wzięły udział w programie Copernicus w latach 2014 - 2018.
- segment naziemny (usługowy): budżet ogólny 399 744 185 euro z czego 1% to zlecenia dla polskich podmiotów w latach 2014-2018.

Doświadczenie i kompetencje zdobyte w programach obserwacji Ziemi dają możliwość polskim podmiotom włączenia się w łańcuch dostaw dużych integratorów i nabycia umiejętności przygotowania produktów i świadczenia usług wystandaryzowanych (wysoka jakość, terminowość i powtarzalność). Zgodnie z zapowiedzią i zatwierdzonymi planami ESA w fazie opracowania jest 40 misji i 13 misji jest w przygotowaniu (operacyjnych jest 15 misji), znakomita część w ramach programu Copernicus oraz programu Earth Explorer¹⁶. Liczba planowanych i prowadzonych przedsięwzięć oraz typy misji dają polskim podmiotom możliwość

¹⁵ Źródło: Copernicus Country Statistics until end 2018, Christine BERNOT, Komisja Europejska, European Commission, czerwiec 2019.

¹⁶ Źródło: Europejska Agencja Kosmiczna, J. Aschbacher, 1.10.2020r.

zaangażowania się w ich realizację. Należy jednak zauważyć, że niektóre z nich tworzone są w ramach inicjatyw, w których Polska nie uczestniczy np. w programie Earth Watch, stąd udział polskich podmiotów w tych misjach jest mało prawdopodobny.

Warto zauważyć, że część podmiotów, które angażowały się w PLIIS angażują się również w inne programy ESA, co świadczy o tym, że sektor kosmiczny stanowi jeden z głównych obszarów działalności gospodarczej dla tych podmiotów również perspektywnie.

Podsumowanie

Europejska Agencja Kosmiczna zaangażowała polskie podmioty (aplikacje) w takich obszarach tematycznych jak zarządzanie kryzysowe, energetyka (gaz, ropa), rejestracja przemieszczeń gruntów, systemy egzekucji prawa, ekspertyzy w zakresie obserwacji ziemi w Polsce, szerzenie wiedzy, obserwacja biomasy, wilgotności gruntów, informacje statystyczne dla rolnictwa, aplikacje dla oceny spełnienia warunków dobrej kultury rolnej (AgroEye), zarządzanie korytem rzeki, urbanizacja, itp.

Kluczowe kompetencje dla polskiego sektora kosmicznego, wśród których wymienia się aplikacje segmentu naziemnego przede wszystkim w obszarze obserwacji Ziemi wykazały podmioty: Astri Polska, CloudFerro, Eversis, Geosystems Polska, Hertz Systems, Instytut Geodezji i Kartografii, Mobica, SatAgro, SATIM Monitoring Przestrzenny, Centrum Badań Kosmicznych PAN, WASAT. Wymienione podmioty zidentyfikowano na podstawie ich udziału we wszystkich programach ESA, włączając w to PLIIS, a także innych działań (wywiady, wizyty).

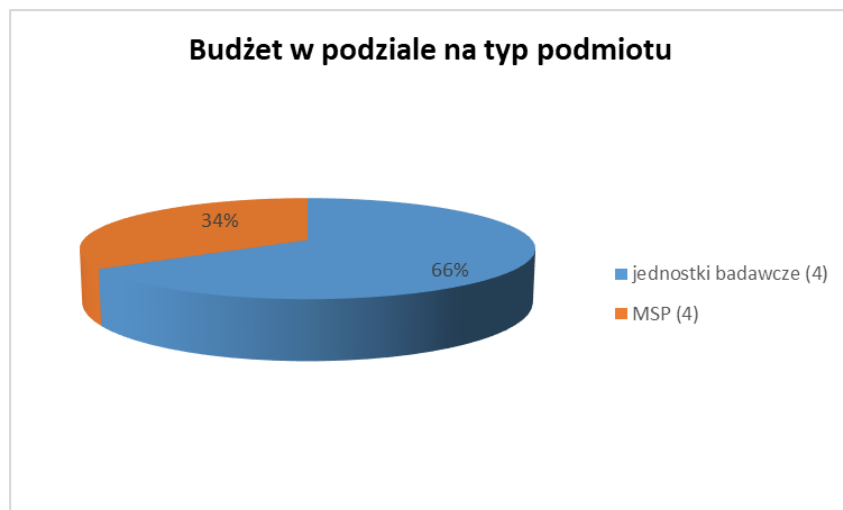
Niektóre z firm również angażują się w takie tematy jak: konstrukcja satelity i jego utrzymanie (misja Flex), studium systemu (misja Biomas), transportery, sensory hiperspektralne, lidar, projektowanie rozmieszczenia mechanizmów i detektorów, systemy radarowe i lidarowe, procesory (misja EarthCare), infrastruktura techniczna i usługi segmentu naziemnego użytkownika, analizy zależności jonosfery i pola

magnetycznego (misja SWARM), analizy przetwarzania danych operacyjnych i obserwacyjnych (misja SWARM), analizy działania ładunku użytecznego, walidacja i charakterystyka produktów (misje Proba-V, S2, S3) analiza produktu InSAR, altimetria (misja S3), nowe metody przetwarzania i wizualizacji danych radarowych, metody walidacji i eksploracji danych (misja S1 i S2), metody oceny jakości powietrza, gazy cieplarniane strumieni morskich, obserwacje lodu morskiego, metody oceny wilgotności gleby, itp.

b. Program Horyzont 2020:

W okresie 2014-2020 program stanowił jedno ze źródeł finansowania projektów dotyczących rozwijania, upowszechniania dostępu lub rozszerzania zastosowań technologii obserwacji Ziemi. Część konkursów dedykowano wykorzystaniu danych programu Copernicus (Copernicus uptake) oraz rozwojowi systemu i infrastruktury (Copernicus evolution). Zgodnie z polityką EU w zakresie cyfryzacji szczególną wagę przywiązuje się do doskonalenia narzędzi big data i sztucznej inteligencji.

W tym okresie w obszarze obserwacji Ziemi zostało sfinansowanych 8 projektów na ogólną kwotę 18,0 mln euro przy czym kwota dofinansowania z budżetu Unii Europejskiej wyniosła 16,9mln euro. Udział polskich podmiotów w budżetach projektów wyniósł 1,0 mln euro, co stanowi 5,6% ogólnego budżetu wszystkich projektów z analizowanego obszaru. Średnia wysokość budżetu polskiego partnera w konsorcjum to 126 tyś. euro. Połowę podmiotów, które wzięły udział w projektach, jako członkowie konsorcjów, stanowią małe średnie przedsiębiorstwa. Poniższy rysunek przedstawia proporcję udziału budżetu jednostek badawczych i przedsiębiorstw w ogólnej kwocie dofinansowania polskich podmiotów.



RYSUNEK 29 SUMARYCZNY BUDŻET PROJEKTÓW W PODZIALE NA TYP PODMIOTU

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji KE

Projekty, w których polskie podmioty wzięły udział dotyczyły: monitorowania oceanów i przewidywania stanu oceanów, bezpieczeństwa morskiego, zanieczyszczenia mórz, studium sieci satelitów, system kompleksowej informacji o powodziach, monitoring przestrzeni rolniczej, monitoring lasów, optymalizacji dostępu do danych.

Nazwa	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	suma
[w tys. złotych]									
Program Horyzont 2020*)									
Horyzont różne konkursy	-	57,7	100,0	100,0	45,2	45,2	277,4	300,8	874,5

*) Szacunkowy, sumaryczny budżetu projektów w części realizowanej przez polskie podmioty proporcjonalnie podzielony na lata w całym okresie realizacji projektu.

TABELA 19 ROCZNY, SUMARYCZNY BUDŻET POLSKICH PODMIOTÓW W PROGRAMIE HORYZONT

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji KE

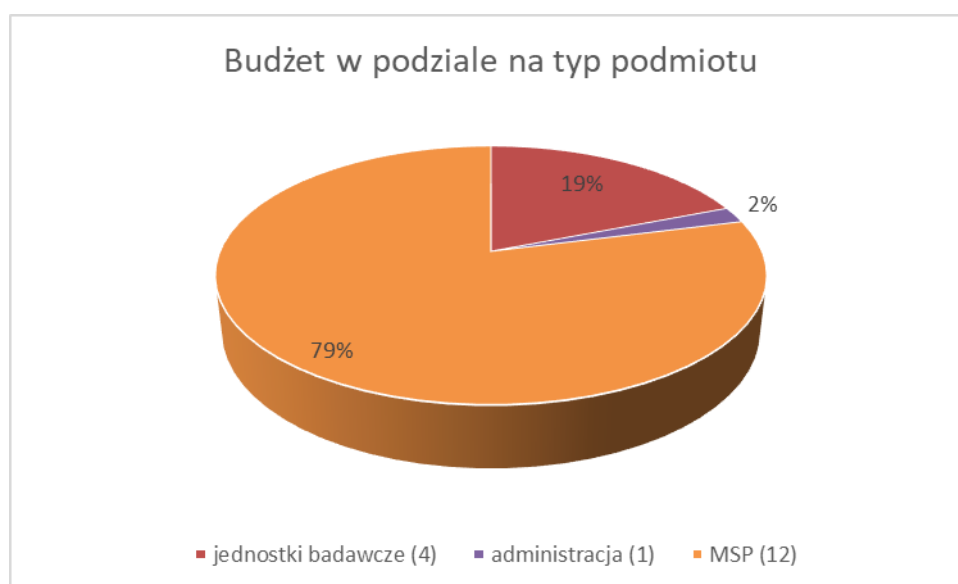
W projektach wzięły udział: Instytut Morski w Gdańsku, Politechnika Warszawska, Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Podstawowych Problemów Badawczych Polskiej Akademii Nauk, SmallGIS sp. z o. o., CloudFerro sp. z o. o., Kapitech sp. z o. o. oraz Kozyra Regina Maria.

c. Programy NCBiR:

W ramach środków jakimi dysponuje Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w latach od 2012 roku do 2020 roku sfinansowano 17 projektów w obszarze obserwacji Ziemi. Projekty te dotyczą budowy systemu satelitarnego lub komponentów (instrumenty, optyka, systemy sterowania, platforma), aplikacje z zakresu gospodarki wodnej, rolnictwa, monitoring osiadania i monitoring morski.

W sumie projekty w zakresie obserwacji Ziemi zostały dofinansowane kwotą 101,8 mln złotych, w tym kwota dofinansowania dla mikro i małych przedsiębiorstw to 80,4 mln złotych, natomiast jednostki badawcze uzyskały 18,9 mln złotych dofinansowania. Beneficjentem NCBiR jest również administracja publiczna szczebla centralnego- Główny Urząd Statystyczny, który uzyskał dofinansowanie projektu na kwotę 2,4 mln złotych.

Warto zauważyć, że ogólna kwota projektów zrealizowanych lub w trakcie realizacji ze środków w dyspozycji NCBiR wynosi 145,3 mln złotych. Poziom dofinansowania zależy od warunków dostępu do środków poszczególnych programu i waha się od 40% do 100% budżetu projektu.



RYСУNEK 30 SUMARYCZNY BUDŻET PROJEKTÓW W PODZIALE NA TYP PODMIOTU

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji NCBiR

Projekty były realizowane w ramach różnych instrumentów finansowych takich jak programy krajowe - badania stosowane i komercjalizacja B+R, międzynarodowe, programy strategiczne oraz programów operacyjnych. Najwięcej projektów sfinansowano z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.

Nazwa	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	suma
[tys. złotych]									
Programy NCBiR*)									
Strategiczne	0	0	0	0	0	2 436,4	3 254,0	3 254,0	8 944,4
Badania stosowane	2 080,6	2 080,6	2 080,6	0	0	0	0	0	6 241,7
Komercjalizacja B+R	0	199,1	0	0	0	0	0	0	199,1
Międzynarodowe	0	0	0	0	691,2	691,2	691,2	1 173,1	3 246,7
POIR	0	0	0	0	2 508,3	5 293,6	18 003,90	22 309,80	48115,6
Suma	2 080,6	2 279,7	2 080,6	0	3 199,5	8 421,2	21 949,1	26 736,9	60 505,8

*) Szacunkowy, sumaryczny budżet projektów (tylko kwoty dofinansowania) proporcjonalnie podzielony na lata w całym okresie realizacji projektu.

TABELA 20 ROCZNY, SUMARYCZNY BUDŻET PROJEKTÓW W PROGRAMACH NCBiR

Źródło: Narodowe centrum Badań i Rozwoju, I kwartał 2020 r.

Warto zauważyć, że obserwuje się istotny wzrost ilości projektów od 2017 roku, a co za tym idzie również budżetów dofinansowanej puli projektów związany, jest związane ze środkami zewnętrznymi w dyspozycji NCBiR, w szczególności pochodzących z programów unijnych.

W programach NCBIr dofinansowanie uzyskały następujące podmioty: Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie, GTH Solutions sp. z o. o., MOOSE sp. z o.o., Uniwersytet Morski w Gdyni, Instytut Morski, SCANWAY sp. z o. o., NOA Sp. z o. o., KP LABS sp. z o. o., Instytut Agrofizyki PAN, KGHM sp. z o. o., Centrum Badawczo-Rozwojowe, Główny Urząd Statystyczny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Renata Adamczyk Q MEDIA, WASAT sp. z o. o., ICEYE Polska sp. z o.o., SATIM Monitoring Satelitarny sp. z o. o., SatRevolution SA.

4.1.2 Programy obserwacji Ziemi łącznie/podsumowanie

Niniejsza ocena polskiego sektora kosmicznego poprzez analizę udziału polskich podmiotów w poszczególnych programach opiera się na różnym materiale źródłowym, pozyskanym w różnych terminach głównie w 2020 roku. Warto zwrócić uwagę, że w szczególności dane liczbowe dostarczone przez Europejską Agencję Kosmiczną dla zbliżonych zagadnień zestawione są nieco z innej perspektywy. Takie podejście daje szerszy obraz sektora widziany z różnych perspektyw. Ocena prowadzona na podstawie tak zestawionych danych nie ma wpływu na wartość wniosków końcowych.

Poniżej przedstawiono średnią roczną, szacunkową kwotę wsparcia dla poszczególnych programów wyliczoną dla okresu działania danego programu. Warto zauważyć, że finansowanie w poszczególnych latach nie jest równomierne zależy od wielu czynników takich jak: dostępność środków, zaangażowanie podmiotów, współczynnik sukcesu tj. udzielenia wsparcia w odniesieniu do złożonych wniosków czy ofert, dojrzałości technologicznej produktów, obszarów priorytetowych wyznaczonych przez dysponentów środków, okresu trwania projektów, zwrotu geograficznego, itp. w konfiguracji zależnej od programu. Niemniej jednak analiza wyników wskazuje, że najbardziej skutecznym narzędziem dla rozwoju polskiego sektora kosmicznego w obszarze obserwacji Ziemi jest obecnie program FutureEO

oraz programy NCBiR. z oceny należy wyłączyć program CSC-4, który obecnie dotyczy budowy misji wysokiego priorytetu programu Copernicus i do którego Polska włączyła się w 2019 roku. Najtrudniej dostępne dla polskich podmiotów są środki programu Horyzont 2020 (liczba projektów i budżety polskich partnerów).

Nazwa programu	Budżet [mln euro]	Okres w latach [szt.]	Kwota wsparcia rocznie [mln euro]
PLIIS (2012 – 2019)	5,4*)	7	0,8
FutureEO (2012 – 2020)	16,5	8	2,1
CSC3 (2014-2020)	1,1	3**)	0,4
CSC4 (2020)	0,5	1	0,5
METOP SG (2016-2020)	5,5	5	1,1
NCBIR (2013-2020)	13,3	8	1,7
HORYZONT (2014-2020)	0,1	7	0,01
Suma/średnia	50,1	-	-

Uwaga: dane dla podanego okresu działania programu w obszarze obserwacji Ziemi według kursu euro NBP z dnia 28.01.2020 roku 4,5479 złotych

*) PLIIS: 49mln x 11% = 5,39 mln euro

***) okres udziału Polski w programie CSC3 liczony jest wyłącznie w latach efektywnego finansowania

TABELA 21 ROCZNA, SZACUNKOWA KWOTA WSPARCIA W POSZCZEGÓLNYCH PROGRAMACH

Źródło: opracowanie własne

W ocenie ESA obszar aplikacji jest obszarem najbardziej dojrzałym w sektorze kosmicznym w Polsce głównie z uwagi na duże zaangażowanie podmiotów w realizację projektów w ramach programów takich jak: Copernicus oraz EOEP. Warto dodać, że doświadczenie polskich podmiotów w analizie i przetwarzaniu danych satelitarnych obecnie to ponad 50 lat. Również wiele wyższych uczelni kształci na wysokim poziomie specjalistów w zakresie teledetekcji. Polskie podmioty są twórcami rozwiązań i produktów o dużym znaczeniu dla działalności kosmicznej w Europie (DIAS PL 13% i aplikacje 12%). w odniesieniu do systemów satelitarnych równie istotnymi produktami są mechanizmy (21%). Ponadto polski sektor kosmiczny posiada silne kompetencje elektroniki pokładowej i oprogramowania, struktur

i okablowania. Wysoko ocenia się kompetencje i potencjał innowacyjny małych i średnich przedsiębiorstw i instytutów badawczo-rozwojowych.

Identyfikuje się ograniczone możliwości polskich podmiotów do włączenia się w duże misje kosmiczne. w tym zakresie polski sektor kosmiczny posiada potencjał do włączenia się w duże misje naukowe w zakresie tworzenia powtarzalnych struktur i okablowania. Trwa inkorporacja polskich podmiotów w łańcuch dostaw dużych międzynarodowych integratorów (Thales Alenia Space i Airbus D&S). Sprzyjającą okolicznością wydaje się być działanie na terenie Polski podmiotów zagranicznych, które bazują na szczególnych specjalizacja polskich wykonawców. Należy jednak zauważyć, że w takich przypadkach rozwój polskich dostawców czy rozszerzenie ich oferty może być utrudnione z uwagi na działania dużych grup przemysłowych zmierzające do kontrolowania łańcucha dostaw poprzez absorpcję dostawców lub konkurentów w celu zabezpieczenie rynku krytycznego dla budowy i wynoszenia satelitów rozwiązań i sprzętu i jednocześnie zabezpieczenia interesów rodzimych dostawców.

Polski sektor kosmiczny nie dysponuje infrastrukturą produkcyjną do wytwarzania i testowania komponentów. Potencjał wytwórczy w Polsce jest raczej młody i niedoświadczony. Na polski sektor kosmiczny składają się głównie małe podmioty z niewystarczającym zapleczem finansowym niezbędnym dla dużych inwestycji.

Wydaje się zatem, że szansą dla naszego sektora kosmicznego w obszarze obserwacji Ziemi jest budowa małych jednostek. W tym zakresie polskie podmioty z powodzeniem ubiegają się o finansowanie budowy systemów zarówno optycznej jak i radarowej obserwacji Ziemi, a także misji naukowych. Należy rozważyć wzmocnienie wsparcia w zagadnieniach dotyczących tych przedsięwzięć mając na względzie zarówno potrzeby krajowe jak i zdolność świadczenia usług w przypadków takich systemów regionalnie bądź globalnie.

Ograniczenia te nie w pełni można odnieść, z natury rzeczy, do obszaru obserwacji Ziemi z zakresie oprogramowania i aplikacji. W obszarze teleinformatyki polskie podmioty posiadają wymagane kompetencje, niemniej jednak w tym obszarze jest bardzo wysoka konkurencja na rynku europejskim.

Celowym byłoby dalsze wspieranie podmiotów polskiego sektora kosmicznego działającego w obszarze obserwacji Ziemi w ramach istniejących instrumentów finansowych będących w dyspozycji polskich instytucji takich jak NCBiR poprzez dedykowane sektorowi kosmicznemu konkursy czy działania systemowe. Istotnym narzędziem wsparcia mógłby być również instrumenty finansowe Krajowego Programu Kosmicznego. Krajowy Program Kosmiczny jako instrument wsparcia polskiego sektora kosmicznego ma zapewnić przede wszystkim wzrost konkurencyjności polskich przedsiębiorstw na rynku europejskim. Powinien jednocześnie stanowić jako program narodowy, zgodnie z zapisami Polskiej Strategii Kosmicznej, uzupełnienie działań w organizacjach międzynarodowych między innymi ESA czy UE. Przede wszystkim najbardziej skuteczne w kontekście wsparcia konkurencyjności w przygotowaniu produktów i świadczeniu usług oraz włączania się w łańcuch dostaw dla inicjatyw, które posiadają dojrzałość technologiczną na poziomie średnim i wysokim oraz tych, które mogą posiadać szczególną wartość w związku z realizacją polityk europejskich na poziomie lokalnym i regionalnym w szczególności w odniesieniu do produktów i usług obserwacji ziemi (aplikacje).

