



Polski
Instytut
Ekonomiczny

KWIECIEŃ 2024

WARSZAWA

ISBN 978-83-67575-85-0

Gospodarka kosmiczna

Cytowanie: Kukołowicz, P., Lubasiński, J., Mądry, T., Święcicki, I., Witczak, J. (2024),
Gospodarka kosmiczna, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.

Warszawa, kwiecień 2024 r.

Autorzy: Paula Kukołowicz, Jędrzej Lubasiński, Tomasz Mądry, Ignacy Święcicki,
Jakub Witczak

Redakcja merytoryczna: Monika Banaszek-Cymerman (POLSA), Andrzej Kubisiak (PIE)

Redakcja: Jakub Nowak, Małgorzata Wieteska

Projekt graficzny: Anna Olczak

Skład i łamanie: Tomasz Gałązka

Polski Instytut Ekonomiczny

Al. Jerozolimskie 87

02-001 Warszawa

© Copyright by Polski Instytut Ekonomiczny

ISBN 978-83-67575-85-0

Spis treści

Kluczowe liczby	4
Kluczowe wnioski	5
Wprowadzenie	7
1. Czym jest gospodarka kosmiczna?	10
1.1. Działania wchodzące w skład gospodarki kosmicznej	10
1.2. Ładunki wynoszone w kosmos	11
1.3. Zastosowania gospodarki kosmicznej	15
1.4. Wartość gospodarki kosmicznej	22
2. Układ sił w gospodarce kosmicznej	25
2.1. Wyniesienia ładunków w kosmos	25
2.2. Finansowanie sektora kosmicznego	28
3. Sektor kosmiczny w Europie	35
3.1. Europejska Agencja Kosmiczna	37
3.2. Charakterystyka sektora	39
3.3. Polskie przedsiębiorstwa w europejskim sektorze kosmicznym	40
Podsumowanie i dyskusja	44
Aneks	48
Bibliografia	51
Spis infografik, ramek, rysunków, tabel i wykresów	56

Kluczowe liczby

464 mld USD

wynosiła globalna wartość gospodarki kosmicznej w 2022 r. według szacunków Euroconsult

za 88 proc.

wartości całej gospodarki kosmicznej odpowiadały w 2022 r. trzy sektory – nawigacja satelitarna, komunikacja satelitarna i obserwacja Ziemi

12,8 tys.

wynosi całkowita liczba satelitów znajdujących się obecnie w przestrzeni kosmicznej

o 1170 proc.

wzrosła liczba obiektów wysłanych w kosmos w 2023 r. w porównaniu z 2013 r.

za 66 proc.

satelitów wysłanych w kosmos w latach 2000-2023 odpowiadają Stany Zjednoczone

o 95 proc.

spadły przeciętne ceny wystrzelenia satelity w kosmos od lat 80. XX w. do 2022 r.

za 250 tys.

miejsc pracy odpowiadała gospodarka kosmiczna w państwach Unii Europejskiej w 2021 r.

117 mld USD

wynosiła globalna wartość publicznych wydatków na sektor kosmiczny w 2023 r.

69 mln EUR

wynosiła wartość wpłat Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej w 2023 r. (0,014 polskiego PKB)

507

polskich podmiotów było uprawnionych do wzięcia udziału w przetargach na uczestnictwo w projektach ESA na początku 2024 r.

Kluczowe wnioski

- **Gospodarkę kosmiczną tworzą wszelkiego rodzaju produkty i usługi związane z procesem wysyłania ładunków w kosmos, utrzymywania ich tam oraz czerpania z nich korzyści.** Wartość tak zdefiniowanej gospodarki kosmicznej w 2022 r. wyniosła 464 mld USD. Trzy najważniejsze pod względem wartości segmenty gospodarki kosmicznej to nawigacja, komunikacja satelitarna oraz obserwacja Ziemi. Odpowiadają one za 88 proc. wartości całego sektora (nawigacja satelitarna za połowę, zaś komunikacja satelitarna – za 1/3). Obserwacja Ziemi, chociaż jest sektorem generującym mniejsze zyski, ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa, zapobiegania i zwalczania skutków kryzysów i katastrof naturalnych.
- **Globalna wartość publicznych wydatków na sektor kosmiczny w 2023 r. wyniosła 117 mld USD.** To wzrost o 15 proc. względem poprzedniego roku oraz wzrost o 176 proc. w porównaniu z wartością sprzed dekady. Największe wydatki na programy kosmiczne ponoszą Stany Zjednoczone oraz Chiny – w 2023 r. ich budżety kosmiczne wyniosły odpowiednio 73 mld USD oraz 14 mld USD. W porównaniu z 2022 r. obydwa państwa zwiększyły wartość swoich wydatków na sektor o 18 proc. W ostatnich latach rośnie zaangażowanie kontynentu azjatyckiego w przestrzeni kosmicznej. W latach 2018–2020 jego udział w łącznych wydatkach publicznych na sektor kosmiczny wzrósł z 18 proc. do ponad 21,5 proc.
- **Centralnym elementem gospodarki kosmicznej są satelity** – sztuczne obiekty krążące wokół Ziemi. W ostatnich latach ich liczba znacznie się zwiększyła. Od 2017 r. do 2023 r. w kosmos wysłano więcej obiektów tego rodzaju niż od początku ery kosmicznej (tj. od 1957 r.) do 2016 r. Wzrost ten wynika głównie ze spadku kosztów związanych z wystaniem satelitów w kosmos. Od lat 80. do 2024 r. przeciętny koszt wystania satelity w kosmos spadł o 95 proc. Spadek kosztów wysyłania satelitów w kosmos był możliwy między innymi dzięki opracowanej przez firmę SpaceX technologii ponownego wykorzystania rakiet wynoszących satelity na orbitę.
- **W ostatnich latach widoczny jest coraz większy udział firm z sektora prywatnego w eksploracji i eksploatacji przestrzeni kosmicznej.** Firmy prywatne angażują się przede wszystkim w wynoszenie na orbitę satelitów o niskiej wadze i niskim jednostkowym koszcie produkcji, wystrzału i utrzymaniu w kosmosie. Przed 2011 r. jedynie w 18 krajach świata działały firmy zaangażowane w ten segment gospodarki kosmicznej, natomiast w 2020 r. już w 32 krajach. Ponadto w ciągu dekady na całym świecie utworzono 144 firmy zajmujące się małymi satelitami, co stanowi 72 proc. wszystkich utworzonych w tym okresie. Obiekty wynoszone przez firmy prywatne na orbitę najczęściej działają w ramach konstelacji lub mega konstelacji satelitów wspierających działania systemów komunikacji satelitarnej. Obecnie zdecydowana większość satelitów komunikacyjnych na orbicie należy do dwóch prywatnych firm – SpaceX i OneWeb.