Analiza wykorzystania środków w programach obserwacji Ziemi wykazała, że polskie podmioty mają potencjał na wykorzystanie, co najmniej takich lub większych alokacji środków, w takim programach obserwacji Ziemi ESA (dodatni bilans wydatków versus alokacja na przestrzeni ostatnich lat) oraz tych które posiadają elementy technologiczne zarówno w obszarze budowy systemów jak i aplikacji.

W celu zwiększenia udziału polskich podmiotów w przygotowaniu misji wydaje się celowe kontynuowanie wsparcia rozwoju technologii w programach ESA i NCBiR.

4.2 Analiza użytkowania danych satelitarnych związanych z łącznością

4.2.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach

Rozwój technologiczny w zakresie systemów łączności satelitarnej zmienił w ostatnich latach znacząco podejście do organizacji takich systemów i umożliwił ich rozwój w innym kierunku niż dotychczas. Budowanie i umieszczane na orbicie geostacjonarnej, dużych satelitów wymagało potężnych nakładów finansowych, co powodowało, że jedynie kraje rozwinięte z wysokim PKB realizowały takie inicjatywy i prowadziły równocześnie badania w tym zakresie. Natomiast niepowodzenie misji z jakichś względów pociągało za sobą ogromne straty w przypadku utraty kontroli nad dużym urządzeniem na orbicie GEO lub w trakcie jego wynoszenia. Miniaturyzacja urządzeń, większe zapotrzebowanie na transmisje danych a wraz z rozwojem technologii przechodzenie na coraz wyższe pasmo oraz idea wykorzystania nie tylko orbity GEO i MEO ale również LEO, zapewniła jednocześnie obniżenie kosztów dotyczących eksploatacji satelitów, transmisji oraz zapewniła zwiększenie dostępności sygnału. Co prawda, najnowsze budowane systemy są jeszcze w fazie testów, ale podmioty zaangażowane w ich realizację zapewniają, że w niedługim czasie systemy osiągną poziom operacyjny i dostarczane będą usługi zapewniające szerokopasmowy, bezpieczny dostęp do wymiany informacji w ujęciu globalnym. Kilka podmiotów przemysłowych zdecydowało o rozwoju konstelacji setek a nawet tysięcy satelitów umieszczanych na orbicie LEO, obniżając tym samym koszty ich wynoszenia, budowy oraz eksploatacji. Jedną z takich inicjatyw firmy Space X, jest obecnie w fazie testów swojej mega konstelacji, która przekroczyła już tysiąc urządzeń na niskiej orbicie okołoziemskiej i systematycznie jest powiększana. Docelowo, zakłada się, że liczba satelitów osiągnie 12 tys., które przeznaczone będą do zapewnienia globalnego Internetu szerokopasmowego oraz transmisji również z okolic biegunów ziemskich.

Europa nie planuje pozostawać w tyle, zwłaszcza w obliczu rosnących zagrożeń związanych z zabezpieczeniem szeroko rozumianego bezpieczeństwa, począwszy od zmian klimatycznych, narastających konfliktów etnicznych, sytuacji kryzysowych po akty terroryzmu włącznie. Popyt na rozwiązania w celu zapobiegania tym krytycznym problemom wzrasta w państwach członkowskich UE. Wzrost poziomu i liczby zagrożeń dla Unii Europejskiej i jej państw członkowskich w okresie ostatnich kilku lat spowodował konieczność wprowadzenia nowych mechanizmów obrony. Jednym z krytycznych elementów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania jest dostęp do bezpiecznej łączności w każdym czasie i miejscu. Wykorzystywane komercyjne środki komunikacji satelitarnej nie spełniają tych wymagań. Dlatego też KE w grudniu 2014 roku wyraziła potrzebę ustanowienia bliskiej współpracy pomiędzy ESA, EDA, UE oraz państwami członkowskimi tych organizacji na rzecz utworzenia nowej generacji satelitów dla rządowej komunikacji satelitarnej. Konieczność utworzenia tego typu łączności satelitarnej została potwierdzona w dokumentach strategicznych w Europejskiej Strategii Kosmicznej. Dodatkowo, Parlament Europejski zaakceptował w 2019 r. projekt rozporządzenia ustanawiającego program kosmiczny EU na lata 2021-2027, w którym wprowadzono program bezpiecznej łączności satelitarnej na potrzeby administracji pod nazwą GOVSATCOM.

Polska uczestniczy w wielu aktywnościach związanych z rozwojem łączności satelitarnej na poziomie europejskim i krajowym, umożliwiając przemysłowi jak i ośrodkom naukowym i instytutom aktywny udział w realizacji projektów i badań.

a. ESA

Polska administracja państwowa od początku członkostwa w Europejskiej Agencji Kosmicznej zdecydowała na subskrypcje programu opcjonalnego ATRES (Advanced Research in Telecommunication Systems), to grupa programów poświęconych m.in. pracom rozwojowym w zakresie systemów telekomunikacyjnych. Rolą programu jest kształtowanie i wspieranie innowacji, nie tylko w łączności satelitarnej, ale także

w praktycznych zastosowaniach biznesowych systemów i technologii kosmicznych, takich jak nawigacja satelitarna, obserwacja Ziemi lub lot załogowe.

Jak wynika z poniższej tabeli zwrot geograficzny w tym obszarze w ubiegłych latach był dodatni, tzn. więcej środków wróciło do kraju z realizowanych projektów niż zostało zadeklarowane w składce na program opcjonalny. Niemniej jednak należy mieć na uwadze, że do 2020 r. Polska objęta była Programem Wsparcia Polskiego Przemysłu (PLIIS – Polish Industry Incentive Scheme), który służył wsparciu budowy kompetencji narodowego sektora kosmicznego i jego integracji z programami i działaniami ESA. w jego założeniach oferty przetargowe na projekty wynikające z kierunków naszego zaangażowania w ESA zgodnie ze wskazanymi programami opcjonalnymi adresowane były wyłącznie do polskich podmiotów i nadzorowane przez utworzony Zespół Zadaniowy PL-ESA (Task Force PL-ESA). w ramach programu wykonywane były również projekty związane z łącznością satelitarną.

DOMAIN	2015-Q4	2016-Q4	2017-Q4	2018-Q4	2019-Q1	2019-Q2	2019-Q3	2019-Q4
MANDATORY PROGRAMMES AND ACTIVITIES	0.30	0.72	1.02	1.06	1.09	1.07	1.11	1.06
EARTH OBSERVATION	0.90	1.35	1.33	1.10	1.13	1.11	1.10	1.08
SPACE TRANSPORTATION SYSTEMS	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.64	0.64	1.00
MICROGRAVITY, HUMAN SPACEFLIGHT AND OPERATIONS	0.00	0.36	0.63	0.60	0.58	0.57	0.53	0.69
TELECOMMUNICATIONS, INTEGRATED APPLICATIONS AND NAVIGATION	1.22	1.27	1.24	1.08	1.00	1.17	1.15	1.27
NOT YET ASSOCIATED TO A DOMAIN	1.07	1.10	1.02	0.98	0.99	0.98	0.97	0.93

MANDATORY PROGRAMMES AND ACTIVITIES (Detail)	2015-Q4	2016-Q4	2017-Q4	2018-Q4	2019-Q1	2019-Q2	2019-Q3	2019-Q4
Basic Activities	1.00	2.05	3.06	3.01	3.04	3.13	3.19	3.03
Scientific Programme	0.00	0.33	0.37	0.37	0.40	0.37	0.37	0.35

RYSUNEK 31 ZWROT GEOGRAFICZNY DLA POLSKI

Źródło: raport ESA

Główne podmioty, które były aktywne w tym obszarze to m.in.: SIRC, Space Forest, Wiran. Poniższa tabela przedstawia zrealizowane projekty wyłącznie z poziomem ich finansowania

L.p.	Tytuł ENG	Realizator
1.	Antenna system for re-entry break-up satcom module and antenna technology for re-entry vehicles	WROCLAW UNIV OF TECHNOLOGY
2.	Tubular antenna system for satellite applications	ASTRONIKA
3.	Development of key technologies for frequency generators	SPACEFOREST
4.	Silicon integrated circuits for receiver paths of phased -array radar systems in the 8 - 12 GHz band	SIRC
5.	Integrated W-Band transmitter in IHP SiGe BiCMOS SG13S	SIRC
6.	Design, production and tests of an Engineering Model of S-band diplexer for CubeSat nanosatellites	WIRAN
7.	Development and Qualification of Frequency Generators	SPACEFOREST
8.	The Secure Communication System Testbed of Space Mission (SEC_COM)	NEWIND
9.	Development and Qualification of Dual Redundant Medium Power Master Signal Source	SPACEFOREST
10.	Highly integrated W-band receiver in BiCMOS technology	SIRC
11.	Design, production and tests of an Engineering Model of cheap X-band diplexer for CubeSat nanosatellites	WIRAN
12.	Exploring Encrypted Satellites Data Transfer Testbed (Crypto_SAT)	NEWIND
13.	Highly Integrated Solid State Power Amplifier Operating in X Band	SPACEFOREST

14.	Design, production and tests of an Engineering Model of cheap RX&TX S band antenna for CubeSat nanosatellites	WIRAN
15.	RF Filters with Enhanced Electromagnetic Performance for Space Applications Exploiting Shape Optimization with Free-Form Deformation and Additive Manufacturing Techniques	EM Invent
16.	Fully digital, generic RF-Switch Control Electronic	SPACEFOREST
17.	Development of a highly integrated low-cost X-band SSPA EQM	SPACEFOREST
18.	Compact TX/RX X-Band Diplexers	WIRAN

TABELA 22 PROJEKTY REALIZOWANE W ESA Z UDZIAŁEM POLSKIEGO PRZEMYSŁU I NAUKI

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz raportu ESA

b. Inne narzędzia i programy

Reprezentacja polskiego udziału w pozostałych mechanizmach wsparcia jest znacznie niższa, głównym czynnikiem tego faktu jest brak dedykowanego wsparcia oraz otwarty system aplikowania, który wymaga pewnego poziomu kompetencji oraz doświadczenia zarówno na poziomie narodowym jak i międzynarodowym. Wyniki przedstawione na tabelach 23,24,25 odzwierciedlają udział polskich podmiotów w projektach uruchamianych w ramach europejskiego programu Horyzont 2020, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Narodowego Centrum Nauki.

L. p.	Tytuł ENG	Numer projektu	Realizator	Status realizatora	Data uruchomienia	Data zakończenia	Wartość projektu (EUR)	Dofinansowanie uczestnika (EUR)
1	European Networking for satellite Telecommunication Roadmap for the governmental Users requiring Secure, interoperable, Innovative and standardise D services ENTRUSTED	SU-SPACE-31-SEC-2019	POLSA w ramach konsorcjum (20 europejskich organizacji)	Instytucja Publiczna	15.09 2020	28.02 2023	4.1 mln	862 962,5

TABELA 23 PROJEKTY REALIZOWANE W RAMACH PROGRAMU HORYZONT 2020 Z UDZIAŁEM POLSKIEGO PRZEMYSŁU I NAUKI

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz raportu H2020

L.p.	Tytuł PL	Tytuł ENG	Słowa klucze PL	Realizator	Status realizatora	Data podpisania	Data zakończenia	Wartość projektu
1	Propagacja sygnału w technice okultacji radiowych - symulacja amplitudy i fazy dla misji FORMOSAT-7/COSMIC-2.	Signal propagation in the radio occultation technique, phase and amplitude simulation for FORMOSAT-7/COSMIC-2 mission	radio okultacja, śledzenie sygnału, troposfera	Uniwersytet Przyrodniczy - Wrocław	Uczelnia publiczna	06.07 2016	05.01 2019	99 400,00

TABELA 24 PROJEKTY REALIZOWANE W RAMACH NCN Z UDZIAŁEM POLSKIEGO PRZEMYSŁU I NAUKI

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz raportu NCN

L.p.	Tytuł PL	Numer projektu	Realizator	Status realizatora	Data podpisania	Data zakończenia	Wartość projektu (PLN)
1	Przesyłanie strumienia obrazu przy użyciu komunikacji satelitarnej o krytycznym znaczeniu dla misji	E12942/38/NCB R/2019	Robot Aviation Sp. z o.o.	Przedsiębiorstwo mikro	03.09.2019	24.06.2021	4 974 806,62

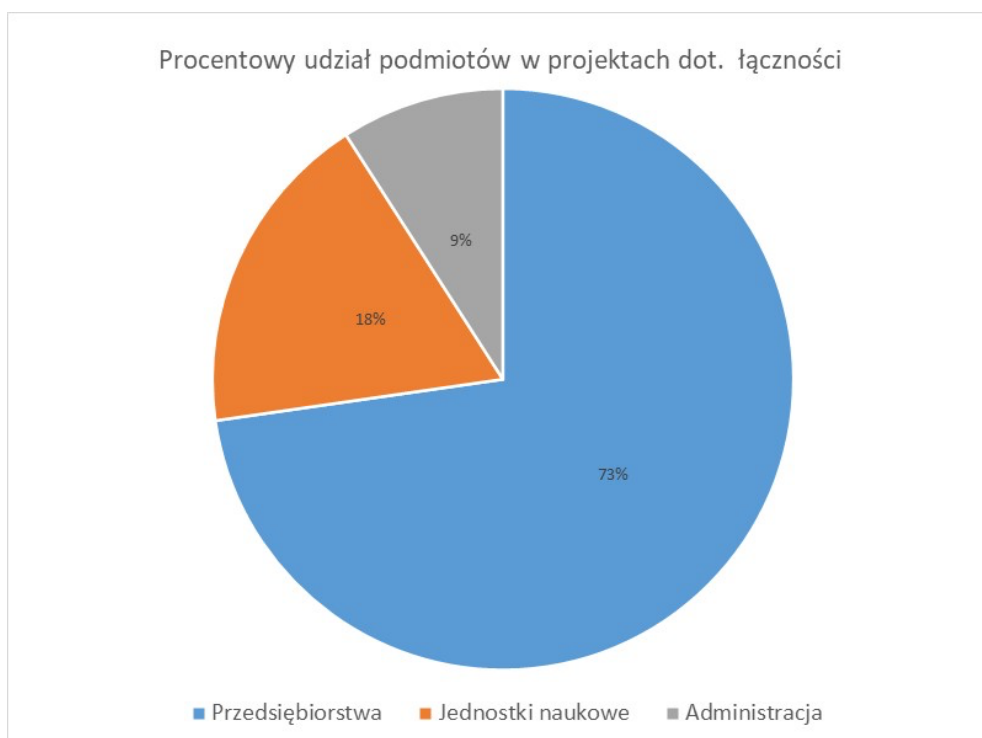
	wykonywany ch przez bezzałogowc e						
2	Samostrojący elektroniczny kontroler satelitarnego generatora splątania kwantowego	POIR.01 .01.01- 00- 1150/1 8	SYDER AL POLSK A Sp. z o.o.	Przedsiębiorstwo średnie	18.06.2019	31.05.2 022	7 860 969,81
3	Multi Beam E-Band AESA Transponder		THORIU M	Przedsiębiorstwo mikro			
4	Płaska Aktywna Antena Nadawczo-Odbiorcza na Pasma Ka		THORIU M				

TABELA 25 PROJEKTY REALIZOWANE W RAMACH NCBiR Z UDZIAŁEM POLSKIEGO PRZEMYSŁU I NAUKI

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz raportu NCBiR

4.2.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:

Zaangażowanie polskich przedsiębiorstw oraz jednostek naukowo-badawczych nie jest pokaźne, jak wynika z zebranych wcześniej informacji. Biorąc pod uwagę dane ilościowe, wyraźnie widać na poniższym rysunku, że dominują przedsiębiorstwa nad jednostkami naukowo-badawczymi oraz zaangażowaniem administracji. Obejmują one jednak dosyć szerokie spektrum zastosowań.



RYSUNEK 32 ILOŚCIOWE ZESTAWIENIE ZAANGAŻOWANIE W PROJEKTY

Źródło: opracowanie własne

Na uwagę zasługują projekty, które można uznać za bardzo innowacyjne m.in. projekt firmy Thorium pn. „Multi Beam E-Band AESA Transponder”, którego celem jest stworzenie zminiaturyzowanego transpondera (urządzenia nadawczo-odbiorczego) działającego w paśmie E (70-90 GHz) dla umieszczania na pokładzie satelitów. w ramach transpondera powstanie również dedykowana i innowacyjna w skali światowej płaska antena patchowa o sterowanej i kształtowanej wiązce. Tak skonstruowany system pozwoli na uzyskiwanie przepływności oferowanych obecnie przez duże satelity telekomunikacyjne – na małych platformach, co jest w pełnej zgodzie z trendem New Space. Podobnie drugi projekt pn. „Płaska Aktywna Antena Nadawczo-Odbiorcza na Pasma Ka”, którego celem jest stworzenie transpondera (urządzenie nadawczo-odbiorcze) działającego w paśmie Ka (26,5 GHz – 40 GHz) dla zastosowań SOTM (Satcom On The Move). W ramach transpondera powstanie również dedykowana płaska antena zdolna do kierowania i formowania wiązki. Pozwoli to na zmniejszenie wagi oraz rozmiaru obecnie wykorzystywanych urządzeń. Głównym zastosowaniem produktu będzie jego umieszczenie na kadłubach

samolotów do wykorzystania komercyjnie przez pasażerów lotów (np. w ramach szybkiego Internetu). Nasze rozwiązanie pozwoli zwiększyć szybkość Internetu na pokładach samolotu o rząd wielkości w stosunku do obecnych systemów.

Ponadto, warto wymienić również zaangażowanie firmy Space Forest, która w ramach programu PLIS zaangażowana były m.in. w: projekt związany z opracowaniem innowacyjnego podejścia, opartego o szynę CAN, do zarządzania przełącznikami mikrofalowymi na pokładzie satelity telekomunikacyjnego, realizowany z partnerem, firmą Tesat SpaceCom z Backnang w Niemczech, projekt, związany z wytworzeniem i kwalifikacją (EQM – Engineering Qualified Model) ultra niskoszumowego generatora, pracującego jako lokalny oscylator w mikrofalowych konwerterach częstotliwości. Urządzenie będzie miało zastosowanie również na pokładach satelitów telekomunikacyjnych. Planowana produkcja ma się rozpocząć już w roku 2021 w fabryce partnera, firmy RUAG Space AB w Goeteborgu w Szwecji oraz projekt związany z wytworzeniem i kwalifikacją (EQM– Engineering Qualified Model) wzmacniacza mikrofalowego (SSPA – Solid Space Power Amplifier) pracującego w paśmie X i opartego o technologie GaN (Arsenek Galu).

4.2.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru

Jak wynika z analizy, aktywność polskich jednostek przemysłowych i naukowo-badawczych wymaga wzmocnienia w obszarze łączności satelitarnej, niemniej jednak tematyka podejmowana przez tych kilka podmiotów jest dosyć innowacyjna i w perspektywie czasowej może posiadać bezpośrednie zastosowanie w satelitarnych urządzeniach lotnych, co daje dobre perspektywy na przyszłość.

Uruchomienie europejskiego programu kosmicznego zawierającego w swojej części rozwój bezpiecznej łączności satelitarnej powinno być dodatkowym bodźcem dla Polski w zakresie włączenia się aktywnie w tą inicjatywę jak i ukierunkowania na ten obszar w zakresie poszerzania wiedzy i kompetencji.

Zgodnie z raportem Northern Sky Research zapotrzebowanie na bezpieczną łączność satelitarną w perspektywie 5 letniej powinno wzrosnąć ok. pięciokrotnie. Co może

spowodować również realizację takiej łączności poprzez konstelacje mikrosatelitarne. Jeżeli taki trend się utrzyma, polskie podmioty powinny znaleźć swoją niszę w tym obszarze, ponieważ już na tym etapie prowadzone są projekty, których rezultaty mogłyby mieć zastosowanie w segmencie mikrosatelitów. Z całą pewnością administracja powinna niezwłocznie doprowadzić do subskrypcji elementu Space Systems for Safety and Security (4S) oraz zwiększenia budżetu w innych elementach programu ARTES, w których rozwijane są urządzenia aktywne bądź pasywne do zastosowania w obszarze łączności satelitarnej. Celem ww. przedsięwzięcia powinno być uzupełnianie wiedzy, kompetencji i doświadczenia przemysłu i nauki z realizacji zadań wspólnie z ESA w tym zakresie oraz wyposażyć Krajowy Program Kosmiczny w narzędzia wsparcia dalszego rozwoju technologii łączności satelitarnej.

4.3 Analiza użytkowania danych satelitarnych związanych z nawigacją

4.3.1 Analiza projektów realizowanych przez polskie podmioty w programach

a. ESA

Program Wsparcia Polskiego Przemysłu (PLIIS – Polish Industry Incentive Scheme)

– program ten służył wspieraniu budowy kompetencji polskiego sektora kosmicznego i jego integracji z programami i działaniami ESA. W jego ramach odbywały się przetargi adresowane wyłącznie na polski rynek, nadzorowane przez specjalny Zespół Zadaniowy PL-ESA (Task Force PL-ESA). Budżet PLIIS wynosił 45% polskiej składki obowiązkowej do ESA podczas tzw. okresu przejściowego, który trwał od 2012 r. do końca 2019 r. w ramach programu wykonywane zostały także projekty związane z nawigacją satelitarną.

W zakresie nawigacji, polskie podmioty zawarły umowy z ESA na realizację następujących projektów w ramach Programu **PLIIS**:

Nazwa projektu	Opis	Data rozpoczęcia	Data zakończenia	Podmiot - lider

GNSSW: GNSS SW-SW (GNSSW) Receiver for Space Multiple Applications	Celem projektu było zaprojektowanie, budowa oraz testy odbiornika kosmicznego dla uniwersalnych aplikacji kosmicznych. Projekt został pozytywnie oceniony przez ESA.	2014-04-30	2016-04-30	GMV
GNSS based livestock transport monitoring system	Celem projektu było opracowanie systemu monitoringu transportu żywych zwierząt, opartego o systemy GNSS. Projekt został pozytywnie oceniony przez ESA. Hertz miał dokończyć powstały produkt w celu jego komercjalizacji.	2014-02-02	2015-10-31	Hertz Systems
Precise Ionospheric Modelling For Improved GNSS Positioning in Poland (PIOMFIPP)	Celem projektu było zbadanie wpływu efektu jonosferycznego na działanie aplikacji o wysokiej dokładności pomiaru sygnału GNSS. Projekt został pozytywnie oceniony przez ESA. Kontynuacja projektu pozwoli na ulepszenie dokładności sygnałów GNSS w Polsce.	2013-10-15	2015-04-30	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Study on demand for precise and legal time services distributed via the Galileo system including development of research methodology	Celem projektu było rozpoznanie zapotrzebowania na usługi związane z dostarczaniem czasu precyzyjnego dystrybuowanego przez system Galileo wśród europejskich podmiotów publicznych i prywatnych z różnych branż.	2013-10-15	2018-03-31	PIKTIME SYSTEMS SP. z O.O.
Evaluation of Galileo/EGNOS services jamming incidence in Central Europe	Celem projektu było badanie zakłóceń serwisów Galileo/EGNOS na terenie Europy Środkowej. Zebrane dane w ramach realizacji projektu pozwolą na opracowanie raportu, dzięki któremu możliwe będzie oszacowanie skali problemu i przygotowanie mapy drogowej dla opracowania dokumentów legislacyjnych oraz technicznych środków zaradczych.	2014-11-11	2019-05-31	PIAP
GNSS interference monitoring system	Celem projektu było opracowanie i zademonstrowanie systemu monitorującego zakłócenia GNSS, zdolnego do monitorowania interferencji w paśmie L,	2015-09-20	2019-04-30	Hertz Systems

	<p>lokalizowania zidentyfikowanych zagrożeń i zapewnienia w czasie rzeczywistym informacji o zakłóceniach na monitorowanym obszarze. Możliwe jest zastosowanie systemu w Galileo (Sensor Stations), jednak wymagane jest wprowadzenie dodatkowych zmian projektu anteny.</p>			
DFMC Ready EGNOS Analysis Module - DREAM (former name: NAVIWAVE)	<p>Celem projektu jest zdefiniowanie globalnego, zunifikowanego interfejsu (ICD) dla narzędzi, skryptów i platform symulacyjnych wykorzystywanych przez Zespół monitorowania wydajności systemu EGNOS, opracowanie zestawu konwerterów, opracowanie generycznego narzędzia do plotowania.</p>	2017-12	2020-03-31	ASSECO POLAND S.A.
GRaSS - Galileo foR Seismography System	<p>Celem projektu jest przeprowadzenie badań do stworzenia systemu zintegrowanego</p>	2017-07-01	2019-10-31	KGHM CUPRUM

	monitoringu geo-sejsmicznego.			
FLIGHT - Flexible environment for GNSS Testing	Zadaniem Astri Polska było zaprojektowanie uniwersalnego oprogramowania, które umożliwi integrację urządzeń testowych, tworząc kompleksowe środowisko do testowania odbiorników GNSS przeznaczonych do zastosowań kosmicznych. Oprogramowanie zostało wdrożone przez ESA w swoim centrum badawczym.	2017-09-01	2019-12-31	ASTRI POLSKA SP.Z O.O.
GNSS SW Receiver for Space applications - Multicore Application SW on Next Generation Multicore Processor	Celem projektu było zaprojektowanie, budowa oraz przetestowanie programowalnego odbiornika sygnału GNSS do zastosowań na małych i średnich platformach satelitarnych. w ocenie ESA rozwój projektu powinien być kontynuowany.	2014-04-30	2016-04-30	GMV
Spacecrafts dedicated remotely disciplined frequency and time standard module	Celem tego działania było przeprowadzenie studium wykonalności opracowania architektury modułu	2014-03-31	2016-09-30	Hertz Systems

	synchronizacji czasu i częstotliwości (RDFTS) zdolnego do dostarczenia pozycji GNSS i zapewnienia dokładnego czasu i częstotliwości dla różnych statków kosmicznych.			
Highly integrated W-band receiver in BiCMOS technology	Celem jest zaprojektowanie prototypu nowatorskiego odbiornika opartego na krzemowym układzie scalonym w częstotliwości 94 GHz (pasmo W).	2016-06-20	2020-02-29	SIRC
Design, production and tests of an Engineering Model of cheap X-band diplexer for CubeSat nanosatellites	Celem projektu jest zaprojektowanie i wykonanie laboratoryjnego prototypu modułu komunikacyjnego – diplexera na pasmo X.	2016-07-15	2018-10-11	WIRAN
GRAVEr - GNSS receiver antenna calibration service for new E-GNSS signals	Celem projektu jest opracowanie i wdrożenie środowiska do kalibracji anten GNSS umożliwiających odbiór sygnałów na różnych częstotliwościach oraz z różnych systemów (GPS, Galileo). w oparciu o procedurę testową opracowaną w ramach projektu, Astri Polska będzie	2018-11-23	2020-07-07	Astri Polska

	w przyszłości świadczyć usługi w zakresie testowania odbiorników GNSS.			
TECHNO - Test Environment for Hybrid NavigatiOn	Astri Polska jest liderem projektu odpowiedzialnym za zaprojektowanie i stworzenie platformy testowej, jej przetestowanie i wdrożenie. Celem projektu jest zaprojektowanie platformy oprogramowania, która pozwoli na integrację aparatury wykorzystywanej przy testowaniu urządzeń wykorzystujących nawigację hybrydową (GNSS + LTE).	2017-05-01	2019-12-31	Astri Polska
FLIRT-PL Fitting Lion Receiver Tests in Poland	Rolą Astri Polska w projekcie było zaprojektowanie oraz produkcja dedykowanego środowiska testowego dla odbiorników GNSS LIOM oraz jego przetestowanie pod kątem konkretnych parametrów.	2015-01-31	2015-01-31	Astri Polska
RAZEM dofinansowanie				€ 2 644 658

TABELA 26 PROJEKTY PLIIS ZWIĄZANE Z NAWIGACJĄ

European GNSS Evolution Programme (EGEP) – celem programu było badanie, rozwój oraz weryfikacja technologii związanych z systemami typu SBAS (Satelitarne Systemy Wspomagające) oraz GNSS (Globalny System Nawigacji Satelitarnej). w zakresie EGEP zbudowane zostały kompetencje, know-how oraz infrastruktura do dalszego rozwoju systemów EGNOS i Galileo. Program został ustanowiony w 2007 r., z terminem realizacji do końca 2015 r. Polska przystąpiła do programu w 2012 r. z kwotą 3,338 mln euro (2013-2015).

W programie **EGEP**, polskie podmioty zawarły umowy z ESA na realizację następujących projektów:

Nazwa projektu	Podmiot
Ionosphere Characterization MONITORING	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
G2G Space Segment B1/Study Extension	GMV INNOVATING SOLUTIONS sp. z o. o.
G2G Sat Phase A/B1	Hertz Systems Ltd Sp.z.o.o (Hertz)
PHASE A/B1 SATELLITE STUDY	Instytut Badań Systemowych PAN
Galileo 2nd Generation Direct L-band signal generation TAS-I	Hertz Systems Ltd Sp.z.o.o (Hertz)
Galileo and Accelerometry (GALAC)	CBK PAN, IBS PAN
Implementation of EGNOS in the maritime domain as effective augmentation system for positioning in inland and pilot navigation	Uniwersytet Morski w Szczecinie
GNSS-EOP: HIGH –FREQUENCY DETERMINATION OF THE EARTH ORIENTATION PARAMETERS BY GNSS	CBK PAN
High Altitude GNSS	GMV INNOVATING SOLUTIONS sp. z o. o. (GMV)
INTIMOD: Integrity for Ionospheric Models	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
WAKATI: a Web Application for GNSSbased Time & Frequency Transfer	GMV INNOVATING SOLUTIONS SP. z O.O.
Accurate Calibration of Multisystem/Multi-frequency GNSS Receiver Chains	GMV INNOVATING SOLUTIONS SP. z O.O.
Razem dofinansowanie	€ 1 427 626

TABELA 27 PROJEKTY EGEP ZWIĄZANE Z NAWIGACJĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji ESA

Navigation Innovation and Support Programme (NAVISP) – Ogólnym celem programu jest pobudzenie przemysłu związanego z nawigacją satelitarną i sektorem PNT (Positioning Navigation Timing) w państwach członkowskich ESA, rozwój technologii i usług oraz wsparcie państw członkowskich ESA w osiągnięciu ich własnych celów związanych z nawigacją.

Realizacja programu NAVISP rozpoczęła się w 2017 r. Struktura programu NAVISP obejmuje trzy Elementy:

- Element 1: Innovation in Satellite Navigation
- Element 2: Competitiveness
- Element 3: Support to Member States

Głównym celem Elementu 1 jest generowanie innowacyjnych koncepcji, technik, technologii i systemów związanych z sektorem PNT, a w szczególności:

- a) opracowywanie studiów wykonalności oraz analiz rentowności pojawiających się nowych koncepcji w sektorze PNT
- b) wkład w formułowanie i wdrażanie strategii i map rozwoju PNT
- c) weryfikacja słuszności koncepcji obiecujących usług opartych na PNT

Działania w ramach Elementu 1 realizowane są na podstawie rocznych planów prac i są w pełni finansowane przez ESA.

Głównym celem Elementu 2 jest utrzymanie, poprawa zdolności i konkurencyjności przemysłu Państw Członkowskich w obszarze technologii i usług PNT na globalnym rynku nawigacji satelitarnej.

Bezpośrednim efektem działań w ramach Elementu 2 powinny być produkty gotowe do komercyjnego wykorzystania, przy czym zakres tych działań powinien być związany z:

- a) ulepszeniem lub rozwojem platformy nawigacji satelitarnej i systemów załadunku (payload system) oraz projektowanie urządzeń
- b) ulepszeniem lub rozwojem segmentu naziemnego systemu nawigacji satelitarnej oraz projektowanie urządzeń
- c) rozwojem produktów PNT mających bezpośrednie znaczenie dla nawigacji satelitarnej

Element 3 koncentruje się na priorytetach państw członkowskich ESA i ma na celu wspieranie krajowych działań nawigacyjnych. Działania podejmowane w ramach Elementu 3 odpowiadają na wyzwania rządowe i publiczne (wymogi instytucjonalne państw członkowskich ESA).

Działania w ramach Elementu 3 mają następujący charakter:

- a) pomoc systemowa i techniczna w zakresie zarządzania i wdrażania krajowych programów i działań na rzecz najbardziej odpowiedniego rozwoju i eksploatacji GNSS oraz szerzej pojętych elementów infrastruktury i technik PNT
- b) opracowywanie i wykorzystywanie narzędzi i urządzeń do testów lub kampanii demonstracyjnych mających na celu dostarczanie nowych produktów i usług PNT użytkownikom instytucjonalnym, na poziomie krajowym lub międzynarodowym
- c) eksploatacja i wykorzystanie laboratoriów, test-bedów i obiektów technicznych ESA przez państwa członkowskie, w celu realizacji krajowych inicjatyw

Działania w ramach tego Elementu są w pełni finansowane przez ESA.

W 2016 r. Polska przystąpiła do Elementu 2 Programu NAVISP. Składka Polski do Programu wynosiła 2,1 mln euro (pierwotnie była to kwota 1,5 mln euro, dodatkowo zwiększona o 0,6 mln euro).

Program NAVISP został pozytywnie oceniony przez państwa członkowskie oraz specjalnie powołany Komitet ds. realizacji Programu – Navigation Innovation and Support Programme Advisory Committee (NAVAC). Zgodnie z zaleceniem Komitetu, kontynuacja i rozszerzenie zakresu oraz budżetu Programu NAVISP wzmocni realizację europejskich celów kosmicznych.

W 2019 r. na Radzie Ministerialnej, państwa członkowskie ESA zgodziły się na wdrożenie II fazy Programu, która będzie realizowana w latach 2020-2022.

Polska na Radzie Ministerialnej w 2019 r. przystąpiła do Elementu 2 Programu z zadeklarowaną kwotą subskrypcji w wysokości 300 tys. euro.

W programie **NAVISP**, polskie podmioty zawarły umowy z ESA na realizację następujących projektów:

Nazwa projektu	Opis	Data rozpoczęcia	Data Zakończenia	Podmiot
Dual Sat	Celem projektu jest rozwój dualnego systemu GALILEO/GPS dedykowanego do monitorowania pojazdów i osób, wzbogaconego o autorski algorytm udokładniania pozycji w trudnych warunkach (np. wysokie budynki, zalesienie). Opracowany system, w tym oprogramowanie oraz odbiornik, będzie odpowiedzią na potrzeby rynku w zakresie wykorzystania systemu Galileo do pozycjonowania obiektów.	2019-04-26	2020 – Q4	Hertz Systems

GNSSW-MLMSC	<p>Celem projektu jest zaprojektowanie modelu „lotnego” odbiornika GNSS i wykonanie jego testów na niskiej orbicie okołoziemskiej (LEO). Przeprowadzenie takiego eksperymentu, pozwoli na znaczne zwiększenie poziomu gotowości technologicznej odbiornika (TRL8) oraz ułatwi jego komercjalizację poprzez zdobycie niezbędnych informacji o tym, jak odbiornik zachowuje się na orbicie. Odbiornik GNSSW, będzie kolejną wersją rozwojową odbiornika, który jest rozwijany w ramach projektu finansowanego z programu PLIIS. Docelowo, komercyjny odbiornik GNSSW będzie dedykowany satelitom operującym na niskiej orbicie okołoziemskiej i będzie podawał pozycję, prędkość i czas (PVT) w oparciu o sygnał GPS L1 i Galileo E1.</p>	2018-07-13	2020-Q1	CBK PAN GMV Hertz Systems
HID	<p>Celem projektu jest stworzenie zaawansowanego systemu informatycznego umożliwiającego zgłaszanie, monitorowanie i reagowanie na sytuacje kryzysowe w celu ocalenia życia i zdrowia poszkodowanych, zapewnienia publicznego bezpieczeństwa oraz koordynowanie odpowiedzi na zgłoszenie. System będzie oparty m.in.</p>	2019-09-02	2021-Q4	ITTI Sp. z o.o.

	o dane pozyskiwane z sygnałów Galileo.			
Razem dofinansowanie			€ 1 275 280	

TABELA 28 PROJEKTY NAVISP ZWIĄZANE Z NAWIGACJĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji ESA

Na Radzie Ministerialnej w 2019 r. Polska przystąpiła do Programu NAVISP (Element 2) z kwotą 300 tys. euro.

b. H2020

Program Ramowy Unii Europejskiej Horyzont 2020 jest obecnie największym w historii Unii programem w zakresie badań naukowych i innowacji. Swym zakresem obejmuje trzy dotychczas odrębne programy wspierania badań na poziomie unijnym. Są to:

- 7. Program Ramowy UE w zakresie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (FP7)
- dedykowaną innowacyjności część Programu Ramowego na Rzecz Konkurencyjności i Innowacji (CIP)
- działania Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT).

W ciągu 7 lat (2014 – 2020) na nowatorskie badania i innowacyjne rozwiązania przeznaczone zostanie łącznie 77 028,3 mln euro. Ponad 1,4 miliarda euro zostało przeznaczone na program Horyzont 2020 na wsparcie konkurencyjności Europy w badaniach kosmicznych.

W programie **Horyzont2020**, w zakresie GNSS, polskie podmioty zawarły umowy na realizację następujących projektów:

Tytuł projektu	Temat	Opis	Data Rozpoczęcia	Data zakończenia	Nazwa podmiotu
----------------	-------	------	------------------	------------------	----------------

Polish Support to Innovation and Technology Incubation	H2020-Galileo-2014-1	Celem projektu było wsparcie rozwoju polskiego sektora GNSS, m.in. poprzez zapewnienie doradztwa eksperckiego dla nowych podmiotów, tworzenia nowych produktów/rozwiązań. w ramach realizacji projektu, zainwestowano ponad 1 mln euro w startupy oraz MŚP objęte wsparciem. Jeden z podmiotów uzyskał ok 2 mln euro grantu na dalszy rozwój. Wsparciem objęto 10 zespołów.	2015-01-01	2016-12-31	BLACK PEARLS INVESTMENTS SP ZOO
Capacity building for aviation stakeholders, inside and outside the EU	H2020-Galileo-2014-1	Celem projektu było promowanie rozwiązań bazujących na systemie EGNOS.	2015-01-01	2017-09-30	KOSMONAUT A.NET SP ZOO
Demonstrator of EGNSS Services based on Time Reference Architecture	H2020-Galileo-2014-1	Celem projektu było spełnienie wymagań dotyczących zapewnienia wczesnych usług Galileo. Elproma odpowiadała za protokoły dystrybucji czasu. Polskiej firmie powierzono też	2015-01-01	2016-12-31	ELPROMA ELEKTRONIKA SP. z O.O.

		zadanie zaprojektowania nowej metody dystrybucji czasu.			
E-GNSS Knowledge Triangle	H2020-Galileo-2014-1	Celem projektu było wzmocnienie współpracy pomiędzy edukacją, nauką i przemysłem w zakresie GNSS. Astri odpowiadało za: zaprojektowanie i wdrożenie technologii Road Shows; promocję projektów wśród krajów UE.	2015-01-01	2016-12-31	Astri Polska Sp. z o.o.
Galileo-based solutions for urban freight transport	H2020-Galileo-2014-1	Głównym rezultatem projektu było opracowanie mobilnej aplikacji na smartfony z systemem Android, zapewniającą innowacyjną, dokładną i taną usługę lokalizacji zewnętrznej/wewnętrznej, która może być stosowana ze standardowym systemem do skanowania. IGIK był zaangażowany w prace dot. określenia potrzeb użytkowników końcowych,	2015-01-01	2017-03-31	INSTYTUT GEODEZJI i KARTOGRAFI I

		integracji systemu, testów oraz końcowej demonstracji.			
MOBile NETwork for people's location in natural and man-made Disasters	H2020-Galileo-2015-1	Celem projektu było stworzenie systemu SAR dla lokalizacji ofiar klęsk żywiołowych, katastrof. SGSP była odpowiedzialna za określenie wymagań użytkowników końcowych oraz przeprowadzenie eksperymentów i pilotażu systemu.	2016-0101	2018-02-28	Szkoła Główna Służby Pożarniczej
Fulfilling enhanced Location Accuracy in the Mass-market through Initial Galileo services	H2020-GALILEO-EUSPA-2017-1	Celem projektu jest stworzenie usług wykorzystujących wysokiej dokładności usługi Galileo.	2017-11-01	30-04-2020	BLUE DOT SOLUTIONS
Search And Rescue Aid and Surveillance using High EGNSS Accuracy	H2020-GALILEO-EUSPA-2017-1	Celem projektu jest zaprojektowanie i rozpoczęcie komercjalizacji dedykowanego rozwiązania opartego na już istniejącym prototypie, przeznaczonego do wyszukiwania i ratowania (SAR) oraz do celów nadzoru. AM odpowiada za włączenie	2018-02-01	2020-01-31	AKADEMIA MORSKA w SZCZECINIE

		do tego projektu obecnych i przyszłych wymagań użytkowników na morzu, w tym za rozwiązanie problemów związanych z pozycjonowaniem, prezentacją danych na elektronicznej mapie nawigacyjnej.			
Razem dofinansowanie					€ 1 390 493

TABELA 29 PROJEKTY H2020 ZWIĄZANE Z NAWIGACJĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji KE

c. NCBiR

Jednym z głównych zadań **Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR)** jest zarządzanie i realizacja strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych, które bezpośrednio przekładają się na rozwój innowacyjności.