- **Od kilku dekad rośnie zaangażowanie mniejszych państw w przestrzeni kosmicznej.** W czasach zimnej wojny jedynymi państwami, które działały w tym obszarze były Związek Radziecki i Stany Zjednoczone. Związek Radziecki odpowiadał za 59 proc. wszystkich satelitów wysłanych w kosmos w latach 1957-1999, a Stany Zjednoczone – za 31 proc. Proporcje te zmieniły się istotnie w ostatnich dekadach. Obecnie Stany Zjednoczone odpowiadają za 67 proc. satelitów wysłanych na orbitę w latach 2000-2023, Rosja zaś zaledwie za 6 proc. Równocześnie ze względu na bogacenie się gospodarek oraz malejący koszt wysłania obiektów w kosmos, obecnie niemal 100 państw ma na orbicie co najmniej jednego swojego satelitę. Polska odpowiada za 8 satelitów pracujących na orbicie – 2 z nich należą do Centrum Badań Kosmicznych PAN, a pozostałe do prywatnych przedsiębiorstw.
- **Polska jest istotnym kosmicznym graczem w regionie Europy Środkowo-Wschodniej.** Wpłaty Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w 2023 r. wyniosły 69 mln EUR, co było poziomem zbliżonym do wpłat Norwegii (75 mln EUR) i Austrii (66 mln EUR). Jednak w odniesieniu do wartości budżetów poszczególnych państw wkład Polski nie był znaczący – wynosił 0,014 proc. polskiego PKB i był to jeden z najniższych udziałów wśród państw członkowskich ESA. Również udział polskich firm w przetargach ESA nie jest wysoki. Liczba polskich przedsiębiorstw starających się o kontrakty ESA w przeliczeniu na 100 tys. mieszkańców wynosi 1,4, co jest jednym z najniższych poziomów wśród państw członkowskich. W 2023 r. Ministerstwo Rozwoju i Technologii zwiększyło wartość środków finansowych na współpracę z ESA o kwotę 360 mln EUR, z czego 200 mln EUR przeznaczonych będzie na realizację opcjonalnych programów ESA w latach 2023-2025.
- W polskim sektorze kosmicznym działa w ostatnich latach 300-400 firm i instytucji badawczo-naukowych. Podmioty te zatrudniają 12 tys. pracowników w całym kraju. Polskie firmy opracowały ponad 100 technologii kosmicznych oraz wysyłają swoje satelity na orbitę Ziemi. Potencjał polskiego sektora kosmicznego będzie rósł wraz z większym zaangażowaniem we współpracę międzynarodową, m.in. przy programach UE czy ESA.

Wprowadzenie

Gospodarka kosmiczna dostarcza technologie i rozwiązania kluczowe dla wielu dziedzin życia społeczno-gospodarczego. W obszarze komunikacji technologie te zapewniają łączność i transmisję danych nawet w miejscach, które nie mają dostępu do naziemnej infrastruktury technicznej. W obszarze nawigacji pozwalają precyzyjnie określać pozycje obiektów na całym świecie.

precyzyjne monitorowanie działań przeciwnika i zapewniają niezawodne łącza komunikacyjne dla sił zbrojnych. Rozwój technologii kosmicznych stanowi więc kluczowy aspekt strategii obronnych państw na całym świecie.

Proces wprowadzania technologii kosmicznych do użytku w zastosowaniach cywilnych rozpoczął się w latach 80. XX w. W 1975 r. miała miejsce pierwsza transmisja telewizyjna z wykorzystaniem sygnału satelitarnego. Późniejsza adaptacja systemów satelitarnych do transmisji telewizyjnych umożliwiła rozwój globalnych sieci telewizyjnych w kolejnych latach. Niedługo po tym, w 1978 r., wystrzelono pierwszego satelitę nawigacyjnego systemu GPS. Dane, które dostarczał, pierwotnie pozwalały zapewnić precyzyjną nawigację, lokalizację i synchronizację czasu dla wojska. Od tego czasu dane nawigacyjne z systemu GPS były coraz szerzej wykorzystywane w zastosowaniach cywilnych. Dzięki rozbudowie konstelacji satelitów nawigacyjnych do rozmiaru 24 obiektów system ten osiągnął pełną operacyjność w 1995 r.

Technologie kosmiczne dostarczają także bezcennych informacji na temat zmian zachodzących na wodach, w atmosferze i na powierzchni Ziemi i zwiększają naszą wiedzę w zakresie dokonujących się zmian klimatu. Technologie kosmiczne wpływają także na codzienną jakość naszego życia a także dostarczają narzędzi dla rozwoju i działania innych sektorów gospodarki.

Ostatnie lata pokazują również kluczowe znaczenie technologii kosmicznych dla systemów obronności i bezpieczeństwa narodowego. Dane dostarczane przez satelity wojskowe istotnie zwiększają potencjał działania tradycyjnych systemów wojskowych w zakresie rekonesansu, komunikacji, nawigacji oraz wczesnego ostrzegania przed atakami. Dane te umożliwiają również pre-

Wiele wskazuje na to, że światowy przemysł kosmiczny wkracza obecnie w fazę dojrzałości. Świadczy o tym fakt, że coraz większy udział w jego rozwoju odgrywa sektor prywatny. Pierwsze dekady rozwoju przemysłu kosmicznego bazowały przede wszystkim na zaangażowaniu organizacji rządowych, które finansowały wysiłki zmierzające do uzyskania dostępu do przestrzeni kosmicznej. Decydował o tym przede wszystkim kontekst rywalizacji zimnowojennej między Stanami Zjednoczonymi a Związkiem Radzieckim. Obecnie, dzięki malejącym barierom wejścia do sektora, obserwujemy coraz większą aktywność firm oraz kapitału prywatnego. Równocześnie obserwujemy zmianę stosowanych systemów produkcji – z systemu produkcji jednostkowej – a więc dostarczania na rynek niewielu bardzo drogich rozwiązań, do produkcji seryjnej – polegającej na tworzeniu wielu urządzeń o niskiej cenie jednostkowej.