Zadania NCBR to to np. wspieranie komercjalizacji i innych form transferu wyników badań naukowych do gospodarki, zarządzanie programami badań stosowanych oraz realizacją projektów z obszaru obronności i bezpieczeństwa państwa. NCBR stara się także zapewnić dobre warunki dla rozwoju kadry naukowej, realizując np. międzynarodowe programy mobilności naukowców.

W ramach programów NCBiR można realizować projekty związane z nawigacją satelitarną. W 2019 roku Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ogłosiło konkurs dedykowany dla sektora kosmicznego na Wsparcie badań przemysłowych

i eksperymentalnych prac rozwojowych lub eksperymentalnych prac rozwojowych dla ścieżki tematycznej: TECHNOLOGIE KOSMICZNE.

Budżet konkursu wynosił 300 mln zł (w tym 50 mln PLN województwie mazowieckim oraz 250 mln PLN w innych województwach). Konkurs 5/1.1.1/2019 Szybka ścieżka „Technologie kosmiczne” ogłoszony był w ramach Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.

Tytuł projektu	Data rozpoczęcia	Data zakończenia	Nazwa podmiotu
Mikrokontroler nawigacyjny do centymetrowej nawigacji satelitarnej ze sprzętowym uwierzytelnianiem pozycji dla urzędzeń autonomicznych	01.11.2020	31.10.2023	ChipCraft Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
System nawigacji wzajemnej satelitów na potrzeby ich serwisowania na orbicie oraz lotu w formacji	01.09.2013	30.11.2016	Politechnika Warszawska
Rozwój zaawansowanej metodologii dla wielosystemowych (BDS, Galileo, GPS) serwisów jonosferycznych czasu rzeczywistego	01.09.2019	31.08.2022	Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie
System Transferu Czasu Galileo	01.09.2012	31.10.2014	PIKTIME SYSTEMS SP. z O.O.
Kryptograficzny odbiornik nawigacji satelitarnej i inercyjnej dla bezzałogowych statków powietrznych	01.06.2020	31.01.2022	HERTZ SYSTEMS LTD. SPÓŁKA z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ
System monitorowania sygnałów systemów	01.09.2018	28.02.2021	BLUE DOT SOLUTIONS SPÓŁKA

nawigacji satelitarnej w otoczeniu infrastruktury krytycznej			z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ
Miniaturowy, dwuczęstotliwościowy, jednoukładowy system scalony do precyzyjnej nawigacji satelitarnej GPS/Galileo zintegrowany z procesorem aplikacyjnym dedykowany do urządzeń IoT o niskim poborze mocy	01.11.2017	31.10.2020	POLITECHNIKA WARSZAWSKA

TABELA 30 PROJEKTY NCBiR ZWIĄZANE Z NAWIGACJĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji NCBiR

d. NCN

Narodowe Centrum Nauki (NCN) wspiera szeroko rozumianą działalność naukowo-badawczą, tak w obszarze krajowym, jak i wymiarze międzynarodowym.

Rada Narodowego Centrum Nauki przyjęła za podstawę procesu kwalifikacji i oceny projektów badawczych podział na 25 paneli dziedzinowych (dyscyplin lub grup dyscyplin), tematycznie pokrywających cały obszar badań naukowych, w trzech głównych działach.

Aktualnie obowiązujący wykaz dyscyplin i grup dyscyplin (paneli NCN) dostępny na stronie <https://www.ncn.gov.pl/finansowanie-nauki/panele-ncn>.

W odniesieniu do możliwości finansowania projektów związanych z nawigacją satelitarną szczególnie interesujące wydają się być następujące panele:

- ST7 Inżynieria systemów i telekomunikacji, w tym: elektronika, telekomunikacja, optoelektronika.

- ST8 Inżynieria procesów i produkcji, w tym: modelowanie, projektowanie, sterowanie, konstrukcje i procesy budowlane, inżynieria materiałowa, systemy energetyczne.
- ST9 Astronomia i badania kosmiczne, w tym: astrofizyka, astrochemia, astrobiologia, Układ Słoneczny, układy planetarne, astronomia gwiazdowa, galaktyczna i pozagalaktyczna, badania kosmiczne, instrumenty.

Tytuł projektu	Data rozpoczęcia	Data zakończenia	Nazwa podmiotu
Doskonalenie metod precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego GNSS w czasie rzeczywistym	06.07.2016	05.01.2019	Uniwersytet Przyrodniczy - Wrocław
Prawne i polityczne aspekty eksploatacji europejskich systemów nawigacji satelitarnej Galileo i EGNOS	18.07.2013	17.07.2015	Uniwersytet Przyrodniczy - Wrocław
Analiza różnoskalowych zaburzeń jonosferycznych na podstawie opracowania wielosystemowych obserwacji GNSS	01.03.2016	31.08.2018	Uniwersytet Warszawski
Wysokorozdzielczy globalny model jonosfery opracowany na podstawie obserwacji satelitarnych multi-GNSS, DORIS i sieci jonosond z wykorzystaniem integracji deterministycznych i stochastycznych technik modelowania	26.07.2017	25.07.2020	Uniwersytet Warmińsko - Mazurski - Olsztyn
Wyznaczanie globalnych parametrów geodezyjnych z wykorzystaniem systemu satelitarnego Galileo	12.06.2018	11.06.2021	Uniwersytet Warmińsko - Mazurski - Olsztyn
Wyznaczanie precyzyjnych orbit satelitów GNSS na podstawie kombinowanych rozwiązań laserowych oraz mikrofalowych	02.01.2019	01.01.2022	Uniwersytet Przyrodniczy - Wrocław

Analiza i doskonalenie modelu matematycznego w zadaniu precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego na podstawie danych z pojedynczej epoki obserwacyjnej na potrzeby pomiarów deformacji w naukach o Ziemi	28.01.2019	27.01.2022	Uniwersytet Przyrodniczy - Wrocław
Badania nad nowymi algorytmami i opracowanie metodyki wykorzystania obserwacji z europejskich systemów nawigacyjnych Galileo i EGNOS w precyzyjnym wyznaczaniu pozycji.	01.10.2019	30.09.2022	Uniwersytet Warmińsko - Mazurski - Olsztyn

TABELA 31 PROJEKTY NCN ZWIĄZANE Z NAWIGACJĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji NCN

e. Inne

7. Program Ramowy UE w zakresie badań i rozwoju technologicznego (FP7)

był jednym z największych mechanizmem finansowania i kształtowania badań naukowych na poziomie europejskim. Był to program siedmioletni (2007-2013) o budżecie wynoszącym prawie 54 miliardów euro. Siódmy program ramowy (FP7) zachęcił do opracowania nowych koncepcji transportu kosmicznego i technologii kosmicznych. Miał także na celu zmniejszenie zagrożeń dla systemów i usług kosmicznych.

W ramach FP7 UE finansowała działania badawczo-rozwojowe w celu:

- opracowywania aplikacji dla społeczeństwa europejskiego, w szczególności związanych z programem Copernicus,
- wzmocnić „fundamenty” kosmiczne, takie jak badania i eksploracja kosmosu, transport kosmiczny i technologia kosmiczna, jednocześnie

współpracując z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA) i innymi podmiotami europejskimi, krajowymi lub regionalnymi,

- wspierać współpracę z określonymi krajami, takimi jak Rosja, Ukraina, Chiny lub kraje afrykańskie,
- wspieranie badań, które przynoszą korzyści małym i średnim przedsiębiorstwom (MŚP) oraz opracowywanie badań w niektórych obszarach polityki.

W programie FP7, w zakresie GNSS, polskie podmioty zawarły umowy na realizację następujących projektów:

Tytuł projektu	Temat	Opis	Data Rozpoczęcia	Data zakończenia	Nazwa podmiotu
Helicopter Deploy GNSS in Europe - kontynuacja	FP7-GALILEO-2011-EUSPA-1-a	Projekt, w polskiej części, polegał na opracowaniu procedur podejść do lądowania opartych o GPS na lotnisku Warszawa Babice.	2012-02-01	2014-06-30	LOTNICZE POGOTOWIE RATUNKOWE POLITECHNIKA ŚLĄSKA POLSKA AGENCJA ZEGLUGI POWIETRZNEJ
Galileo-based solutions for urban freight transport	FP7-GALILEO-2007-EUSPA-1	Celem projektu było opracowanie systemu pozycjonowania, który można zastosować w logistyce, np. śledzenia	2012-02-01	2014-06-30	Poznań University of Technology

		transportu kontenerów.			
IEGLO-Infrastructure based EGNOS/Galileo receiver for personal mobility	FP7-GALILEO-2007-EUSPA-1	Celem projektu było opracowanie prototypu systemu monitorowania i wspomagania poruszania się ludzi niepełnosprawnych, np. z chorobą Alzheimera lub ludzi w podeszłym wieku.	2009-01-15	2010-05-14	PIAP
SAR BeAcon development with CANada	TRANSPORT/GALILEO	W ramach projektu SARBACAN opracowano bezpieczne elementy systemu nawigacji morskiej wykorzystujących dane z satelitów Galileo.	2008-12-15	2010-06-16	PIAP
EGNOS Extension to Eastern Europe	FP7-GALILEO-2008-EUSPA-1	Celem projektu było sprawdzenie czy jest możliwe pełne wdrożenie usługi EGNOS (APV-I 99%) we wszystkich krajach wschodniej Europy.	2010-01-01	2011-10-31	CBK PAN

Precise and secUre autoMotive trAcking	FP7-GALILEO-2008-EUSPA-1	Celem projektu było znalezienie sposobu rozwiązania kwestii dotyczących zakłóceń sygnałów GNSS.	2009-12-15	2011-10-14	Automex Sp. z o.o.
EGNOS Extension to Eastern Europe	FP7-GALILEO-2011-EUSPA-1-a	Celem projektu była m.in. weryfikacja dostępu sygnału EGNOS we wschodniej Europie.	2012-01-14	2013-10-13	CBK PAN
Helicopters Deploy GNSS in Europe	FP7-GALILEO-2007-EUSPA-1	Celem tego projektu jest wdrożenie nowej procedury lądowania APV (pionowe podejście) opartej o satelitarną nawigację GNSS, przeznaczoną dla helikopterów oraz małego lotnictwa.	2009-02-15	2011-05-14	POLSKA AGENCJA ZEGLUGI POWIETRZNEJ PPHU Royal-Star Krzysztof Pawelek
Support ad-Hoc to Eastern Region with Preoperational Actions on GNSS	FP7-GALILEO-2011-EUSPA-1-a	Projekt polegał na organizacji cyklu warsztatów i spotkań dedykowanych dla szeroko rozumianego środowiska lotniczego Europy Środkowej i Wschodniej (z Polski, Estonii, Bułgarii, Grecji	2012-03-15	2013-11-14	POLSKA AGENCJA ZEGLUGI POWIETRZNEJ POLITECHNIKA ŚLASKA

		<p>i Turcji), w celu zbadania możliwości i następnie harmonizacji metod wdrożenia GNSS w ww. krajach; w wyniku zrealizowanego projektu potwierdzona została możliwość wykonania walidacji i opublikowania procedury podejścia do lądowania LPVGNSS w najbliższym czasie.</p>			
Galileo Integrated Optimization with VANET Enhancements	FP7 3rd Call	<p>Projekt dotyczy automatycznego sterowania ruchem pojazdów (Vehicular Ad-Hoc Network) przy wykorzystaniu systemu nawigacyjnego Galileo.</p>	2012	2015	CBK PAN
Galileo Signal Priority	FP7-GALILEO-2011-EUSPA-1-b	<p>Głównym celem projektu było opracowanie systemu priorytetu w sygnalizacji świetlnej dla pojazdów transportu publicznego</p>	2012-01-02	2014-04-01	Politechnika Krakowska

		z wykorzystaniem systemów nawigacji satelitarnej. Politechnika Krakowska odpowiadała za opracowanie algorytmów realizujących priorytety dla transportu zbiorowego w sygnalizacji świetlnej.			
Mitigation of space weather threats to GNSS services	FP7-SPACE-2013-1	Celem projektu była analiza oraz redukcja wpływu pogody kosmicznej na systemy nawigacji satelitarnej. CBK odpowiadał za koordynację przygotowania bazy danych pomiarowych, na podstawie której prowadzona była analiza oraz testy systemów nawigacyjnych.	2014-02-01	2016-07-31	CBK PAN
Research on EGNOS/Galileo in Aviation and Terrestrial Multi-sensors Mobility Applications for Emergency	FP7-PEOPLE-2011-IAPP	Uczestnicy projektu stworzyli prototypy zastosowań GNSS dla utrzymania bezpieczeństwa na lądzie i w powietrzu.	2012-01-01	2015-12-31	Politechnika Śląska - koordynator

Prevention and Handling					
Design of Enhanced Reliable GNSS/UWB Personal Navigation Devices (EIGER)	FP7-SME-2012	Projekt miał na celu realizację systemu umożliwiającego nieprzerwaną nawigację zarówno na zewnątrz jak i w pomieszczeniach, także podczas przemieszczania się pomiędzy tymi środowiskami. PW opracowała ultra szerokopasmową infrastrukturę systemu oraz ultra szerokopasmową część odbiornika modułu nawigacyjnego.	2013-11-01	2015-10-31	Politechnika Warszawska
Razem dofinansowanie					€944 840,00

TABELA 32 PROJEKTY FP7 ZWIĄZANE Z NAWIGACJĄ

Źródło: opracowanie własne na podstawie ankiet przeprowadzonych przez POLSA w ramach publikacji „Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym” oraz informacji KE

Europejska Agencja Systemów Globalnej Nawigacji Satelitarnej (GSA, obecnie Agencja Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego EUSPA) oferuje programy grantowe. Granty są bezpośrednimi wkładami finansowymi przeznaczonymi na sfinansowanie działania mającego na celu osiągnięcie celu stanowiącego część polityki Unii Europejskiej lub funkcjonowanie organu, który realizuje cel leżący

w ogólnym interesie europejskim lub ma cel stanowiący część polityki Unii Europejskiej.

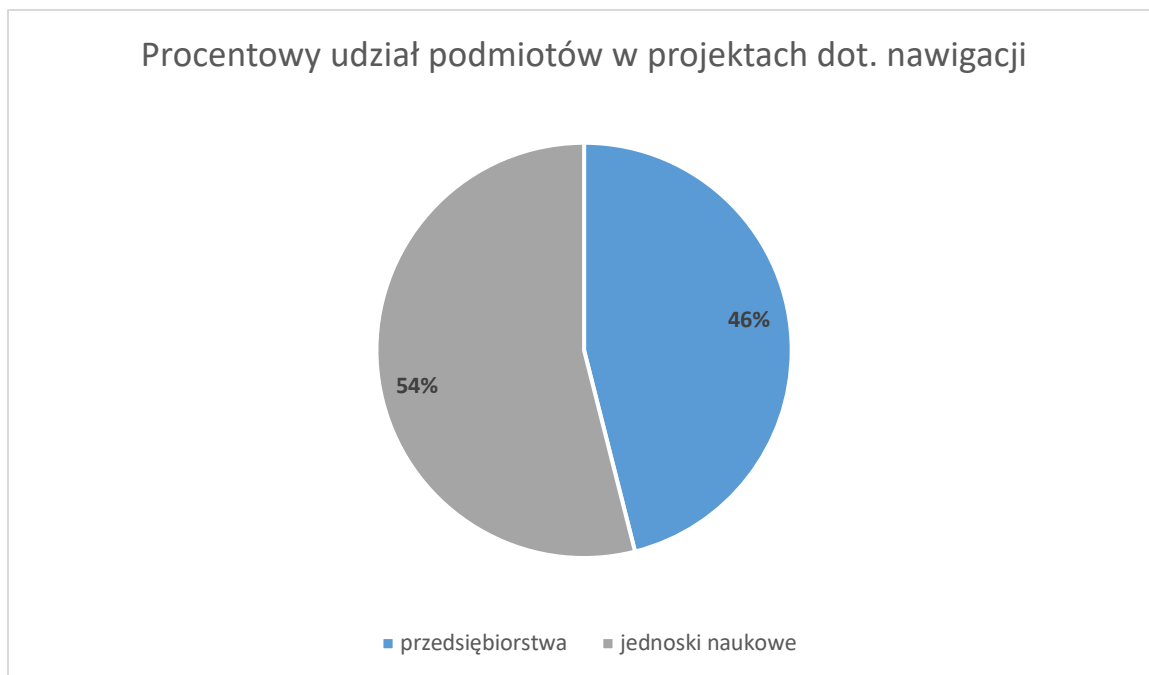
Zgodnie z umowami o delegowaniu zadań Komisji Europejskiej EUSPA może przyznawać granty finansowane w ramach programów GNSS i H2020. Każdego roku EUSPA publikuje roczny plan grantów: cele, harmonogram ogłaszania konkursów do składania wniosków z orientacyjną kwotą oraz oczekiwane wyniki i kryteria.

W ramach prowadzonych przez **GSA** dodatkowych programów grantowych, polskie podmioty realizowały następujące projekty:

- Wsparcie monitorowania wyników systemu EGNOS – CBK PAN
- Wsparcie monitorowania skuteczności serwisów EGNOS – CBK PAN
- Centrum Referencyjne Galileo – państw członkowskich – CBK PAN
- Konstrukcja czasowego odbiornika Galileo do zastosowań o znaczeniu krytycznym – CBK PAN
- Development of low end operational PRS Receivers Including Security Modules Architecture – Hertz Systems weźmie udział w jednym z konsorcjów w budowie odbiornika PRS.
- Konkurs dotyczący wspólnych testów sygnału PRS (Joint Test Activities – JTA) – IŁ-PIB bierze udział w jednym dużym konsorcjum oraz razem z CPA Polska i Strażą Graniczną w małym konsorcjum (PL, CZ, FI).

4.3.2 Komentarz ekspercki do zaprezentowanej analizy:

W świetle wyżej przedstawionych projektów warto zauważyć, że więcej działań jest realizowanych przez jednostki naukowe co przedstawia poniższy wykres.