Coraz większe zaangażowanie firm z sektora prywatnego będzie miało istotne znaczenie dla rozwoju sektora kosmicznego w nadchodzących latach. Zaangażowanie podmiotów prywatnych będzie z jednej strony prowadzić do obniżenia kosztów dostępu do przestrzeni kosmicznej, z drugiej zaś – do coraz szerszej absorpcji technologii kosmicznych w rozmaitych zastosowaniach społeczno-gospodarczych. Przykładem takich działań jest opracowana w ostatnich latach technologia wielokrotnego użytku rakiet. Jej zastosowanie umożliwiło znaczną redukcję kosztów wysyłania ładunków na orbitę Ziemi. Możemy spodziewać się, że kolejne lata przyniosą powstanie i rozwój wielu nowych technologii i zastosowań, które wpłyną na upowszechnienie dostępu do przestrzeni kosmicznej.

W niniejszym raporcie pokazujemy rolę, jaką sektor kosmiczny odgrywa we współczesnym życiu społeczno-gospodarczym. Raport składa się z trzech rozdziałów. W pierwszym przedstawiamy ogólną definicję gospodarki kosmicznej, omawiamy możliwe działania wchodzące w skład gospodarki kosmicznej, opisujemy ich główne zastosowania oraz ich wartość rynkową. W drugim rozdziale przedstawiamy zaangażowanie podmiotów publicznych i prywatnych w działania w przestrzeni kosmicznej, wydatki państw na programy kosmiczne a także ich aktywność w obszarze wyniesień obiektów w kosmos. Przedstawiamy także dane wskazujące na rosnące zaangażowanie firm z sektora prywatnego w tym zakresie. W trzecim rozdziale prezentujemy informacje dotyczące gospodarki kosmicznej w Europie i w Polsce. Charakteryzujemy działania podejmowane w tym obszarze przez podmioty publiczne, zwłaszcza zaś międzynarodowe agencje kosmiczne, przedstawiamy zaangażowanie poszczególnych państw w finansowaniu Europejskiej Agencji Kosmicznej a także udział europejskich firm prywatnych w działaniach zlecanych przez Agencję. Pokazujemy także, jak Polska branża kosmiczna wypada na tle innych państw europejskich.

W raporcie zajmujemy się przede wszystkim zagadnieniami związanymi z wąsko rozumianą gospodarką kosmiczną. Naszą uwagę koncentrujemy na opisie tych aktywności i działań, które bezpośrednio wchodzą w skład sektora kosmicznego. Najwięcej uwagi poświęcamy opisowi technologii mających bezpośrednie zastosowanie gospodarcze, m.in. nawigacji czy komunikacji satelitarnej, mniej – opisowi rozwiązań nieposiadających bezpośrednich zastosowań gospodarczych. Dlatego też aktywność wielu instytucji publicznych i agencji kosmicznych w obszarze eksploracji kosmosu i innych ciał niebieskich, nawet jeśli mogą one w dłuższej perspektywie przynieść konkretne korzyści społeczno-gospodarcze, omawiamy w raporcie w ograniczonym zakresie.

Istotnym wyzwaniem, z jakim mierzymy się w niniejszym raporcie, jest ograniczona dostępność danych statystycznych. Ze względu na niewielką – w skali całej gospodarki – liczbę podmiotów działających w sektorze kosmicznym, urzędy statystyczne nie wyróżniają ich jako odrębnej kategorii. Żadna międzynarodowa organizacja nie zbiera w sposób systematyczny danych, na podstawie których można pokazać skalę oraz zakres działania firm i instytucji publicznych w obszarze gospodarki kosmicznej. Brakuje również jednolitych standardów metodologicznych dotyczących rodzajów działań i wydatków, które mogą być klasyfikowane jako wchodzące w skład gospodarki kosmicznej. Dlatego dane udostępniane przez różne agencje i instytucje są częstokroć nieporównywalne między sobą, mają selektywny charakter i zazwyczaj nie są zbierane ani publikowane w sposób systematyczny. Wszystko to powoduje, że wyciąganie na ich podstawie daleko idących wniosków jest obciążone dużym ryzykiem popełnienia błędów. Dlatego wiele danych przywoływanych w raporcie ma charakter szacunkowy, co każdorazowo podkreślany w przedstawianych analizach.

Sektor kosmiczny staje się coraz ważniejszą częścią gospodarki Unii Europejskiej. W ostatnich latach działania Komisji Europejskiej nakierowane były na wypracowanie wspólnej strategii, działań w zakresie rozwoju i wdrażania technologii kosmicznych oraz eksploracji kosmosu. Z jednej strony znaczący wzrost przychodów z gospodarki kosmicznej przyciąga w Europie nowe podmioty instytucjonalne oraz prywatne. Z drugiej, zmieniająca się sytuacja geopolityczna – m.in. polityka USA wobec Azji czy wojna w Ukrainie – podniosła priorytet autonomii w obszarze działań kosmicznych oraz podkreśliła ważną rolę kosmosu w obszarze obronności oraz bezpieczeństwa (Letta, 2024). Jednym z działań mających na celu ujednoczenie rynku kosmicznego w Europie, lepszą koordynację prac instytucji europejskich w jego obrębie i w dalszej perspektywie wzmocnienie jego rozwoju, będzie przyjęcie Unijnego Prawa Kosmicznego (European Space Law, EUSL). To, wraz z prostszymi procedurami dotyczącymi przetargów UE w sektorze kosmicznym czy powstaniem nowych europejskich funduszy inwestycyjnych, byłoby czynnikiem stymulującym cały europejski przemysł kosmiczny i wzmocniłoby jego pozycję na świecie (Letta, 2024).

1. Czym jest gospodarka kosmiczna?

1.1. Działania wchodzące w skład gospodarki kosmicznej

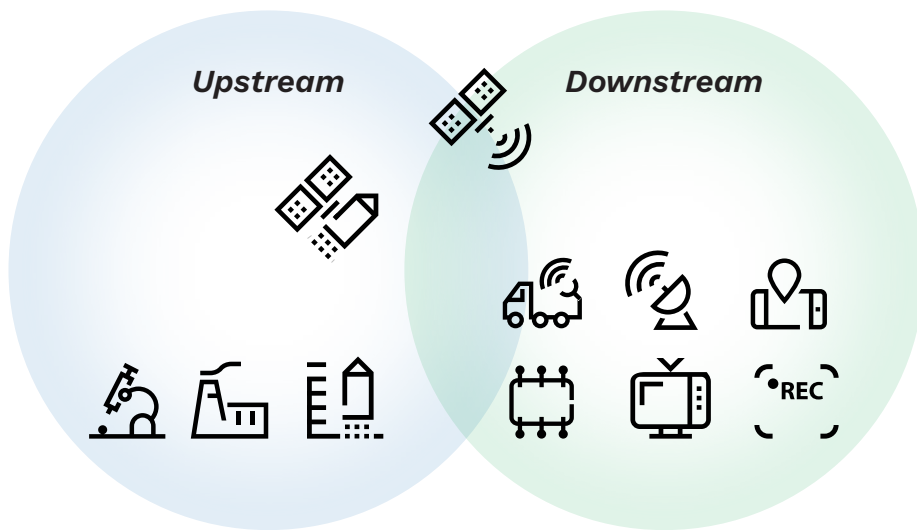
Gospodarkę kosmiczną tworzą wszelkiego rodzaju produkty i usługi związane z procesem wysyłania ładunków w kosmos, utrzymywania ich tam oraz czerpania z nich korzyści (OECD, 2012). Jest to bardzo szeroka definicja, która powoduje, że w skład tego, co określamy mianem gospodarki kosmicznej wchodzi wiele zróżnicowanych rodzajów aktywności. Upraszczając można powiedzieć, że aktywności te dzielą się na dwa podstawowe rodzaje – działania w segmencie *upstream*, działania w segmencie *downstream*, a także trzeci dodatkowy rodzaj – działania indukowane wiedzą naukową wygenerowaną w ich wyniku¹.

Segment *upstream* odpowiada za wszystko to, co powstaje na Ziemi, przyczynia się do produkcji ładunków i wynoszenia ich w kosmos. W tym segmencie mieszczą się więc wszelkie działania naukowe i technologiczne, począwszy od badań, po wytworzenie gotowych systemów kosmicznych i naziemnych. W skład tego segmentu wchodzi również inżynieria, produkcja kosmiczna, wystrzały do przestrzeni kosmicznej oraz transport kosmiczny (OECD, 2022). Dokładną klasyfikację działań wchodzących w skład segmentu *upstream* zamieszczamy w tabeli 1 w aneksie.

Do segmentu *downstream* można zaklasyfikować wszelkie działania, które wykorzystują sygnały lub dane satelitarne oraz których odbiorcami są użytkownicy indywidualni lub biznesowi (OECD, 2022). Do działań tych należy przede wszystkim zapewnienie utrzymania systemów kosmicznych i naziemnych a także zapewnienie urządzeń, produktów i usług dla użytkowników końcowych. Przykładowe obszary, w których na co dzień mamy styczność z segmentem *downstream* to komunikacja satelitarna, w tym telewizja, a także systemy nawigacji satelitarnej.

¹ W skład trzeciego z wyżej wymienionych elementów – wiedzy naukowej wygenerowanej przez działania w obszarze *upstream* i *downstream* – wchodzi wiedza transferowana do innych sektorów gospodarki, takich jak medycyna, transport, obronność. Transfer ten bezpośrednio wpływa na zyski oraz korzyści społeczne generowane w tych sektorach. Ze względu jednak na fakt, że wszelkie działania wchodzące w skład tego obszaru są trudno mierzalne, a dane na ten temat nie są dostępne, w niniejszym opracowaniu nie opisujemy tego segmentu gospodarki kosmicznej.

Rysunek 1. Przykładowe działania w obszarze gospodarki kosmicznej w podziale na część *upstream* i *downstream*



Źródło: opracowanie własne PIE.

Innymi słowy, *downstream* to wszystkie działania polegające na czerpaniu korzyści z ładunku już umieszczonego w kosmosie. W zakres ten wlicza się produkcję urządzeń będących w stanie odbierać sygnały satelitarne, na przykład odbiorników lokalizacyjnych w telefonach komórkowych oraz usług wykorzystujących dane satelitarne, takich jak nawigacja dostępna w telefonie komórkowym. Dokładny podział działań wchodzących w skład segmentu *downstream* oraz wynikających z nich produktów i usług znajduje się w tabeli 1.A w aneksie.

1.2. Ładunki wynoszone w kosmos

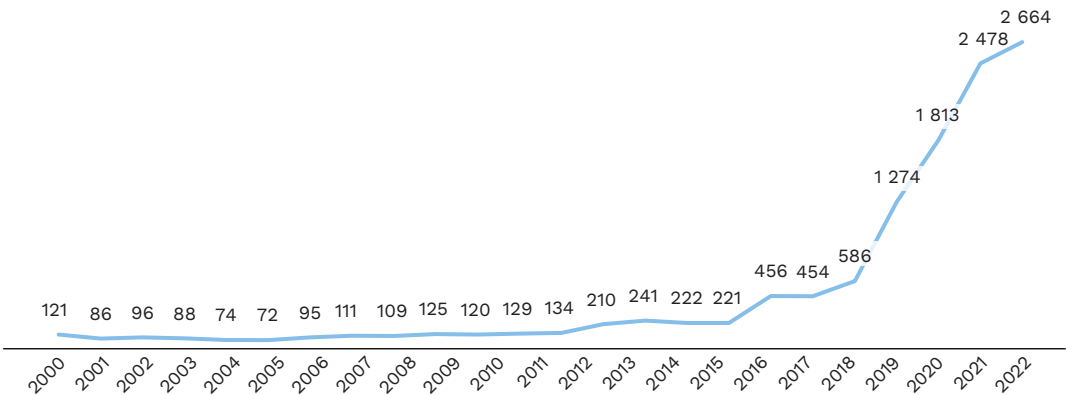
Centralnym elementem gospodarki kosmicznej są satelity – sztuczne obiekty krążące wokół Ziemi. To z nimi w zbiorowej świadomości kojarzone jest pojęcie „gospodarka kosmiczna”. Chociaż satelity są tylko jednym z wielu rodzajów obiektów wysyłanych w kosmos², to takie skojarzenie nie jest bezpodstawne. Dane satelitarne stanowią bowiem podstawę działania najbardziej dochodowych segmentów przemysłu kosmicznego – nawigacji,

² Należą do nich między innymi stacje kosmiczne i związane z nimi moduły – laboratoria naukowe, moduły mieszkalne a także ich części. Umożliwiają one dłuższe przebywanie człowieka w kosmosie a także prowadzenie tam badań naukowych. Innym rodzajem obiektów są statki kosmiczne przewożące ludzi do stacji kosmicznych i z powrotem. Możemy również wyróżnić łaziki i lądowiki, a więc urządzenia wysyłane na inne ciała niebieskie, które prowadzą na nich dokładne badania i pobierają próbki materiałów, które następnie są badane na Ziemi.

komunikacji oraz systemów obserwacji Ziemi. Dlatego właśnie spośród wielu różnych obiektów wysyłanych przez człowieka w kosmos to satelitom poświęcimy najwięcej miejsca w raporcie.