RYSUNEK 33 PROCENTOWY UDZIAŁ PODMIOTÓW W PROJEKTACH DOT. NAWIGACJI

Źródło: opracowanie własne

Z przedmiotowej analizy łatwo zauważyć, że projekty wykonywane przez polskie przedsiębiorstwa i jednostki naukowo-badawcze obejmują szerokie spektrum zastosowań. Fakt ten wynika z wszechstronnego zastosowania nawigacji satelitarnej. GNSS dzieli się na dwie gałęzie: użytkową i wytwórczą. Użytkowa odnosi się do wszelkich aplikacji, systemów i sprzętu wykorzystujących sygnał nawigacji. Część nazwana przeze mnie wytwórczą zawiera w sobie produkcję komponentów zarówno do satelity nawigacyjnego, jak i do wszelkiego segmentu naziemnego związanego z funkcjonowaniem GNSS. Warto zwrócić uwagę, że część użytkowa charakteryzuje się mniejszym poziomem wejścia na europejski rynek. Część związana z produkcją ważnych dla nawigacji satelitarnej elementów, jak chociażby środowiska do kalibracji anten GNSS umożliwiających odbiór sygnałów na różnych częstotliwościach oraz z różnych systemów lub odbiorniki do sygnałów GNSS, są technologicznie bardziej skomplikowane, a wytworzenie gotowego produktu wiąże się z szeregiem wymagań. w świetle tego trudniej zaistnieć na europejskim rynku firmą tworzącym komponenty GNSS.

Na rozwój polskiego sektora kosmicznego w domenie nawigacji satelitarnej może wskazywać osiągnięty przez Polskę zwrot geograficzny. Geograficzne rozmieszczenie wszystkich kontraktów ESA podlega jednej generalnej zasadzie fair return oznaczającej, iż dla każdego z państw udział jego przemysłu w kontraktach ESA powinien być jak najbliższy udziałowi tego państwa w budżecie Agencji.

Pomiarowi zwrotu służy wyliczony dla każdego państwa współczynnik, który stanowi stosunek pomiędzy kwotą faktycznie otrzymanych kontraktów a wartością oczekiwaną (procentowy udział w finansowaniu Agencji pomnożony przez całkowitą sumę kontraktów udzielonych wszystkim członkom ESA), przy uwzględnieniu wartości technologicznej przyznanych kontraktów. Wskaźnik zwrotu geograficznego w 2019 roku w programie ESA NAVISP (element 2) dla Polski wynosił 2,05. Wskazuje to na dobrze rozwijający się polski sektor kosmiczny w dziedzinie nawigacji satelitarnej.

4.3.3 Wnioski i rekomendacje cząstkowe dla danego obszaru

Kontynuowanie udziału polski w programach opcjonalnych ESA związanych z GNSS oraz zachęcanie do udziału w programach UE i grantach EUSPA oraz rozwijanie rodzimych technologii nawigacji satelitarnej poprzez krajowe instytucje wpisuje się w dynamicznie rozwijający się sektor. Powstanie europejskiego Galileo oraz EGNOS przyspieszyło rozwój europejskiego rynku GNSS oraz dalsze plany jego usprawniania i ulepszania wskazują na tendencję do większych inwestycji w ten sektor oraz większego uniezależnienia się UE od amerykańskiego GPS czy rosyjskiego GLONASS. Na rozwój tego sektora wskazuje także raport Europejskiej Agencji GNSS. w świetle tego rozwoju ważne jest wspieranie rodzimego sektora kosmicznego związanego z nawigacją satelitarną oraz kontynuowanie inicjatyw europejskich, w których mogą uczestniczyć polskie podmioty zwiększając swoje kompetencje, wiedzę i doświadczenie.

5. Wnioski i rekomendacje

Przedstawiony raport podsumowuje stan badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej według wiedzy Polskiej Agencji Kosmicznej na koniec 2020 roku. Ocena stanu badań przestrzeni kosmicznej w Polsce została wykonana w podziale na badania naukowe, rozwój technologii, eksplorację kosmosu oraz systemy wynoszenia. Ocena użytkowania przestrzeni kosmicznej objęła takie aspekty, jak użytkowanie danych satelitarnych związanych z obserwacją Ziemi, użytkowanie danych satelitarnych związanych z łącznością oraz użytkowanie danych satelitarnych związanych z nawigacją. Dla każdego z wymienionych obszarów w obydwu działach została przeprowadzona szczegółowa analiza oraz przygotowane zostały cząstkowe wnioski i rekomendacje. Na tej podstawie opracowano zestaw ogólnych wniosków i powiązanych z nimi rekomendacji, który zaprezentowany jest poniżej.

1. Określono najbardziej obiecujące dla polskiego sektora kosmicznego obszary technologiczne

W wyniku badania polskiego sektora kosmicznego przeprowadzonego przez Polską Agencję Kosmiczną we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną w 2020 roku zidentyfikowano jedenaście najbardziej obiecujących obszarów technologicznych dla polskiego sektora kosmicznego, które zostały ujęte w rozdziale 3.2.3. z analizy wynika, że udało się zbudować solidne kompetencje w wielu obszarach. Wyzwaniem jest utrzymanie tych kompetencji i jednocześnie rozbudowa mechanizmów pozwalających na identyfikację i wspieranie nowych obiecujących obszarów technologicznych.

Rekomendacja 1: Zidentyfikowane obszary, w których polskie podmioty uzyskały kompetencje techniczne nie są listą zamkniętą. Rekomenduje się aktywne poszukiwanie i wspieranie obiecujących technologii kosmicznych opracowywanych przez polskie podmioty, w szczególności w obszarze badań.

2. Zmapowano potrzeby i kompetencje w zakresie użytkowania danych satelitarnych

Zidentyfikowano, że polskie podmioty, zwłaszcza naukowe, mają duże doświadczenie w wykorzystaniu danych satelitarnych, w tym przede wszystkim z obszaru obserwacji Ziemi. Natomiast wykorzystanie danych z obszaru nawigacji i łączności satelitarnej wymaga wzmocnienia.

Rekomendacja 2: Należy aktywnie wspierać polskie podmioty w obszarze wykorzystania danych satelitarnych, w tym we współpracy z EUSPA, Komisją Europejską, EUMTSAT i innymi

Rekomendacja 3: Należy wzmocnić naszą obecność w obszarze wykorzystania danych z systemu Galileo (nawigacja satelitarna) oraz łączności satelitarnej.

3. Zidentyfikowano potrzebę synergii pomiędzy krajowymi i międzynarodowymi źródłami finansowania

Trwają prace nad Krajowym Programem Kosmicznym. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Narodowe Centrum Nauki (NCN) finansują szereg badań z obszaru technologii kosmicznych.

Rekomendacja 4: Należy aktywnie dążyć do wykorzystania efektu synergii pomiędzy różnymi źródłami finansowania.

6. Źródła

1. Departament Strategii i Współpracy Międzynarodowej. (2017). *Analiza polskiego sektora kosmicznego - rekomendacje na rzecz Krajowego Programu Kosmicznego*. Polska Agencja Kosmiczna.
2. Departament Strategii i Współpracy Międzynarodowej. (2020). *Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym*. Polska Agencja Kosmiczna.
3. Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju „Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności” (Monitor Polski z 01.03.2013 r., Poz. 121)
4. ECSS-E-AS-11C *Space Engineering, Adoption Notice of ISO 16290, Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment*
5. ECSS-E-HB-11A, 1st of March 2017, *Space engineering, Technology readiness level (TRL) guidelines*
6. *ESA Generic Product Tree*, date of issue 07/2011
7. Europejska Fundacja Kosmiczna. (2018). *Raport nt. wizerunku sektora kosmicznego w Polsce*. Agencja Rozwoju Przemysłu S. A.
8. EUSPA GNSS Market Report, 2019, Issue 6
https://www.EUSPA.europa.eu/system/files/reports/market_report_issue_6_v2.pdf
9. *Krajowy katalog infrastruktury laboratoryjno-testowej dla branży kosmicznej*:
https://www.arp.pl/__data/assets/pdf_file/0007/79945/Katalog-v1_2-2018_03_23.pdf
10. Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji. (2013). *Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności. Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju*. Warszawa: Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji.
11. Ministerstwo Rozwoju. (2017). *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)*. Warszawa: Ministerstwo Rozwoju.

12. NASA. (2020, 27 stycznia). NASA Selects First Commercial Destination Module for International Space Station. Retrieved from NASA Press Release: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-selects-first-commercial-destination-module-for-international-space-station>
13. Najwyższa Izba Kontroli, Wykonanie w 2019 r. planu finansowego Polskiej Agencji Kosmicznej oraz realizacja programów współfinansowanych z budżetu Unii Europejskiej, LGD.430.002.2020, Nr ewid. 113/2020/P/20/001/LGD, 2020
14. Polska Agencja Kosmiczna. (2018). Ocena rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce. Polska Agencja Kosmiczna.
15. Polska Agencja Kosmiczna. (2018). Polski sektor kosmiczny. Katalog wybranych podmiotów 2018. Warszawa: Polska Agencja Kosmiczna.
16. Polska Strategia Kosmiczna (PSK), przyjęta przez Radę Ministrów Uchwałą nr 6 z dnia 26 stycznia 2017 r. (Monitor Polski z dnia 17 lutego 2017 r., poz. nr 203)
17. Projekt Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające program kosmiczny Unii i Agencję Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego oraz uchylające rozporządzenia (UE) nr912/2010, (UE) nr1285/2013 i (UE) nr377/2014 oraz decyzję nr541/2014/UE. (n.d.).
18. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 20 listopada 2008 r. w sprawie europejskiej polityki kosmicznej: w jaki sposób przybliżyć przestrzeń kosmiczną do Ziemi? (2010/C 16 E/11) (Dz. U. UE. C z dnia 22 stycznia 2010 r.) (Parlament Europejski 20 listopada, 2008).
19. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z sprawie średniego kursu złotego w stosunku do euro stanowiącego podstawę do przeliczania wartości zamówień publicznych (Dz. U. z 2019 r., poz. 2453)

- 20.Strategia Europa 2020 na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu:
<https://www.gov.pl/web/rozwoj/strategia-europa-2020>
- 21.Strategia Kosmiczna dla Europy (Brussels, 26.10.2016 COM(2016) 705 final, Communication From The Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Space Strategy for Europe)
- 22.Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR) do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.), przyjęta przez Radę Ministrów Uchwałą nr 8 z dnia 14 lutego 2017 r. (Monitor Polski z 15.03.2017 r., Poz. 260)
- 23.Umowa pomiędzy Rządem Rzeczypospolitej Polskiej a Europejską Agencją Kosmiczną w sprawie przystąpienia Polski do Konwencji o utworzeniu Europejskiej Agencji Kosmicznej i związane z tym warunki, podpisana w Warszawie dnia 31 lipca 2012 r., oraz Konwencja o utworzeniu Europejskiej Agencji Kosmicznej, sporządzona w Paryżu dnia 30 maja 1975 r. (Dz. U. 2013 poz. 61)
- 24.Ustawa o Polskiej Agencji Kosmicznej (Dz.U. z 2019 r. poz. 1793)
- 25.Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.)
- 26.Ustawa o zasadach prowadzenia polityki rozwoju (Dz.U. 2006 nr 227 poz. 1658 z późn. zm.)
- 27.Wachowicz, M. E. (Ed.). (2017). *Polski sektor kosmiczny. Struktura podmiotowa. Możliwości rozwoju. Pozyskiwanie środków*. Warszawa: Polska Agencja Kosmiczna
- 28.Westman, J.: *ESA Technology Tree. Technical Report. 3.0, STM-271 2nd ed.*, European Space Agency, 2013

Spis rysunków

Rysunek 1: Współczynnik zwrotu dla Polski z programu obowiązkowego ESA w podziale na część związaną z działaniami podstawowymi oraz z programem naukowym.....	25
Rysunek 2: Udział polskich podmiotów w programie obowiązkowym (w mln Euro)	26
Rysunek 3: Udział podmiotów komercyjnych i badawczych w programie obowiązkowym	27
Rysunek 4: Udział polskich podmiotów w programie Prodex (w mln Euro)	28
Rysunek 5: Udział procentowy podmiotów komercyjnych i jednostek naukowo-badawczych w programie prodex	28
Rysunek 6 : Uśrednione kwoty przeznaczane w latach 2014-2020 na badania w analizowanym obszarze finansowane przez Narodowe Centrum Nauki (mln zł)..	30
Rysunek 7 : Finansowanie jednostek naukowych przez Narodowe Centrum Nauki w panelu tematycznym ST9 - Astronomia i badania kosmiczne w latach 2014-2020 wg jednostek naukowych (mln zł).....	30
Rysunek 8 : Finansowanie jednostek naukowych przez Narodowe Centrum Nauki w projektach związanych z badaniami kosmosu poza panelem ST9, w latach 2014-2020 (mln. zł)	31
Rysunek 9: Badania dotyczące przestrzeni kosmicznej, finansowane przez Narodowe Centrum Nauki łącznie we wszystkich panelach, w latach 2014-2020 wg jednostek naukowych (mln zł).....	32
Rysunek 10 : Hipotetyczna wartość współczynnika zwrotu dla programów obowiązkowych wyrażona w mln €	35
Rysunek 11 Uproszczony schemat podziału na poziomy technologii	37
Rysunek 12 Wartość poszczególnych projektów technologicznych wg programów ESA.....	39
Rysunek 13 udział poszczególnych grup podmiotów w realizacji projektów w ramach programu UE Horyzont 2020.	48
Rysunek 14 udział poszczególnych grup podmiotów w realizacji projektów w ramach różnych programów NCBiR	51
Rysunek 15 udział procentowy projektów w programach krajowych i międzynarodowych.....	52
Rysunek 16 Procentowa wartość poszczególnych projektów realizowanych przez polskie podmioty w programie Polish Industry Incentive Scheme w podziale na domeny technologiczne.	56
Rysunek 17 Maksymalna wartość TRL osiągnięta w każdej domenie w programie PLIIS	57

Rysunek 18 Udział poszczególnych domen technologicznych w latach 2015-I kwartał 2020 we wszystkich programach ESA.....	59
Rysunek 19 Struktura podmiotowa w latach 2015-2019 w programach ESA.....	60
Rysunek 20 mapa drogowa projektu EU SRC in Space Robotics PER ASPERA.....	75
Rysunek 21 udział podmiotów według ich struktury w projektach eksploracyjnych w ramach programów: ESA, UE, NCBiR oraz NCN	78
Rysunek 22 wartość projektów w obszarze eksploracji kosmicznej w podziale na instytucje finansujące.....	79
Rysunek 23 Suma programów międzynarodowych i krajowych (PLN)	80
Rysunek 24 Budżet umów zawartych w latach 2015-2020.....	100
Rysunek 25 Typy projektów w działaniu Development and Production of Space Segment (budżet w mln euro)	101
Rysunek 26 Budżet roczny w podziale na programy dotyczące obserwacji ziemi	102
Rysunek 27 Struktura podmiotów w programach obserwacji Ziemi	103
Rysunek 28 Budżet w podziale na typ podmiotów	104
Rysunek 29 Sumaryczny budżet projektów w podziale na typ podmiotu	109
Rysunek 30 Sumaryczny budżet projektów w podziale na typ podmiotu	110
Rysunek 31 Zwrot geograficzny dla Polski	118
Rysunek 32 Ilościowe zestawienie zaangażowanie w projekty	124
Rysunek 33 Procentowy udział podmiotów w projektach dot. nawigacji.....	154

Spis tabel

Tabela 1 Szczegóły dotyczące programu PLIIS ESA	40
Tabela 2 podział otrzymanych oraz rekomendowanych do realizacji ofert w ramach plis na klasyfikacje działań	43
Tabela 3 Projekty w programie GSTP	46
Tabela 4 Projekty z H2020	47
Tabela 5 Lista projektów technologicznych sfinansowanych przez NCBiR.....	50
Tabela 6 liczba poszczególnych projektów w ramach PLIIS, w tym zakończonych i trwających, w podziale na domeny technologiczne.....	55
Tabela 7 Najważniejsze domeny technologiczne wskazywane przez krajowe podmioty realizujące projekty w ramach programów i misji Europejskiej Agencji Kosmicznej.....	64
Tabela 8 projekty PLIIS związane z eksploracją robotyczną	66
Tabela 9 projekty TRP związane z eksploracją robotyczną	67
Tabela 10 projekty GSTP związane z eksploracją robotyczną	68
Tabela 11 projekty E3P związane z eksploracją robotyczną	70
Tabela 12 projekty dotyczące eksploracji kosmicznej w H2020	73
Tabela 13 projekty dotyczące eksploracji kosmicznej w ncbir	76

Tabela 14 projekty dotyczące eksploracji kosmicznej w ncn.....	77
Tabela 15 Projekty realizowane w obszarze technologii wynoszenia przez polskie podmioty	87
Tabela 16 budżet polski w podziale na programy obserwacji ziemi według stanu na 2020 rok.	99
Tabela 17 wartość umów dot. obserwacji ziemi w euro 2016 - 2020 (I kwartał).....	103
Tabela 18 Stan w programach obserwacji Ziemi na 2020 rok.....	105
Tabela 19 roczny, sumaryczny budżet polskich podmiotów w programie horyzont.....	109
Tabela 20 roczny, sumaryczny budżet projektów w programach ncbir	111
Tabela 21 roczna, szacunkowa kwota wsparcia w poszczególnych programach	113
Tabela 22 Projekty realizowane w ESA z udziałem polskiego przemysłu i nauki.....	120
Tabela 23 Projekty realizowane w ramach programu Horyzont 2020 z udziałem polskiego przemysłu i nauki	121
Tabela 24 Projekty realizowane w ramach NCN z udziałem polskiego przemysłu i nauki....	122
Tabela 25 Projekty realizowane w ramach NCBiR z udziałem polskiego przemysłu i nauki .	123
Tabela 26 projekty PLIIS związane z nawigacją	132
Tabela 27 projekty EGEP związane z nawigacją.....	134
Tabela 28 projekty NAVISP związane z nawigacją.....	138
Tabela 29 projekty H2020 związane z nawigacją	142
Tabela 30 projekty NCBiR związane z nawigacją	144
Tabela 31 projekty NCN związane z nawigacją.....	146
Tabela 32 projekty FP7 związane z nawigacją	152

Załącznik A: Zestawienie projektów badawczych i działań naukowych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki i realizowanych w panelu tematycznym ST9 - Astronomia i badania kosmiczne, w latach 2014 - 2020.