Obecnie w przestrzeni kosmicznej znajduje się ponad 12,8 tys. satelitów, z czego 11,3 tys. jest na orbicie Ziemi (www1)³. W ostatnich latach obserwujemy dynamiczny wzrost liczby tego rodzaju obiektów wysyłanych w kosmos (www2). Od 2017 r. do dziś (04.2024 r.) wystano więcej satelitów niż od początku ery kosmicznej do 2016 r. W latach 2016-2023 średni roczny wzrost liczby wysyłanych obiektów na orbitę Ziemi wynosił prawie 50 proc. (z 221 do 2664).

Wykres 1. Roczna liczba obiektów wysyłanych na orbitę Ziemi w latach 2000-2023



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych ourworldindata.org.

Obserwowany w ostatnich latach dynamiczny wzrost liczby wysyłanych satelitów wynika w znacznej mierze ze spadku związanych z tym kosztów. Na przełomie lat 80. i 90. wysłanie kilograma ładunku rakieta Titan IV kosztowało 31 tys. USD, podczas gdy cena jaką trzeba było zapłacić za wysłanie kilograma w 2019 r. rakieta Falcon Heavy wynosiła już 1,5 tys. USD. To spadek o 95 proc. (w cenach stałych za 2021 r.) na przestrzeni trzech dekad (Roberts, 2022). Tak znaczny spadek kosztów w dużej mierze wynika z opracowania technologii, które pozwoliły zmniejszyć rozmiary wysyłanych urządzeń a także dzięki opracowanej przez firmę SpaceX technologii ponownego wykorzystania rakiet wynoszących satelity na orbitę. Dzięki temu stało się możliwe wynoszenie w jednym locie większej liczby satelitów niż wcześniej. Redukcja kosztów wynoszenia obiektów w kosmos obniżyła nowym podmiotom barierę wejścia na rynek, zwłaszcza firmom z sektora prywatnego. Dzięki temu stopniowo znoszona jest najpoważniejsza dotychczasowa bariera w eksploracji

³ Według danych Union of Concerned Scientists na orbicie Ziemi jest dużo mniej satelitów – 7,5 tys., z czego 5,3 tys. aktywnych.

oraz eksploatacji kosmosu – wysokie koszty związane z produkcją ładunków, ich wynoszeniem i utrzymaniem w kosmosie (Jones, 2018).

Satelity wysłane na orbitę Ziemi można podzielić na kilka rodzajów ze względu na ich zastosowanie. Do głównych rodzajów należą satelity komunikacyjne, nawigacyjne, obserwacyjno-meteorologiczne, naukowo-badawcze a także wojskowo-szpiegowskie. Satelity te różnią się konstrukcją, zastosowaną technologią a także umiejscowieniem na orbicie wokół Ziemi. Pozycja na orbicie ma z kolei wpływ na zasięg danych, jakie mogą być dostarczane przez satelitę, a także na koszty jego wyniesienia i utrzymania na orbicie.

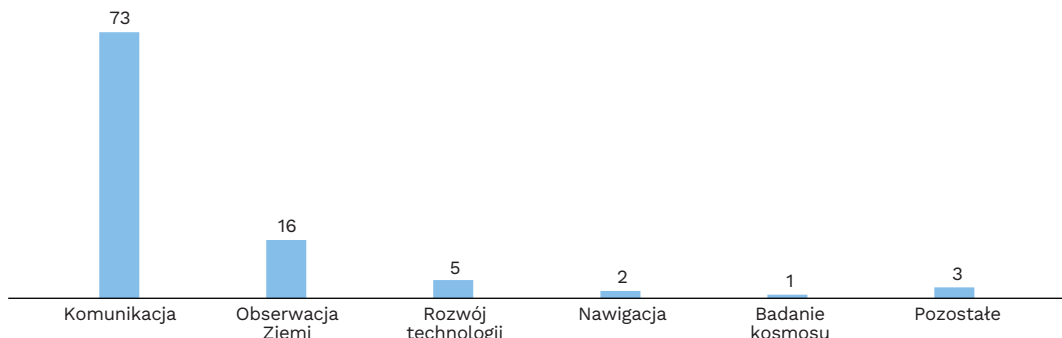
Ramka 1. Rodzaje orbit wykorzystywanych do tworzenia systemów satelitarnych

- 1) Orbita niska (Low Earth Orbit, LEO) znajduje się na wysokości 160-1000 km nad Ziemią (www3). Satelity umieszczone na tej orbicie obiegają Ziemię w czasie krótszym niż 2 godziny. Umożliwia to wielokrotne pokrycie danej powierzchni Ziemi w ciągu jednego dnia. Satelity na LEO generują niższe opóźnienia w transmisji danych niż satelity na wyższych orbitach. Jest to kluczowe dla zastosowań w systemach sterowania ruchem czy szybkiej transmisji danych. Satelity znajdujące się na LEO są również tańsze w wystrzeleniu i utrzymaniu niż satelity na wyższych orbitach. Minusem jest to, że na niskiej orbicie znajduje się najwięcej kosmicznych śmieci – wyeksploatowanych satelitów, fragmentów rakiet i innych odpadów, co zwiększa ryzyko kolizji z aktywnymi satelitami.
- 2) Orbita średnia (Medium Earth Orbit, MEO) znajduje się na wysokości między 2000 km a 35 786 km nad Ziemią. Dla obiektów umieszczonych na tej orbicie czas obiegu Ziemi wynosi 2-12 godzin. Na MEO najczęściej umieszczane są satelity pracujące w systemach nawigacyjnych (GPS, GLONASS, Galileo czy BeiDou). Choć start i utrzymanie satelitów na MEO są droższe niż w przypadku obiektów na LEO, to satelity pracujące na średnich orbitach, ze względu na mniejsze opory atmosferyczne, pozostają na swoim torze dłużej bez konieczności korygowania trajektorii.
- 3) Orbita geostacjonarna (Geostationary Earth Orbit, GEO) znajdująca się na powierzchni około 35 786 km nad Ziemią. Satelita znajdujący się na tej orbicie porusza się z taką samą prędkością jak Ziemia, dzięki czemu pozostaje nieruchomy względem konkretnego punktu nad Ziemią. Jest to przydatne w wielu zastosowaniach – np. telekomunikacyjnych, nawigacyjnych i obserwacyjnych. Satelity umieszczone na orbicie geostacjonarnej mają zdolność do zapewnienia usług na znacznym obszarze Ziemi a także charakteryzują się długim okresem eksploatacji ze względu na stabilność ich pozycji względem Ziemi.