Lp.	Tytuł Projektu	Podmiot
1	Tomografia gruntu Marsa przy zastosowaniu rozwiązań odwrotnych do fal ELF generowanych przez burze piaskowe w falowodzie grunt - jonosfera	Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica - Kraków
2	Badanie ośrodka międzygwiazdowego - obserwacje instrumentem HERSCHEL/HIFI	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
3	Turbulentna lepkość w niestacjonarnych dyskach akrecyjnych wokół czarnych dziur	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
4	Pulsary milisekundowe - ewolucja, pochodzenie. Konsekwencje dla własności gęstej materii.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
5	Badanie struktury i dynamiki dżetów w aktywnych jądrach galaktyk poprzez modelowanie własności promienistych blazarów.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
6	Badanie rozmieszczenia materii metodami astronomii rentgenowskiej	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
7	Analiza składu chemicznego symbiotycznych olbrzymów	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
8	Sejsmologia gwiazd typu Beta Cephei z pola satelity BRITE	Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica - Kraków
9	Poszukiwanie i wyznaczenie precyzyjnych parametrów układów podwójnych z olbrzymami	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
10	Struktura i ewolucja masywnych gwiazd - badanie za pomocą pierwszego polskiego satelity BRITE-PL1 "Lem" będącego częścią Konstelacji BRITE.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

11	Mgławice planetarne z podwójnymi gwiazdami centralnymi	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
12	Analiza statystyczna układów hierarchicznych w gromadach gwiazdowych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
13	Obiekty post-AGB w Obłokach Magellana	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
14	Interpretacja i modelowanie własności pulsarów w szerokim zakresie częstotliwości.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
15	Przeptyw promieniowania w dyskach akrecyjnych wokół czarnych dziur z relatywistycznym rozpraszaniem Komptona	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
16	Porównanie wysokoenergetycznych widm i zmienności aktywnych galaktyk i akreujących układów podwójnych z czarnymi dziurami i ich konsekwencje dla modeli akrecji	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
17	Precyzyjne pomiary rotacji i orbitalnego momentu pędu w układach podwójnych gwiazd, jako test modeli powstawania i ewolucji.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
18	Spektroskopia układów zaćmieniowych i jej wielorakie zastosowanie w precyzyjnym wyznaczaniu parametrów gwiazdowych.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
19	Statystyczna analiza fotometrycznych obserwacji wybuchów i superwybuchów nowych karłowatych.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
20	Udział Polski w misji INTEGRAL (International Gamma Ray Astrophysics Laboratory). V	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
21	Wielomodalne, nieradialne i modulowane oscylacje gwiazd RR Lutni i Cefeid	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
22	"Analiza gwiazd zmiennych w gromadach gwiazdowych:	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

23	parametry absolutne gwiazd; odległości, wiek i dynamika gromad. "	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
24	Cefeidy w układach podwójnych jako unikalne laboratorium astrofizyczne do kalibracji kosmicznej skali odległości oraz badania teorii pulsacji i ewolucji gwiazd	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
25	Ewolucja Rzeczywistych Gromad Gwiazdowych - Rozbudowa kodu Numerycznego MOCCA oraz jego Zastosowania do Analizy Globalnych i Lokalnych Parametrów Gromad, Analiza Populacji Obiektów "Szczególnych", Porównanie Wyników Symulacji z Obserwacjami.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
26	Badanie procesów ewolucyjnych gwiazd olbrzymów na podstawie danych spektroskopowych z Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO)	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
27	Badanie atmosfer gorących jowiszów	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
28	Poszukiwanie fal grawitacyjnych z rotujących gwiazd neutronowych przy użyciu sprzętowych akceleratorów obliczeń	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
29	Badanie wysokoenergetycznych własności radiogalaktyk z szerokimi liniami emisyjnymi (BLRG).	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
30	Wszelchswiat@domu: ULXs, Zrodla GR, Progenitory SNIa	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
31	Analiza profili zaćmień w gwiazdach nowych karłowatych.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
32	Międzynarodowe Laboratorium Stowarzyszone HECOLS	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
33	Własności gwiazd symbiotycznych różnych populacji Drogi Mlecznej i jej galaktyk satelitarnych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

34	Zmienne przepływy akrecyjne	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
35	Analiza Asterosejsmiczna Gwiazd Pulsujących	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
36	Olbrzymy w układach zaćmieniowych jako doskonałe laboratorium astrofizyczne	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
37	Polska Sieć Bolidowa	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
38	Badania najbliższego sąsiedztwa Sgr A*: spin, błyski i inne obiekty zwarte	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
39	DYNAMIKA i MORFOLOGIA ODDZIAŁUJĄCYCH GALAKTYK	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
40	w poszukiwaniu tysięcy układów symbiotycznych - progenitorów supernowych typu Ia?	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
41	Udział Polski w projekcie LOFT	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
42	Zmienne źródła rentgenowskie i gwiazdy neutronowe	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
43	Obserwacje gwiazd zwartych a struktura ich rdzenia	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
44	Badanie struktury pyłu na 30 i 21 mikrometrach w galaktykach o różnej metaliczności	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
45	Dokładny wgląd w różne populacje gwiazdowe halo Galaktyki za pomocą wielkich przeglądów spektroskopowych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
46	Obszerna analiza obserwacji fotometrycznych HT Cassiopeiae, będącej "kamieniem z Rosetty" pośród nowych karłowatych.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
47	Relatywistyczne symulacje magnetohydynamiczne dysków akrecyjnych wokół czarnych dziur	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
48	Wyznaczenie parametrów fizycznych cefeid II typu w układach zaćmieniowych.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
49	Klasyczne gwiazdy pulsujące w systemach gwiazdowych. Wpływ	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

	dominującego modu na formę i stabilność pulsacji.	
50	Gorący Wszechświat w dziedzinie rentgenowskiej	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
51	Różnorodne układy podwójne z czarnymi dziurami w gromadach kulistych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
52	Wpływ i wypływ materii wokół czarnych dziur i gwiazd neutronowych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
53	Kinetyczne symulacje niestabilności w relatywistycznej plazmie	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
54	Przyczyny zmienności gorących gwiazd	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
55	Dynamika nadciekłych gwiazd neutronowych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
56	Udział Polski w naukowym rozwoju nowego teleskopu rentgenowskiego ATHENA	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
57	Struktura i ewolucja ultra-jasných astrofizycznych źródeł rentgenowskich	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
58	Składy chemiczne olbrzymów symbiotycznych i ich osobliwości jako wskaźniki ewolucji w układzie podwójnym.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
59	Pomiar rozkładu absorpcji w aktywnych jąder galaktyk	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
60	Wszechstronne i kompleksowe badania rozdzielonych układów zaćmieniowych w ramach projektu CREME wraz z przygotowaniem bazy danych i katalogu rezultatów DEBOOLA jako usługi internetowej dostępnej publicznie.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
61	Późne etapy ewolucji gwiazd widziane przez Herschel/HIFI	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
62	Mapping the close environments of accreting black holes through X-ray reverberation	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

63	Efektywność produkcji dżetów w radiogalaktykach z szerokimi liniami emisyjnymi	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
64	Badanie Układów Podwójnych z Akreującym Białym Karłem poprzez Symulacje Numeryczne	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
65	Układy wczesnego typu widmowego jako idealne narzędzie do kalibracji kosmicznej skali odległości.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
66	The history of a neutron star's magnetic field	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
67	Astrofizyka bardzo wysokich energii z wykorzystaniem obserwatoriów H.E.S.S. i MAGIC	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
68	Przejściowe źródła fal grawitacyjnych związane z gwiazdami neutronowymi: modele i analiza danych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
69	Ewolucja Gromad Gwiazdowych z Wielokrotnymi Populacjami Gwiazd - Rozbudowa Kodu Numerycznego MOCCA oraz Porównanie Wyników Symulacji z Obserwacjami	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
70	Narzędzia do szukania okresowości w AGN w erze "Big Data"	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
71	Interpretacja i modelowanie profili oraz polaryzacji pulsarów.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
72	Porównanie promienistych własności kwazarów "radiowo głośnych" i "radiowo cichych"	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
73	Precyzyjny pomiar stałej Hubble'a w dobie projektu Gaia	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
74	Cykle życiowe gwiazd nowych z zaawansowanymi ewolucyjnie donorami	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
75	Astronomia gwiazdowa z pomocą globalnej zrobotyzowanej sieci teleskopów "Solaris"	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
76	Czerwone nowe i ich pozostałości	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

77	Nietypowe galaktyki w kontekście kosmologicznym	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
78	Od modeli rdzenia i skorupy gwiazd neutronowych do obserwacji pulsarów i źródeł rentgenowskich	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
79	Symulacje akrecji na gwiazdy neutronowe z uwzględnieniem promieniowania w relatywistycznej magnetohydrodynamicie	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
80	Rotating neutron stars: dense-matter interiors and gravitational-wave searches using the time-domain F-statistic method	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
81	Zaawansowane modele galaktyk karłowatych z wykorzystaniem metody superpozycji orbit	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
82	Skorupa gwiazd neutronowych a emisja fal grawitacyjnych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
83	Relatywistyczne radiacyjne symulacje magnetohydrodynamiczne dysków akrecyjnych w układach podwójnych z czarną dziurą: implikacje dla przejściowych stanów widmowych czarnej dziury.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
84	Cefeidy klasyczne jako laboratoria teorii ewolucji i pulsacji gwiazd	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
85	Astrofizyka Fal Grawitacyjnych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
86	Spektroskopia gwiazdowa w bliskim ultrafiolecie: odkrywanie przeszłości i budowanie przyszłości	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
87	Cefeidy II typu jako precyzyjne wskaźniki odległości	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
88	Przegląd nieba i poszukiwanie asteroid bliskich Ziemi przy użyciu metody śledzenia syntetycznego.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
89	Gwiazdne zderzenia: powody i skutki gwiazdnych kolizji badane metodami interferometrycznymi	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
90	Masywne układy podwójne jako doskonałe laboratorium	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

	do studiowania formowania się i ewolucji gwiazd oraz pomiaru kosmicznych odległości	
91	Przegląd nieba rentgenowskiego za pomocą eROSITA: akrecja w Galaktykach Aktywnych w erze danych masowych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
92	Relatywistyczne modele gwiazd neutronowych z lepkością	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
93	Od pulsarów przejściowych do źródeł ultrajasných - promieniowanie, strugi i wyptywy w akreujących gwiazdach neutronowych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
94	Ciepłe korony w magnetycznych dyskach akrecyjnych wokół czarnych dziur	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
95	Grając w „CHESS” z gwiazdami: Odszyfrowywanie historii wzbogacenia Galaktyki w pierwiastki chemiczne za pomocą ich obfitości w gwiazdach	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
96	Badania gwiazd neutronowych, czarnych dziur i związanych zjawisk przejściowych przy użyciu astronomicznych satelitów	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
97	Symulacje jasnych i stabilnych dysków akrecyjnych wokół czarnych dziur	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
98	Określenie i zbadanie nowych charakterystyk modelowania stanu pogody jonosferycznej i ich eksperymentalne testy i aplikacje	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
99	Wielkie Bombardowanie w Układzie Słonecznym: kraterzy uderzeniowe, problem dostarczania substancji lotnych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
100	Rentgenowski spektrometr obrazujący STIX: zdefiniowanie szczegółowych celów naukowych i sposobu prowadzenia obserwacji na podstawie modelowania	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk

	matematycznego przyrządu, oraz jego systemu testującego	
101	Badanie warunków fizycznych w strukturach korony słonecznej na podstawie analizy ich promieniowania rentgenowskiego.	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
102	ChemiX: opracowanie założeń naukowych i konstrukcji (faza B) nowego spektrografu Bragga na misję międzyplanetarną Interhelioprobe (IHPM)	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
103	Badanie struktur nieliniowych i procesów przyspieszania cząstek w otoczeniu ziemskiej fali uderzeniowej	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
104	Polski udział w misji kosmicznej NASA Interstellar Boundary Explorer (IBEX): astronomia atomów neutralnych	Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk
105	RESONANCE- badanie fundamentalnych procesów w plazmie okołoziemskiej, multi punktowa nowatorska metoda diagnostyki pól elektromagnetycznych	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
106	Badanie rozbłysków słonecznych na podstawie obserwacji wykonanych za pomocą polskiego spektrofotometru SphinX	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
107	Rentgenowski polarymetr- spektrometr SOLPEX: zdefiniowanie szczegółowych celów naukowych, opracowanie i testowanie unikalnych węzłów pomiarowych oraz sposobu prowadzenia obserwacji na podstawie modelowania matematycznego przyrządu	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
108	Analiza turbulencji w plazmie kosmicznej	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
109	Analiza pola magnetycznego oraz rekoneksji magnetycznej	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk

	w zewnętrznym otoczeniu heliosfery.	
110	Modelowanie odpowiedzi detektorów Caliste-SO na oświetlanie promieniowaniem rentgenowskim rozbłysków słonecznych z użyciem pakietu Geant4.	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
111	Polski udział w misji kosmicznej NASA Interstellar Boundary Explorer (IBEX): skąd pochodzi Ciepła Bryza i jaki ma związek z asymetrią heliosfery?	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
112	Rentgenowski spektrometr obrazujący STIX: symulacje rekonstrukcji widm i obrazów rentgenowskich.	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
113	Ośrodek międzygwiazdowy w okolicy Słońca: wnioski z analizy obserwacji strumieni atomów neutralnych	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
114	Badanie stanu plazmy w rozbłyskach słonecznych na podstawie analizy widm rentgenowskich uzyskanych za pomocą przyrządu Bent Crystal Spectrometer z pokładu satelity NASA Solar Maximum Mission.	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
115	Badanie rozbłysków słonecznych na podstawie obserwacji wykonanych za pomocą polskiego spektrofotometru SphinX	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
116	Struktura wiatru słonecznego - kto ma rację?	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
117	Z IBEX-em do IMAP-a: badanie oddziaływania wiatru słonecznego z ośrodkiem międzygwiazdowym na podstawie obserwacji atomów neutralnych i modelowania	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
118	Astrofizyka procesów wokół zwartych obiektów kosmicznych	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk

119	Ciąg główny kwazarów	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
120	Populacje gwiazdowe gigantycznych radioźródeł	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
121	Lokalny relatywistyczny rachunek zaburzeń w hydrodynamice i ogólnej teorii względności oraz jego zastosowania w kosmologii	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
122	Hiperakrecja materii na czarną dziurę	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
123	Ograniczenia na własności ciemnej energii w oparciu o obserwacje aktywnych galaktyk	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
124	VERIGO - Ruchy Galaktyk Testują Grawitację i Kosmologię.	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
125	Pochodzenie rozbłysków gamma i ich wielozakresowa charakterystyka	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
126	LUSTRE - Testy grawitacji i ciemnej energii w lokalnym Wszechświecie	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
127	Bezzderzeniowe fale uderzeniowe i turbulencja w nietermicznych źródłach promieniowania	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
128	Rozkład przestrzenny dawki promieniowania kosmicznego na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej - projekt DOSIS 3D	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
129	Badanie promieni kosmicznych ultra-wysokich energii w Obserwatorium Pierre Auger	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
130	Przyspieszanie cząstek i generacja turbulencji elektromagnetycznej w plazmie kosmicznej	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
131	Nietermiczna emisja Dysku Galaktycznego: narzędzie do badania pochodzenia i propagacji promieniowania kosmicznego	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
132	Pomiar składu promieni kosmicznych ultra-wysokich energii	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
133	Polowanie na Galaktyczne pevatrony z obserwatorium HAWC	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk

134	Poszukiwanie rozbłysków gamma w energiach GeV za pomocą Obserwatorium HAWC	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
135	Fale uderzeniowe jako źródła wysokoenergetycznych cząstek	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
136	Udział Polski w projekcie Advanced Virgo	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
137	Astronomia fal grawitacyjnych: udział zespołu Polgraw w projektach Advanced Virgo i Advanced LIGO	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
138	Izotopizacja modeli kosmologicznych	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
139	Testowanie modeli kosmologicznych przy użyciu głębokich przeglądów nieba	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
140	Klasyfikacja galaktyk o przesunięciu ku czerwieni ~ 1	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
141	Klasyfikacja i badanie grupowania podczerwonych galaktyk	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
142	Badanie właściwości grupowania galaktyk we wczesnych etapach ewolucji Wszechświata	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
143	Badanie polaryzacji fotonów gamma pochodzących z rozbłysków gamma na podstawie symulacji komputerowych detekcji fotonów w eksperymencie satelitarnym POLAR	Instytut Matematyczny PAN
144	Eksperyment EUSO-TA - kalibracja detektora i pomiary promieniowania kosmicznego najwyższych energii w koincydencji z eksperymentem Telescope Array	Instytut Matematyczny PAN
145	Badanie wpływu parametrów modeli oddziaływań wielkich energii na rozwój WPA i możliwości	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock

	pomiarowe eksperymentu JEM-EUSO	
146	Ewolucja i historia formowania się populacji gwiazdowych w czerwonych galaktykach pasywnych.	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
147	Pomiar promieniowania kosmicznego najwyższych energii w ramach Współpracy JEM-EUSO - przygotowanie elementów detektora, wykonanie pomiarów i analiza danych.	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
148	Badanie efektów kwantowej grawitacji w kosmologii i teorii czarnych dziur w oparciu o modele pian spinowych	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
149	VIPERS i dalej: ewolucja galaktyk w strukturze wielkoskalowej Wszechświata	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
150	ASTROdust: wyczerpujący opis atenuacji pyłu w galaktykach na podstawie miliona galaktyk obserwowanych przez satelitę Herschel	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
151	Szerokokątna, tomograficzna analiza wielkoskalowej struktury wszechświata oraz jej wpływu na mikrofalowe promieniowanie tła	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
152	Kosmologia bez teorii zaburzeń	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
153	Poprawa precyzji pomiarów fotometrycznych uzyskiwanych z pierwszych polskich satelitów naukowych.	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
154	Badania zderzeń jonów i atomów z cząsteczkami występującymi w atmosferze i materii międzygwiazdowej	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
155	Globalny Teleskop Astrofizyczny	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock

156	Zróznicowane rodziny planetoid jako brakujące ogniwo w historii Układu Słonecznego	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
157	Efekty selekcji obserwacyjnej w fizyce planetoid	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
158	Pochodzenie komet bliskoparabolicznych. Czy Gaia zmieni nasze poglądy na ich źródło?	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
159	Stabilność układów hierarchicznych w gromadach kulistych	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
160	Rodziny planetek zbliżających się do Ziemi	Politechnika Śląska - Gliwice
161	PanDust: everything you always wanted to know about cosmic dust	Uniwersytet Gdański
162	Nowa taksonomia planetoid jako narzędzie do zrozumienia budowy systemów planetarnych	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
163	Planetoidy typu V z wewnętrznego Pasa Głównego jako pozostałości zróżnicowanych planetozymali	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
164	Obserwacje na teleskopie 30-metrowym IRAM i współpraca z ekspertami	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
165	Błyski gamma i supernowe rzucają światło na sposób zdobywania gazu przez galaktyki	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
166	Interferometria optyczna gwiazd symbiotycznych	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
167	Aktywne jądra galaktyk gigantycznych radioźródeł	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
168	Magnetyczna diagnostyka oddziaływań galaktyk w grupach i gromadach	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
169	Korelacje pomiędzy promieniowaniem optycznym a promieniowaniem gamma najwyższych energii dla blazarów: PKS 2155-304.	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
170	Badanie gwiazd nowych karłowatych i nowych rentgenowskich w oparciu o obserwacje i analizę danych	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań

	fotometrycznych i spektroskopowych.	
171	Teoretyczne badanie relatywistycznych "dżetów" z wykorzystaniem danych obserwacyjnych w szerokim zakresie częstości widma elektromagnetycznego, od fal radiowych do wysokoenergetycznego promieniowania gamma.	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
172	Zaawansowane metody 3D MHD i badania polarymetryczne namagnesowanej plazmy galaktycznej	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
173	Obserwacyjna weryfikacja prawa ściemnienia brzegowego z użyciem zaćmieniowych układów kontaktowych obserwowanych przez satelitę Kepler	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
174	Poszukiwania wielko-skalowych pól magnetycznych w czysto-dyskowej galaktyce karłowatej NGC2976 metodami polarymetrii radiowej	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
175	Dlaczego tylko niektóre kwazary są radiowo głośne?	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
176	Badanie najistotniejszych czynników kształtujących pogodę kosmiczną	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
177	Ewolucja dynamiczna radiogalaktyk - badanie obiektów z wielokrotnymi stanami aktywności.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
178	Własności emisji radiowej galaktyk na niskich częstotliwościach radiowych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
179	Badanie struktury podpowierzchniowej gruntu marsjańskiego metodą analizy parametrów rezonansu Schumanna	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
180	Badanie regularnego pola magnetycznego w Kwintecie Stephana	Uniwersytet Jagielloński - Kraków

181	Naturalny czas życia komet w Układzie Słonecznym	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
182	Korelacja radio-podczerwień dla galaktyk obserwowanych przez satelitę AKARI w przeglądzie całego nieba	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
183	Zaawansowane badania 3D MHD turbulencji i helikalności krzyżowej.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
184	Wpływ warunków fizyczno-chemicznych na proces powstawania gwiazd: identyfikacja i analiza własności młodych obiektów gwiazdowych w zewnętrznych częściach Galaktyki	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
185	Identyfikacja blazarów OGLE w Obłokach Magellana oraz badanie ich zmienności.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
186	Badanie rozciągniętej struktury wysokoenergetycznej blazara 1ES 0414+009 w danych H.E.S.S.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
187	Wzmacnianie parametryczne sygnału w obrazowaniu astronomicznym	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
188	Produkcja i propagacja cząstek wysokoenergetycznych w przestrzeni kosmicznej: od Układu Słonecznego i ośrodka międzygwiazdowego do supermasywnych czarnych dziur i gromad galaktyk	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
189	Polski wkład w przygotowanie i przeprowadzenie programu badawczego projektu CTA w pierwszej fazie działania	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
190	Ku lepszemu zrozumieniu roli i znaczenia międzygalaktycznych pól magnetycznych w parach i grupach galaktyk	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
191	Obserwacje optyczne oraz analiza danych obserwacyjnych galaktyk jasnych w podczerwieni na podstawie przeglądu ADF-S	Uniwersytet Jagielloński - Kraków