Zdecydowana większość satelitów znajdujących się obecnie na orbicie Ziemi – 73 proc. – jest przeznaczona do zastosowań w obszarze komunikacji satelitarnej. Tak znacząca dominacja tego rodzaju obiektów wynika z budowy

w ostatnich latach megakonstelacji⁴ satelitów na niskiej orbicie okołoziemskiej. Chociaż każdy z obiektów wchodzących w skład konstelacji⁵ pokrywa swoim działaniem tylko niewielki obszar Ziemi, to dzięki temu, że satelity te komunikują się między sobą, zapewnia to efektywny dostęp do Internetu na całej kuli ziemskiej.

Wykres 2. Zastosowanie działających satelitów na orbicie Ziemi (stan na maj 2023 r.; w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych UCSUSA (www4).

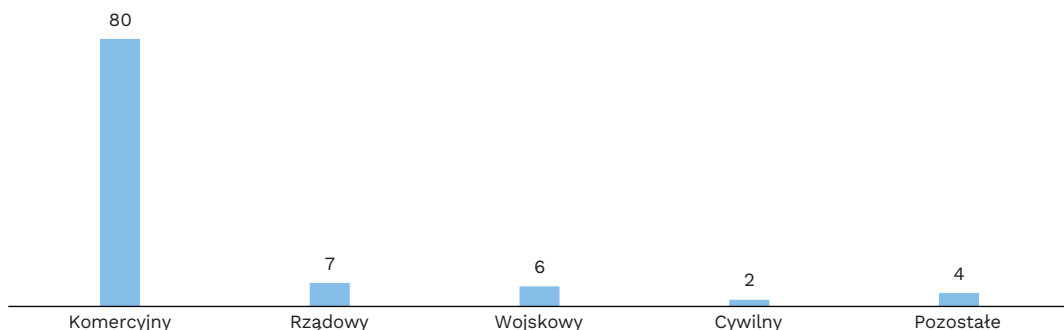
Jedynie 2 proc. wszystkich satelitów znajdujących się na orbicie Ziemi ma zastosowanie w nawigacji. Satelity nawigacyjne umieszczane są zazwyczaj na średniej orbicie ziemskiej, w odległości powyżej 1000 km od równika. Z powodu większego oddalenia od Ziemi satelity nawigacyjne obejmują swoim zasięgiem większy obszar naszej planety niż satelity komunikacyjne. Tym samym mniejsza liczba tego rodzaju obiektów umieszczanych w większej odległości od Ziemi może być wystarczająca do dostarczenia danych niezbędnych do funkcjonowania systemów nawigacji satelitarnej.

Większość satelitów znajdujących się na orbicie Ziemi ma zastosowanie komercyjne. Ponad 80 proc. całego zasobu należy do prywatnych podmiotów. Duża część spośród tych obiektów to małe jednostki, względnie tanie w produkcji i wysyłane seryjnie przez prywatne podmioty. Maszyny podlegające cywilnym administracjom rządowym stanowią 7 proc. wszystkich obiektów, a przeznaczone do celów militarnych – 6 proc. Udział sektora prywatnego w liczbie wysyłanych satelitów w ostatnich latach jest coraz bardziej widoczny wraz z wejściem na rynek dużych prywatnych podmiotów. Szacuje się, że spośród satelitów komunikacyjnych 80 proc. należy do dwóch firm – SpaceX i OneWeb (www4).

⁴ Jest to konstelacja sztucznych satelitów, która składa się z setek lub tysięcy obiektów.

⁵ Grupa sztucznych satelitów, które tworzą wspólny system, składa się z dziesiątek lub setek obiektów.

Wykres 3. Podział satelitów obecnych na orbicie według sektora, dla którego świadczą usługi (w proc.)







Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych UCSUSA (www4).

1.3. Zastosowania gospodarki kosmicznej

Działania podejmowane przez podmioty publiczne i prywatne w obszarze gospodarki kosmicznej mają potencjalnie wiele zastosowań. Do głównych z nich należy komunikacja satelitarna, nawigacja satelitarna a także obserwacja Ziemi. Są to zastosowania, które przynoszą największy zwrot w postaci generowanych przychodów. Patrząc na gospodarkę kosmiczną szerzej można również wyróżnić transport kosmiczny, eksplorację przestrzeni kosmicznej, a także działania związane z pracami naukowymi i badawczymi, w ramach których opracowywane są technologie wykorzystywane w innych częściach i segmentach gospodarki kosmicznej.

Infografika 1. Segmenty gospodarki kosmicznej wyróżnione ze względu na zastosowanie

	Komunikacja satelitarna	rozwiązania wykorzystujące dane satelitarne w obszarze telekomunikacji, transmisji telewizyjnej i radiowej a także udostępniania internetu
	Nawigacja satelitarna	systemy typu GPS, GLONASS, Galileo, które wykorzystują dane satelitarne do określania pozycji obiektów, nawigacji oraz synchronizacji. Rozwiązania te są stosowane w lotnictwie, żegludze, transporcie lądowym. Sektor ten zapewnia również uniwersalny i referencyjny standard czasu i lokalizacji dla wielu funkcjonujących podzespołów
	Obserwacja Ziemi	systemy monitorowania stanu środowiska, zarządzania zasobami naturalnymi oraz prognozowania pogody, mają zastosowanie w wielu dziedzinach gospodarki
	Transport kosmiczny	rozwój i wykorzystanie pojazdów nośnych i powiązanych systemów, a także usług startowych, portów kosmicznych, usług logistycznych przy transporcie między orbitami oraz do podróży kosmicznych

	Produkcja sprzętu kosmicznego	budowa satelitów i wszelkich ładunków wynoszonych w kosmos – w tym projektowanie, produkcja i testowanie sprzętu, opracowywanie systemów napędowych niezbędnych do odbywania lotów w kosmosie
	Eksploatacja kosmosu	rozwój baz kosmicznych oraz wykorzystanie załogowych lub bezzałogowych statków kosmicznych, łazików i sond do badania przestrzeni kosmicznej i innych ciał niebieskich
	Działalność z zakresu wyrzeliwania w kosmos	usługi polegające na wynoszeniu ładunków oraz załogowych statków kosmicznych na orbitę Ziemi
	Badania i rozwój	projekty wspierające rozwój wiedzy o kosmosie, zachodzących w nim procesach i zjawiskach; działania prowadzące do powstawania nowych technologii, które mogą mieć zastosowanie w kosmosie i na Ziemi
	Turystyka kosmiczna	usługi umożliwiające odbycie lotu w kosmos dla celów turystycznych

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: EUSPA (2022).

Z wyróżnionych powyżej zastosowań gospodarki kosmicznej szerzej omówimy trzy obszary dominujące pod względem generowanej wartości: nawigację satelitarną, komunikację satelitarną oraz obserwację Ziemi. Łącznie odpowiadają za 88 proc. wartości całej gospodarki kosmicznej.

1.3.1. Nawigacja satelitarna

Nawigacja satelitarna to szereg usług umożliwiających określić lokalizację, prędkość i czasu przebycia drogi przez urządzenia zdolne do odbierania i interpretowania sygnałów wysyłanych przez satelity nawigacyjne. W takim celu wykorzystywana jest infrastruktura satelitów nawigacyjnych przede wszystkim w ramach Globalnego Systemu Nawigacji Satelitarnej (Global Navigation Satellite Systems, GNSS).

Globalny System Nawigacji Satelitarnej (GNSS) tworzą obecnie cztery systemy o globalnym zasięgu. Należący do Stanów Zjednoczonych system GPS (Global Positioning System) jest największym i najstarszym spośród nich. Choć pierwsze satelity wchodzące w jego skład zostały wyniesione na orbitę w 1978 r., to system uzyskał pełną operacyjność w 1995 r. Obecnie jego działanie opiera się na wykorzystaniu 24 satelitów⁶. Rosyjski system GLONASS zazwyczaj obejmuje konstelację złożoną z 24 satelitów. Pierwszy wchodzący w jego skład satelita został wyniesiony na orbitę w 1982 r., a system osiągnął globalne pokrycie w 1995 r. Unijny Galileo, rozwijany przez Europejską Agencję Kosmiczną i Unię Europejską, jest jedynym cywilnym

⁶ Minimalna liczba satelitów potrzebna do utrzymania pełnego pokrycia Ziemi wynosi 24. W niektórych sytuacjach wykorzystywany jest jednak sygnał pochodzący z większej liczby obiektów. Tak dzieje się na przykład w sytuacji awarii bądź modernizacji niektórych obiektów, a także w sytuacji trudności z uzyskaniem dokładnych danych lokalizacyjnych w trudno dostępnych obszarach (www17).

systemem spośród wszystkich czterech globalnych systemów. Zaczął być rozwijany w 1999 r., a pierwsze usługi świadczył już w 2016 r. (www5). Obecnie wykorzystuje 30 satelitów, w tym 24 operacyjne oraz 6 rezerwowe. Z kolei chiński system BeiDou świadczył usługi nawigacyjne już w 2000 r., przy czym dopiero w 2020 r. osiągnął pełne pokrycie Ziemi. System ten wykorzystuje dane udostępniane przez 35 satelitów (www6).

Szacuje się, że od 1980 GPS wygenerował około 1,4 bln USD korzyści ekonomicznych dla sektora prywatnego w USA, a utrata usług GPS miałaby wpływ na straty rządu 1 mld USD dziennie (NIST, 2019). Z kolei wartość systemu BeiDou wynosiła ok. 60 mld USD na koniec 2020 r., a liczba urządzeń korzystających z tego systemu przekroczyła 1 mld (www7).

Istnieją także regionalne konstelacje satelitów nawigacyjnych, które zostały zaprojektowane, aby oferować usługi pozycjonowania, nawigacji i czasu z precyzją dostosowaną do specyficznych potrzeb geograficznych określonych regionów. Takie systemy stworzyły np. Japonia, Indie czy Chiny. System Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) zapewnia usługi w regionie Azji i Pacyfiku, zwłaszcza w Japonii, gdzie gęsta zabudowa miejska i górzysty teren mogą utrudniać odbiór sygnałów z globalnych systemów nawigacyjnych. QZSS został zaprojektowany tak, aby działać w tandemie z GPS i poprawiać dokładność oraz niezawodność usług nawigacyjnych w tym regionie. Systemy regionalne nie tylko zwiększają dostępność i precyzję usług nawigacyjnych dla użytkowników końcowych, ale również zapewniają redundancję i większą niezawodność w krytycznych zastosowaniach, takich jak logistyka, ratownictwo i zarządzanie kryzysowe, gdzie dokładność i ciągłość usług są kluczowe.

Tabela 1. Wybrane zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej

Sektor	Możliwe zastosowania
Badania nad klimatem	dane lokalizacyjne wspierają rozwiązania geodezyjne, które służą do pomiaru parametrów Ziemi, np. pola magnetycznego
Rolnictwo	dane z systemów nawigacyjnych są wykorzystywane m.in. w automatyzacji naprowadzania pojazdów rolniczych. Popularność zyskują także monitorowanie pogłównia zwierząt (wyposażanie zwierząt w nadajniki umożliwiające ich śledzenie i skuteczniejsze zarządzanie żywym inwentarzem)
Rybołówstwo i akwakultury	wykorzystywane do monitorowania działalności potowowej
Ubezpieczenia i finanse	branża finansowa polega na precyzyjnym określaniu czasu i synchronizacji do datowania transakcji. W ubezpieczeniach rośnie wykorzystanie dronów do szybszej i dokładniejszej oceny roszczeń
Zarządzanie kryzysowe	urządzenia z nadajnikami GNSS są skutecznymi narzędziami do koordynowania akcji ratunkowych i pomocy humanitarnej
Żegluga morska i śródlądowa	dane wykorzystywane do nawigowania jednostkami pływającymi, monitorowania globalnej żeglugi oraz śledzenia aktywności w portach.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: EUSPA (2022).