192	Spontaniczny rozpad małych ciał Układu Słonecznego	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
193	PerSiL Color dla zaplamionych gwiazd. Wielobarwne studium analizy morfologicznej krzywych blasku układów kontaktowych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
194	Prognozowanie zaburzeń geomagnetycznych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
195	Określenie liczby klas rozbłysków gamma przy pomocy wnioskowania statystycznego	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
196	Poszukiwanie charakterystycznych skał czasowych oraz quasi-periodycznych oscylacji w blazarach: oddziaływanie dysk - dzet.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
197	Czy możemy obserwować w pobliskich galaktykach spiralnych podgrzewanie gazu międzygwiazdowego przez rekoneksję magnetyczną?	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
198	Więcej niż grupa, mniej niż gromada: niskoczęstotliwościowe badania nietypowych, małowielkich układów galaktyk przy użyciu interferometru LOFAR i przeglądu LoTSS.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
199	Ewolucja dynamiczna radiogalaktyk - sondowanie przeszłości centralnej supermasywnej czarnej dziury w oparciu o analizę stowarzyszonej wielkoskalowej emisji radiowej.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
200	Nowatorskie i systematyczne podejście do badania szerokopasmowej zmienności galaktyk aktywnych w skalach czasowych od dziesiątek lat do minut	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
201	Nowe wieloparametrowe podejście do badania kosmicznych błysków promieniowania gamma z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków

202	Kosmologiczne konsekwencje teorii wykraczających poza Model Standardowy w kontekście astronomii fal grawitacyjnych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
203	Międzygwiazdowe obiekty w Układzie Słonecznym	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
204	Badanie ewolucji czarnych dziur i ich relatywistycznych wpływów w układach astrofizycznych: od kolapsujących masywnych gwiazd do galaktyk aktywnych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
205	Rozwiązanie zagadki długich wtórnych okresów pulsujących czerwonych olbrzymów	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
206	Modelowanie procesów produkcji promieniowania gamma wysokich energii w źródłach kosmicznych w świetle najnowszych obserwacji satelitarnych i czerenkowskich	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
207	Badania promieni kosmicznych skrajnie wysokich energii ($E > 10^{19}$ eV), modernizacja detektorów powierzchniowych i radiowych w Obserwatorium Pierre Auger.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
208	Badanie promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach - opracowanie pomiarów z Detektora Fluorescencyjnego Obserwatorium Pierre Auger	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
209	Konstrukcje mechanizmów przyśpieszania cząstek w źródłach kosmicznych poprzez modelowanie procesów wysokich energii w kontekście najnowszych obserwacji satelitarnych i Czerenkowskich	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
210	Optymalizacja procedur analizy danych z teleskopów czerenkowskich w zakresie najniższych energii	Uniwersytet Jagielloński - Kraków

211	Modelowanie emisji nietermicznej ze strug w aktywnych jądrach galaktyk	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
212	Badanie emisji rentgenowskiej i gamma galaktyk aktywnych i układów podwójnych z czarnymi dziurami.	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
213	Przepływy akrecyjne wokół czarnych dziur jako źródła astrocząstek	Uniwersytet Łódzki
214	Badanie promieni kosmicznych skrajnie wysokich energii ($E > 10^{19}$ eV), modernizacja detektorów powierzchniowych i radiowych w Obserwatorium Pierre Auger (AugerPrime)	Uniwersytet Łódzki
215	Zaawansowane modele emisji promieniowania wysokich energii z niejednorodnych źródeł kosmicznych	Uniwersytet Łódzki
216	Udział Polski w budowie, uruchomieniu oraz przeprowadzeniu wstępnego programu obserwacji za pomocą nowej generacji obserwatorium astrofizyki wysokich energii - LST	Uniwersytet Łódzki
217	Fale magnetohydrodynamiczne i dynamika plazmy w obszarach spokojnych Słońca i dziurach koronalnych	Uniwersytet Łódzki
218	Symulacje numeryczne częściowo zjonizowanej, dwu-płynowej atmosfery Słońca	Uniwersytet Łódzki
219	Realistyczne symulacje numeryczne dwu-płynowej granulacji Słońca w częściowo zjonizowanej plazmie	Uniwersytet Łódzki
220	Kwazary o szerokich liniach absorpcyjnych - ich pochodzenie oraz ewolucja	Uniwersytet Łódzki
221	Astrometria gwiazdowa przy użyciu interferometrii wielkobazowej (VLBI)	Uniwersytet Łódzki

222	Krytyczne badania relatywistycznych dżetów w blazarach	Uniwersytet Łódzki
223	Ewolucja kształtów mgławic planetarnych	Uniwersytet Łódzki
224	Poszukiwanie nowych gromad galaktyk metodą detekcji efektu Suniajewa-Zeldowicza w głębokich, ślepych przeglądach radiowych przy użyciu radio kamer pracujących w zakresie fal centymetrowych.	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
225	Testowanie mechanizmów i procesów powstawania masywnych gwiazd metodami interferometrii radiowej	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
226	Poszukiwanie przyczyn nadobfitości litu w czerwonych olbrzymach z planetami	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
227	Pensylwańsko-Toruński Projekt Poszukiwań Planet przy gwiazdach zaawansowanych ewolucyjnie	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
228	Funkcja masy w niejednorodnych modelach kosmologicznych	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
229	"Kinematic backreaction" w kosmologicznych symulacjach N-body.	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
230	Spektroskopowy przegląd młodych protogwiazd w liniach wody i tlenu węgla przy pomocy instrumentu PACS na Herschel	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
231	Kosmologiczne symulacje N-ciałowe w ujęciu relatywistycznym versus Ciemna Energia	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
232	Osobliwe widma międzygwiazdowe	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
233	Nowa generacja modeli dynamo napędzanego promieniowaniem kosmicznym.	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
234	Planety innych słońc.	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń

235	Znaczenie promieniowania w ultrafiolecie podczas wczesnych etapów powstawania gwiazd	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
236	Badanie środowiska wokół masywnych młodych gwiazd	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
237	Gorące Jowisze na niekołowych orbitach: poszukiwanie dodatkowych planet i detekcja oddziaływań planeta-gwiazda	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
238	Badanie spolaryzowanej składowej emisji promieniowania gwiazd neutronowych izolowanych oraz w małomasywnych rentgenowskich układach podwójnych w optycznym zakresie widma elektromagnetycznego.	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
239	Badania nowej populacji galaktyk aktywnych	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
240	Wpływ wiatrów napędzanych promieniami kosmicznymi na galaktyki dyskowe i ewolucję ich momentu pędu	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
241	Astrosejsmologia pulsujących gorących podkarłów obserwowanych sondą Kepler.	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
242	Obserwacje naziemne jasnych gwiazd badanych przez satelitę BRITTE	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
243	Fotometryczne i spektroskopowe badanie zmienności optycznej klasycznych gwiazd typu T Tauri	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
244	Analiza rejonu niskich częstości transformaty Fouriera krzywych jasności gwiazd z sondy Kepler.	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
245	Ewolucja i pas niestabilności gorących podkarłów w dwóch starych gromadach otwartych	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
246	Demistyfikacja gorących podkarłów typu B z użyciem danych satelitarnych KEPLER, TESS oraz GAIA.	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń

247	Analiza heliosferycznej modulacji promieniowania kosmicznego w cyklu 24 w oparciu o dane misji PAMELA	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
248	Badania wysokiej rozdzielczości widm mgławic międzygwiazdnych i laboratoryjnych widm siarczków metali przejściowych	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej - Kraków
249	Powstawanie i ewolucja rezonansów ruchu średniego w układach planetarnych	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej - Kraków
250	Ewolucja gwiazd centralnych wyznaczona za pomocą obserwowanych zmian strumieni mgławic planetarnych	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej - Kraków
251	Obserwacje korony słonecznej teleskopem LOFAR podczas przejścia sondy Parker Solar Probe przez peryhelium	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej - Kraków
252	Kosmiczna Sieć jako laboratorium Ciemnej Energii i Ciemnej Materii.	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej - Kraków
253	Formacja i ewolucja podwójnych obiektów zwartych	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej - Kraków
254	Badanie ewolucji galaktyk za pomocą soczewkowania grawitacyjnego	Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny - Siedlce
255	Zastosowanie obserwacji detektorów fal grawitacyjnych w astrofizyce i kosmologii	Uniwersytet Rzeszowski
256	Wpływ aktywności magnetycznej na globalne parametry chłodnych gwiazd	Uniwersytet Szczeciński
257	Poszukiwanie i analiza gwiazdowych układów podwójnych w projekcie OGLE	Uniwersytet Warmińsko - Mazurski - Olsztyn
258	Wyznaczenie odległości do galaktyk Grupy Lokalnej na podstawie jasności punktu odgięcia gałęzi czerwonych olbrzymów w bliskiej podczerwieni.	Uniwersytet Warmińsko - Mazurski - Olsztyn
259	Astrometria zjawisk mikrosoczewkowania	Uniwersytet Warszawski

	grawitacyjnego w satelitarnej misji Gaia - nowe okno badań ciemnej materii w Galaktyce.	
260	Współpraca, badania i rozwój na rzecz Teleskopu Einsteina (Networking and R&D for the Einstein Telescope)	Uniwersytet Warszawski
261	Emisja z układów podwójnych z pulsarem w zakresie wysokich i bardzo wysokich energii.	Uniwersytet Warszawski
262	Obserwacje, charakterystyka i symulacje przy wykorzystaniu kodów ewolucyjnych nowej klasy gwiazd pulsujących w układach podwójnych.	Uniwersytet Warszawski
263	Populacje gwiazdowe w Systemie Magellana	Uniwersytet Warszawski
264	Automatyczna klasyfikacja gwiazd zmiennych z wykorzystaniem hierarchicznych systemów uczących się	Uniwersytet Warszawski
265	OGLE-IV: Największy Przegląd Zmienności Nieba	Uniwersytet Warszawski
266	Astrofizyka pozagalaktyczna w projekcie OGLE	Uniwersytet Warszawski
267	Podgrzanie wszechświata w uzasadnionych teoretycznie i zgodnych z danymi empirycznymi modelach inflacji	Uniwersytet Warszawski
268	Zjawiska tymczasowe z misji Gaia i OGLE w badaniu ekstremalnych środowisk centralnych rejonów galaktyk i populacji supermasywnych czarnych dziur.	Uniwersytet Warszawski
269	Badanie ciemnej materii i czarnych dziur za pomocą misji kosmicznej Gaia.	Uniwersytet Warszawski
270	Rentgenowskie Układy Podwójne: Pierwsze rozszerzenie projektu Universe@home	Uniwersytet Warszawski

271	Poszukiwanie i analiza statystyczna układów podwójnych w Obłokach Magellana	Uniwersytet Warszawski
272	Gwiazdy olbrzymy w układach podwójnych zaćmieniowych jako doskonałe laboratorium astrofizyczne.	Uniwersytet Warszawski
273	Obrazowanie Galaktyki za pomocą gwiazd pulsujących	Uniwersytet Warszawski
274	Badanie struktury i wczesnej ewolucji Drogi Mlecznej za pomocą gwiazd typu RR Lyrae	Uniwersytet Warszawski
275	Czy czarne dziury mogą rozwiązać zagadkę ciemnej materii?	Uniwersytet Warszawski
276	Ruchy własne z misji Gaia jako narzędzie do ważenia gwiazd	Uniwersytet Warszawski
277	Polsko-litewskie polowanie na galaktyczne czarne dziury	Uniwersytet Warszawski
278	Astrofizyczne zastosowania mikrosoczewkowania grawitacyjnego w Drodze Mlecznej	Uniwersytet Warszawski
279	Mikrosoczewkowanie astrometryczne w przedłużonej kosmicznej misji Gaia	Uniwersytet Warszawski
280	Zmienność nieokresowa w projektach OGLE, Gaia i LSST	Uniwersytet Warszawski
281	Poszukiwanie i analiza gwiazd aktywnych magnetycznie i ich cykli aktywności	Uniwersytet Warszawski
282	Asterosejsmologia gwiazd pulsujących typu β Cephei w zaćmieniowych układach podwójnych	Uniwersytet Warszawski
283	Badanie zależności pomiędzy różnymi przejawami aktywności słonecznej	Uniwersytet Warszawski
284	Wykorzystanie gwiazd pulsujących do badania ewolucji gwiazd i układów gwiazdowych	Uniwersytet Warszawski
285	Asterosejsmologia zespołowa młodych gromad otwartych	Uniwersytet Warszawski

286	Asteroseismologia rotujących gwiazd typu SPB	Uniwersytet Warszawski
287	Statystyczna analiza modeli kosmologicznych rozszerzonej grawitacji i modeli z polem skalarnym	Uniwersytet Warszawski
288	Ewolucja i niestabilność pulsacyjna gwiazd masywnych po fazie ciągu głównego	Uniwersytet Wrocławski
289	Skład chemiczny a pulsacje gwiazd typu B	Uniwersytet Wrocławski
290	Gwiazdy typu B w układach podwójnych	Uniwersytet Wrocławski
291	Wkład oscylacji plazmy o wysokiej częstotliwości do globalnego grzania korony słonecznej	Uniwersytet Wrocławski
292	Ewolucja i Pulsacje Gwiazd Masywnych	Uniwersytet Wrocławski
293	Asteroseismologia gwiazd gorących w dobie obserwacji satelitarnych i fotometrii masowej	Uniwersytet Wrocławski
294	Badanie quasi-okresowości obserwowanych w rozbłyskach słonecznych.	Uniwersytet Wrocławski
295	Katalog zatrzymanych słonecznych erupcji koronalnych.	Uniwersytet Wrocławski
296	Sejsmiczne ograniczenia na budowę wewnętrzną gwiazd typu widmowego a i F	Uniwersytet Wrocławski
297	Asterosejsmiczne ograniczenia na procesy mieszania w gwiazdach typu B	Uniwersytet Wrocławski
298	Gwiazdy neutronowe: powstawanie, budowa, scalanie	Uniwersytet Wrocławski
299	Metaliczności gwiazd typu HADS oraz SX Phoenicis	Uniwersytet Wrocławski
300	Analiza obserwacyjna oraz modelowanie teoretyczne efektów pływowych w ekscentrycznych układach podwójnych z masywnymi składnikami	Uniwersytet Wrocławski

301	Radio magnetary: nie dipolowe pole magnetyczne gwiazd neutronowych a fizyka promieniowania magnetarów	Uniwersytet Wrocławski
302	Polarymetryczne obserwacje białych karłów typu DC oraz masywnych układów rentgenowskich z gwiazdami Be.	Uniwersytet Wrocławski
303	Zagadka mechanizmu promieniowania radiowego pulsarów.	Uniwersytet Wrocławski
304	Opracowanie i analiza kosmologiczna katalogu galaktyk z całego nieba na podstawie przeglądu satelitarnego WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer)	Uniwersytet Wrocławski
305	Widma typu GPS w magnetarach i pulsarach - wpływ własności ośrodka międzygwiazdowego na promieniowanie radiowe	Uniwersytet Wrocławski
306	Gorąca plazma z akrecji: pogłębiona diagnoza oparta o obserwacje w zakresie X i gamma	Uniwersytet Wrocławski
307	Dyski akrecyjne w mało-masywnych układach rentgenowskich	Uniwersytet Wrocławski
308	Wpływ różniczkowej rotacji na masę maksymalną gwiazd kwarkowych	Uniwersytet Zielonogórski
309	Kształt wiązki emisyjnej pulsarów.	Uniwersytet Zielonogórski
310	Badanie niejednorodności zjonizowanego ośrodka międzygwiazdowego za pomocą obserwacji pulsarów polskimi stacjami radioteleskopu LOFAR.	Uniwersytet Zielonogórski

Załącznik B: Zestawienie projektów badawczych i działań naukowych dotyczących przestrzeni kosmicznej, finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki poza panelem ST9 w latach 2014 - 2020.

Lp.	Tytuł Projektu	Podmiot
1	Dziecięca astronomia. Jak starsze przedszkolaki i mali uczniowie wyjaśniają kształt Ziemi, miejsce Ziemi w kosmosie oraz zjawisko dni i nocy	Akademia Pedagogiki Specjalnej im. M. Grzegorzewskiej - Warszawa
2	Modelowanie nieregularnych zmian ruchu obrotowego Ziemi z wykorzystaniem geodezyjnych wyznaczeń parametrów orientacji przestrzennej planety oraz najnowszych modeli geofizycznych	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
3	Synteza metod sterowania adaptacyjnego dla układów z dynamiczną stabilizacją położenia (robot typu ballbot oraz skaczący)	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
4	Mobilność niehomonimicznych robotów kosmicznych w obecności przestrzennie rozległych przeszkód posiadających moment pędu	Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
5	Energia pola grawitacyjnego: aspekty geometryczne, funkcjonalno-analityczne oraz zastosowania fizyczne	Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk
6	Spektroskopia i powstawanie tiocyjanianów, izotiocyjanianów oraz innych związków siarki w ośrodku międzygwiazdowym	Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk
7	Fotochemia i spektroskopia wybranych cząsteczek węglowo-azotowych o znaczeniu astrochemicznym	Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk
8	Astrochemia związków siarki: sieć reakcje i spektroskopia	Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk

9	Wydajność detektorów luminescencyjnych na protony dla pomiarów dawki promieniowania kosmicznego na orbicie Ziemi oraz w dozymetrii wiązek akceleratorowych	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
10	Wykorzystanie metod analizy kształtu impulsu w fizyce neutrin i Ciemnej Materii	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
11	Badania jąder atomowych i procesów jądrowych w niedostępnych dotychczas obszarach spinu, izospinu i energii wzbudzenia z zastosowaniem technik detekcyjnych i akceleryjnych najnowszej generacji - współpraca pomiędzy COPIN i INFN	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
12	Dynamo magnetyczne indukowane przez siły wyporu	Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk
13	Analiza przepływów turbulentnych z fazą dyspersyjną – wpływ dwustronnego sprzężenia pędu oraz grawitacji na statystyki ruchu cząstek	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy - Warszawa
14	Wielonarzędziowa metoda przetwarzania danych geochemicznych pochodzących z niewielkiej ilości materii pozaziemskiej powstałej w wyniku procesu wielofazowego.	Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk
15	Badanie symetrii CP i CPT oraz struktury i rozpadów mezonów przy niskich energiach w eksperymentach KLOE/KLOE-2	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
16	Problem interpretacji kwantowej grawitacji w badaniach nad początkową osobliwością kosmologiczną	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
17	Aksinowa ciemna materia w scenariuszach z niską temperaturą podgrzania	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock

	Wszecłwiata po okresie inflacji kosmologicznej	
18	Poszukiwanie dłuęozyciowych masywnych naładowanych cząstek za pomocą detektora CMS przy LHC działającym z energią zderzeń proton-proton 13 TeV	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
19	Poszukiwanie nowego egzotycznego bozonu w rozpadach lekkich mezonów	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
20	Detekcja pośrednia cząstek Ciemnej Materii w detektorze Super-Kamiokande	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
21	Detekcja pośrednia cząstek Ciemnej Materii przy uęyciu wodnych detektorów neutrin	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
22	Ciemna materia: modele teoretyczne, cząstki kandydatki i perspektywy ich doświadczalnego odkrycia	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
23	Mechanika kwantowa i kwantowa kosmologia w formalizmie rozszerzonej przestrzeni fazowej	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
24	Kwantowe pochodzenie kosmologicznej ekspansji oraz pierwotnych struktur we Wszecłwicie	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
25	Wpływ efektów nierównowagowych i termicznych na ewolucję Ciemnej Materii w plazmie Wczesnego Wszecłwiata	Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Otwock
26	Nowe metody sterowania zrobotyzowanym montażem teleskopu astronomicznego klasy 0,5-m	Politechnika Poznańska
27	Nowe Metody Redukcji Zakłóceń Impulsowych w Obrazach Astronomicznych	Politechnika Śląska - Gliwice
28	Niskoenergetyczne procesy jądrowe w zależnej od czasu teorii funkcjonału gęstości energii.	Politechnika Warszawska

29	Zasoby surowców metalicznych i ich złoża na ciałach macierzystych chondrytów zwyczajnych	Politechnika Wroclawska
30	Fragmentacja jonów związków węglowodorowych w zderzeniach z gazami występującymi w materii międzygwiazdowej	Uniwersytet Gdański
31	Skutki impaktu meteorytowego w nieskonsolidowane osady - przykład deszczu meteorytów żelaznych "Morasko", Polska	Uniwersytet im. A. Mickiewicza - Poznań
32	Poszukiwania cząstek ciemnej materii w rozpadach mezonu π^0 przy użyciu detektora KLOE-2 we Frascati	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
33	Grawitacja kwantowa w ujęciu modelu Kauzalnych Dynamicznych Triangulacji	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
34	Czasoprzestrzenie asymptotycznie anty-de Sittera, turbulencja i korespondencja AdS/CFT	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
35	Ewolucja wczesnego wszechświata od skali inflacji do skali Plancka z uwzględnieniem poprawek kwantowo-grawitacyjnych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
36	Kosmologiczne ograniczenia na kwantowe teorie grawitacji	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
37	Nanoprzestrzenna inżynieria krystaliczna nowych rozgałęzionych magnetyków molekularnych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
38	Poszukiwania bezpośrednich oddziaływań cząstek ciemnej zimnej materii	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
39	Materia i grawitacja kwantowa w modelu Kauzalnych Dynamicznych Triangulacji	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
40	Wpływ topologii na strukturę fazową kwantowej grawitacji w modelu Kauzalnych Dynamicznych Triangulacji	Uniwersytet Jagielloński - Kraków

41	Teorie pola ze zwartymi przestrzeniami fazowymi - od grawitacji do układów złożonych	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
42	Badania kwantowej geometrii czasoprzestrzeni	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
43	Poszukiwania bezpośrednich oddziaływań cząstek ciemnej zimnej materii w eksperymencie DarkSide	Uniwersytet Jagielloński - Kraków
44	Precyzyjne pomiary neutronowych przekrojów czynnych przy urządzeniu n_TOF w CERN	Uniwersytet Łódzki
45	Czarne obiekty i pola materii w teoriach unifikacyjnych.	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
46	Dynamiczny kolaps grawitacyjny	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
47	Pola fermionowe w czasoprzestrzeniach defektów topologicznych i czarnych dziur	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
48	Czarne obiekty we wczesnym Wszechświecie	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
49	Eksperymentalne zarządzanie w polityce przestrzeni kosmicznej Unii Europejskiej	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej - Lublin
50	Wolność badań naukowych w świetle prawa międzynarodowego	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
51	Przegląd widm obłoków międzygwiazdowych w wysokiej rozdzielczości	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
52	Rozpraszanie kwantowe optycznie wzbudzonych molekuł – obliczenia z zasad pierwszych i ultradokładne pomiary dla układów molekularnych istotnych w badaniach atmosfer Ziemi, planet i egzoplanet	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
53	Badania nad pochodzeniem życia przy użyciu zaawansowanej spektroskopii molekularnej z optycznymi grzebieniami częstotliwości	Uniwersytet Mikołaja Kopernika - Toruń
54	Polityczne i strategiczne uwarunkowania militaryzacji	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej - Kraków

	przestrzeni kosmicznej - perspektywa amerykańska	
55	Bezpieczeństwo energetycznej infrastruktury krytycznej w Polsce w aspekcie pogody kosmicznej	Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny - Siedlce
56	Wyznaczanie globalnych parametrów geodezyjnych z wykorzystaniem systemu satelitarnego Galileo	Uniwersytet Przyrodniczy - Wrocław
57	Badania reakcji fuzji deuteronów w środowiskach metalowych przy niskich energiach	Uniwersytet Szczeciński
58	Nowe konsekwencje zmienności stałych fundamentalnych w fizyce i kosmologii	Uniwersytet Szczeciński
59	Ewolucyjno-memetyczne wyjaśnienie zjawiska religijności. Analiza filozoficzna.	Uniwersytet Szczeciński
60	Termodynamiczne aspekty czarnych dziur i horyzontów kosmologicznych w teoriach ze zmiennymi stałymi fundamentalnymi	Uniwersytet Szczeciński
61	Pomiary przekrojów czynnych w procesach fragmentacji niezbędne do interpretacji oddziaływań promieniowania kosmicznego wędrującego przez Galaktykę	Uniwersytet Śląski - Katowice
62	Badanie uogólnień standardowego modelu oddziaływań fundamentalnych	Uniwersytet Warszawski
63	Grawitacja kwantowa niezależna od tła	Uniwersytet Warszawski
64	Nowe teorie oddziaływań fundamentalnych i ich testy i przewidywania kosmologiczne	Uniwersytet Warszawski
65	Badanie sektora HigEUSPA i ciemnej materii w modelach z symetriami dyskretnymi w oparciu o dane LHC	Uniwersytet Warszawski

66	Teoretyczne konsekwencje istnienia skalara Higgsa z masą około 125 GeV	Uniwersytet Warszawski
67	Obserwowalna fizyka z kwantowej czasoprzestrzeni	Uniwersytet Warszawski
68	Sprzężenie Kwantowej Materii z Klasyczną i Kwantową Geometrią	Uniwersytet Warszawski
69	Badanie deformacji jądrowej w pobliżu ścieżki astrofizycznego procesu r.	Uniwersytet Warszawski
70	Badanie stabilności próżni w modelach z dwoma dubletami pól Higgsa	Uniwersytet Warszawski
71	Wpływ poprawek kwantowych wynikających z obecności pola grawitacyjnego na konstrukcję i przewidywania modeli ciemnej materii i inflacji, w kontekście minimalnych rozszerzeń Modelu Standardowego oraz teorii supersymetrycznych. Badanie kolapsu grawitacyjnego w wybranych modelach ciemnej materii i inflacji.	Uniwersytet Warszawski
72	Wpływ współczynnika sublimacji lodu na geologię komet i innych ciał kosmicznych.	Uniwersytet Warszawski
73	Naturalne i nienaturalne teorie Ciemnej Materii	Uniwersytet Warszawski
74	Badanie wieloskładnikowej ciemnej materii w kontekście poszukiwań fundamentalnej teorii oddziaływań elektroslabych	Uniwersytet Warszawski
75	Propagator Feynmana na zakrzywionych czasoprzestrzeniach	Uniwersytet Warszawski
76	Teoria czasoprzestrzeni w pobliżu czarnych dziur i białych dziur	Uniwersytet Warszawski
77	Prawne i polityczne aspekty eksploatacji europejskich systemów nawigacji satelitarnej Galileo i EGNOS	Uniwersytet Warszawski

78	Badania zjawiska emisji neutronów opóźnionych po rozpadzie beta	Uniwersytet Warszawski
79	Badanie rozszerzeń Modelu Standardowego z uwzględnieniem efektów nowej fizyki aż do skali Plancka w świetle aktualnych danych LHC i astrofizycznych	Uniwersytet Warszawski
80	Modele Gorącej Ciemnej Materii i ich konsekwencje fenomenologiczne	Uniwersytet Warszawski
81	Kosmologiczna produkcja cząstek w tłach zależnych od czasu	Uniwersytet Warszawski
82	Obserwacje grawitacyjne oraz horyzonty izolowane i dynamiczne w kontekście badania dynamiki procesów w teorii grawitacji	Uniwersytet Warszawski
83	Dynamika kosmologicznych ścian domenowych w Modelu Standardowym i jego prostych rozszerzeniach.	Uniwersytet Warszawski
84	Kosmologia i fizyka wysokich energii jako narzędzia do poszukiwania oddziaływań poza Modelem Standardowym	Uniwersytet Warszawski
85	Ewolucja gęstości i temperatury cząstek w modelach z samo oddziałującą ciemną materią	Uniwersytet Warszawski
86	Symetria konforemna w teorii cząstek elementarnych i grawitacji	Uniwersytet Warszawski
87	Uniwersalne działanie efektywne w zakrzywionej czasoprzestrzeni - teoria i zastosowania	Uniwersytet Warszawski
88	Promieniowanie grawitacyjne w czasoprzestrzeniach o dodatniej stałej kosmologicznej.	Uniwersytet Warszawski
89	Dynamiczny wybór próżni w rozszerzeniach Modelu Standardowego - konsekwencje kosmologiczne w kontekście badań doświadczalnych	Uniwersytet Warszawski

90	Asymptotyczne bezpieczeństwo w teorii grawitacji, portal HigEUSPA i Konforemny Model Standardowy	Uniwersytet Warszawski
91	Pomost pomiędzy niezależnym od tła modelem grawitacji kwantowej sprzężonym z polami materii a modelem standardowym.	Uniwersytet Warszawski
92	Powstawanie osuwisk w warunkach słabego pola grawitacyjnego na kometach i innych ciałach kosmicznych, w szczególności z pasa asteroidów, wpływ sublimacji lodu.	Uniwersytet Warszawski
93	Badanie wczesnego wszechświata przy pomocy fal grawitacyjnych	Uniwersytet Warszawski
94	Fizyka poza Modelem Standardowym z perspektywy problemu ciemnej materii	Uniwersytet Warszawski
95	Niejednorodne rozkłady pól we wczesnym Wszechświecie.	Uniwersytet Warszawski
96	Wrzenie świata: przemiany fazowe we wczesnym Wszechświecie i ich ślad w falach grawitacyjnych	Uniwersytet Warszawski
97	Badanie własności przemian beta neutronowo nadmiarowych izotopów indu mających znaczenie astrofizyczne	Uniwersytet Warszawski
98	Spektroskopia gamma bardzo neutronowo nadmiarowych jąder w otoczeniu powłok magicznych	Uniwersytet Warszawski
99	Konsekwencje asymptotycznego bezpieczeństwa w teorii grawitacji i teorii cząstek	Uniwersytet Warszawski
100	Opracowanie innowacyjnych metod analizy danych na potrzeby przyszłych wielkich radiowych detektorów promieniowania kosmicznego i neutrin, w oparciu o eksperyment GRANDProto300	Uniwersytet Warszawski
101	Kanoniczne i termodynamiczne aspekty grawitacji jako teorii BF z więzami	Uniwersytet Wrocławski

102	Dynamika korelacji w gęstej materii hadronowej	Uniwersytet Wrocławski
103	Semiklasyczna kwantowa grawitacja i fenomenologia kwantowej grawitacji	Uniwersytet Wrocławski
104	Materia kwarkowa w gwiazdach kompaktowych	Uniwersytet Wrocławski
105	Wczesny Wszechświat z teorii oddziaływań fundamentalnych	Uniwersytet Wrocławski
106	Neutrino jako wskaźniki stanu materii w gwiazdach supernowych	Uniwersytet Wrocławski
107	Masywne gwiazdy supernowe jako sygnały ekstremalnych stanów materii	Uniwersytet Wrocławski
108	Nieprzemienne kwantowe czasoprzestrzenie i modele kwantowej grawitacji	Uniwersytet Wrocławski
109	Pomiary referencyjne dla eksperymentów poszukujących pośrednich sygnałów istnienia ciemnej materii.	Uniwersytet Wrocławski
110	Teoria funkcjonatu gęstości dla ujednoczonego opisu materii kwarkowo-hadronowej	Uniwersytet Wrocławski
111	Kwantowa grawitacje i zdeformowane pola kwantowe	Uniwersytet Wrocławski
112	Badanie wpływu temperatury na efekt syntezy podwójnych i potrójnych wodorków metali wytwarzanych w procesie reaktywnego mielenia w planetarnym młynku kulowym.	Wojskowa Akademia Techniczna im. J. Dąbrowskiego - Warszawa

Załącznik C: Zestawienie projektów realizowanych ze środków NCBiR w ramach „Szybkiej Ścieżki”, konkurs na 2019-2020:

Nazwa projektu	Wykonawca	Rezultat/Produkt na koniec projektu	Końcowy TRL
„Inteligentny komputer pokładowy dla nano- i mikro-satelitów o podwyższonej niezawodności i zwiększonej mocy obliczeniowej, pozwalającej na samo diagnostykę satelity na orbicie z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego do detekcji anomalii w danych telemetrycznych”	KP Labs Sp. z o.o.	Komputer pokładowy o nazwie Antylopa, który będzie najważniejszym elementem satelity, odpowiedzialnym za jego sterowanie i wykonywanie najistotniejszych zadań, takich jak: obsługa komunikacji ze stacją naziemną, zbieranie informacji o stanie podsystemów satelity oraz obsługa zarówno klasycznego mechanizmu FDiR (Fault Detection, Isolation and Recovery) jak i opartego na sztucznych sieciach neuronowych inteligentnego systemu FDIR, analizującego dane telemetryczne w poszukiwaniu anomalii punktowych, kontekstowych oraz zbiorowych. Ponadto planowane jest wykorzystanie komputera w trakcie przyszłej misji Politechniki Warszawskiej PW Sat-3.	TRL 9
„ASTRO-MODUŁY – zestaw bloków funkcjonalnych do małych i średnich satelitów”	Astronika Sp. z o.o.	Opracowanie 3 podsystemów satelitarnych dla systemów satelitarnych o masie 50-500 kg i wymiarach 6Ux6Ux6U, w tym podsystemów: otwierania paneli słonecznych, do separacji oraz wysięgnikowego.	TRL 8
„Opracowanie ultra-lekkiej konstrukcji nośnej zespołu silnika raketowego 100 kN dla zastosowań kosmicznych”	CIM-mes Projekt Sp. z o.o.	Zaprojektowanie, wykonanie i przetestowanie konstrukcji metalowej (lekkiej ramy) utrzymującej silniki raketowe w systemach wynoszenia średniej wielkości, jak np. VEGA.(*)	TRL 9
„System mikro satelitarny EagleEye”	Creotech Instruments SA	Stworzenie satelity do optycznej obserwacji Ziemi o masie 50 kg i wymiarach 40x40x50 cm i rozdzielczości poniżej 2 m. Inny rezultat to dopracowanie szeregu podsystemów dla mikrosatelity do poziomu lotnego.	TRL 9
„System wsparcia reagowania na nagłe zjawiska naturalne przez generowanie geoinformacji pozyskanej	Eversis Sp. z o.o.	Działający prototyp systemu realizujący minimum 2 scenariusze pełnego cyklu przetwarzania i udostępniania wyników dla użytkowników końcowych.	TRL 9

z automatycznej analizy optycznych i radarowych produktów satelitarnych”		Wyniki weryfikacji dokładności i skuteczności łańcuchów przetwarzania na rzeczywistych danych.	
„Opracowanie i przetestowanie w warunkach rzeczywistych modułu sterowania i kontroli położenia na orbicie przeznaczonego dla mikro satelitów obserwacyjnych”	ICEYE Polska Sp. z o.o.	Zaprojektowanie, zbudowanie i przetestowanie modułu sterowania i określania orientacji satelity dla mikrosatelitów obserwacyjnych. Będzie on oferować trójosiową estymację i możliwość trójosiowego sterowania orientacją satelity.	TRL 9
„Powłoki z pamięcią temperatury dla badań i rozwoju technologii kosmicznych”	Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa	Opracowanie technologii powłok z pamięcią temperatury, które umożliwią pomiar w miejscach trudnodostępnych dla standardowych technik pomiarowych, przy obecności przepływu reaktywnego i występowaniu silnej radiacyjnej wymiany ciepła.	TRL 7
„Impulsowy napęd plazmowy do nano i mikro satelitów”	Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy oraz Progresja Space Sp. z o.o.	Stworzenie napędu plazmowego do nano i mikro satelitów, wykorzystującego jako paliwa ciepłego polimeru fluorowego o bardzo niskim ciśnieniu pary nasyconej.	TRL 7
„Sprzętowo-programowy front-end odbiornika GNSS uodparniający system nawigacyjny na ataki sygnałami zakłócającymi”	Rectangle Sp. z o.o.	Opracowana i gotowa sekcja odbiornika GNSS nowej generacji odpowiedzialnej za optymalizację odbioru sygnału radiowego, znaczące poprawienie zabezpieczeń odbiornika przed zakłóceniami i atakami radiowym a także poprawę parametrów pracy odbiornika. Uzyskanie wymienionych przewag funkcjonalnych możliwe będzie dzięki opracowaniu w ramach prowadzonych prac B+R innowacyjnej, sprzętowo-programowej konstrukcji trzyszakresowego, wielo-konstelacyjnego front-endu radiowego wyposażonego w oprogramowanie detekcji i eliminacji szeregu niepożądanych interferencji radiowych.	TRL 7
„Przygotowanie i wdrożenie do produkcji innowacyjnego oprogramowania do wydajnej, dokładnej	Sybilla Technologies Sp. z o.o.	Stworzenie w pełni funkcjonalnego, innowacyjnego oprogramowania, wraz z infrastrukturą pilotażową, do pozyskiwania, przetwarzania, przechowywania i prezentacji dużej	TRL 8

astrometrii i fotometrii źródeł punktowych oraz smugowych dla astronomicznych kamer CCD i CMOS”		ilości optycznych obserwacji przestrzeni kosmicznej.	
„Opracowanie rewolucyjnej usługi obrazowania Ziemi przy użyciu satelitarnej konstelacji REC”	Sat Revolution SA	Celem projektu jest opracowanie, zbudowanie oraz przetestowanie na orbicie innowacyjnej platformy nanosatelitarnej, która będzie umożliwiła przeprowadzanie eksperymentów, badań oraz testów komercyjnych i naukowych podczas jednej misji satelitarnej. Umożliwi to obniżenie kosztów przeprowadzenia tego typu misji poprzez rozłożenie kosztów stałych tj. platformy, wylotu, pozwoleń itp. na wszystkie instytucje biorące udział w danej misji.	TRL 9
„Opracowanie zautomatyzowanego systemu opartego na zestawie algorytmów hybrydowych sztucznej inteligencji oraz obrazowaniu satelitarnym do mapowania i monitorowania stanu sieci infrastruktury technicznego uzbrojenia terenu”	SPOTTIT Sp. z o.o.	Jest to projekt trwający 26 miesięcy, który rozpoczął się 15 czerwca 2020. Projekt wciąż znajduje się na wczesnym etapie, natomiast zespół już jest w stanie zapewnić szereg ręcznego mapowania i monitorowania sieci zasilania, gazu i wody pochodzących z analiz obrazów satelitarnych. Zespół będzie nadal rozwijał wybrane obszary badawcze, aby zapewnić dodatkowe analizy, pełną automatyzację przepływu pracy i ulepszenia dokładności algorytmów.	TRL 6
„Podniesienie gotowości technologicznej produktów/komponentów systemów łączności na pasmo S oraz X”	WiRan Sp. z o.o.	Opracowanie zestawu czterech znacząco ulepszonych produktów w postaci komponentów lotnych do zastosowania w mikrosatelitach i nanosatelitach: <ul style="list-style-type: none"> • dupleksera na pasmo częstotliwości S, • dupleksera na pasmo częstotliwości X, • anteny na pasmo częstotliwości S, • anteny na pasmo częstotliwości X. Będą one stanowić krytyczną część toru radiokomunikacyjnego satelity. Zestaw ww. komponentów będzie stanowił pierwszy kompletny zestaw łączności satelitarnej w paśmie	TRL 9

		częstotliwości S oraz paśmie częstotliwości X produkcji polskiej do montażu na nano- i mikrosatelitach.	
„Opracowanie trójstopniowego suborbitalnego systemu raketowego do wynoszenia ładunków badawczych”.	Wojskowe Zakłady Lotnicze Nr 1 S.A. (lider) w konsorcjum z podmiotami naukowo-przemysłowymi: Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia oraz Zakładem Produkcji Specjalnej „Gamrat” Sp. z o.o.	Celem projektu jest opracowanie i wyprodukowanie trójstopniowej odzyskiwanej rakiety suborbitalnej oraz wykonanie lotu demonstracyjnego powyżej linii Kármána (na wysokość co najmniej 100 km) z ładunkiem użytecznym o masie do 40 kg. Wymiernym rezultatem będzie możliwość oferowania usługi komercyjnych lotów suborbitalnych dla podmiotów chcących przeprowadzać badania z zakresu biologii, chemii, fizyki, a także badania materiałowe w warunkach mikro grawitacji.	Rakieta suborbitalna - co najmniej poziom TRL 8. Inne podsystemy, w tym silniki: TRL 9.

(*) Na dzień 31.12.2020 r. projekt in został jeszcze rozpoczęty, ponieważ podmiot nie uzyskał dotychczas potwierdzenia od końcowego klienta/odbiorcy o zainteresowaniu rezultatami projektu.