Systemy nawigacji satelitarnej są powszechnie wykorzystywane przez instytucje publiczne zarówno do zastosowań militarnych, jak i cywilnych, a także przez firmy z sektora prywatnego. Poniżej w tabeli omawiamy sześć wybranych obszarów zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej. W rolnictwie możliwym zastosowaniem danych nawigacyjnych jest tak zwany Internet zwierząt, w ramach którego żywy inwentarz jest wyposażony w nadajniki umożliwiające monitorowanie i zarządzanie zwierzętami.

W rybołówstwie i akwakulturze nawigacja satelitarna pozwala monitorować działalność połowową na obszarach zagrożonych przetowieniem. Z kolei w branży finansów i ubezpieczeń dane nawigacyjne umożliwiają precyzyjne określanie czasu zajścia zdarzenia i określenia zasadności roszczeń. W zarządzaniu kryzysowym wykorzystanie danych nawigacyjnych poprawia koordynację akcji ratunkowych.

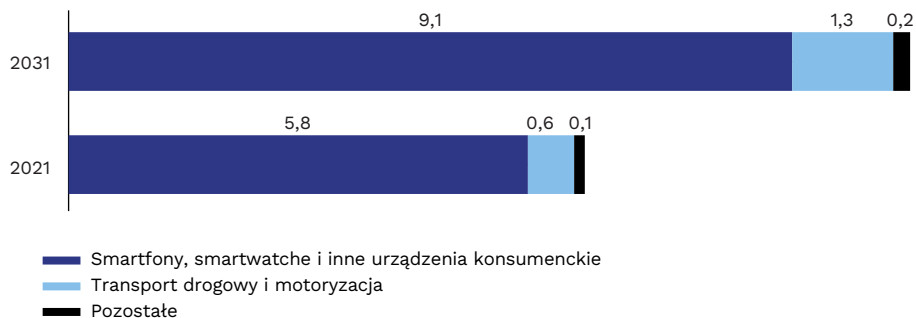
W tabeli zamieszczonej w aneksie prezentujemy szersze dane dotyczące możliwych zastosowań danych nawigacyjnych w pozostałych sektorach gospodarki.

Wraz z globalnym wzrostem mobilności aplikacje działające na podstawie usług PNT (pozycjonowanie, nawigacja i synchronizacja czasu, Positioning, Navigation and Timing) będą jednymi z najważniejszych czynników wzrostu w gospodarce kosmicznej. Już teraz każda operacja przy użyciu karty kredytowej jest potwierdzana za pomocą satelitarnej synchronizacji czasu. Technologia PNT jest silnie powiązana z operacjami dotyczącymi infrastruktury krytycznej, a wszelkie jej zakłócenia mają wpływ na działanie sieci komunikacyjnych, dystrybucję energii, logistykę, służby ratunkowe, transport publiczny, obronność czy finanse.

Aż 75 proc. przychodów (199 mld USD w 2021 r.) z nawigacji satelitarnej stanowiła wartość pochodząca z usług wykorzystujących systemy nawigacyjne, a za 25 proc. przychodów odpowiadała sprzedaż urządzeń odbiorczych. W zakres działań wchodzi m.in. usługi monitorowania flot pojazdów, oprogramowanie wspierające rolnictwo precyzyjne, usługi nawigacji dla dronów czy usługi oparte na precyzyjnych znacznikach czasu wykorzystywane do oznaczania transakcji finansowych. Warto zauważyć, że do wskazanej powyżej wartości rynku, za którą odpowiadają urządzenia odbiorcze, wliczana jest tylko wartość układów odpowiedzialnych za odbiór sygnału nawigacyjnego, a nie całych urządzeń. W 2021 r. na świecie było 6,5 mld urządzeń odbierających sygnał nawigacyjny (EUSPA, 2022). Pośród nich przeważały urządzenia konsumenckie, takie jak smartfony czy smartwatche, stanowiące 89 proc. wszystkich urządzeń odbierających sygnały nawigacyjne. 9 proc. urządzeń przypadało na transport drogowy i motoryzację, a pozostałe sektory odpowiadały za około 2 proc. urządzeń.

Tylko w 2021 r. dostarczono na rynek 1,8 mld nowych urządzeń mogących odbierać sygnały nawigacyjne, a ponad 90 proc. z nich stanowiły telefony i zegarki lub opaski. Szacuje się, że do 2031 r. całkowita liczba urządzeń odbierających sygnały nawigacyjne wzrośnie o ponad 60 proc., a udział transportu drogowego i motoryzacji zwiększy się za sprawą coraz powszechniejszego instalowania odbiorników w samochodach. Wzrost liczby urządzeń odbierających sygnały nawigacyjne będzie pochodził głównie z rozpowszechnienia się smartwatchów i smartfonów (EUSPA, 2022).

Wykres 4. Liczba urządzeń odbierających sygnały nawigacyjne z podziałem na rodzaje urządzeń (dane za 2021 r. oraz prognoza na 2031 r.; w mln)



Uwaga: dane dotyczą urządzeń odbierających sygnał nawigacyjny pochodzący z systemu GNSS.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: EUSPA (2022).

1.3.2. Komunikacja satelitarna

Podstawą działania systemów komunikacji satelitarnej jest przesyłanie informacji między różnymi punktami na Ziemi za pośrednictwem satelitów umieszczonych na orbicie okołoziemskiej. Wykorzystywane w tym procesie satelity służą jako urządzenia przekazujące i wzmacniające sygnał. Komunikacja tego rodzaju umożliwia przesyłanie danych na dużą odległość bez konieczności budowy infrastruktury naziemnej. Jest to kluczowa zaleta komunikacji satelitarnej w porównaniu z tradycyjnymi technologiami przesyłania danych. Dla efektywności działania rozwiązań tego rodzaju kluczowe jest umiejscowienie satelity na orbicie Ziemi (ramka poniżej), co decyduje o możliwej prędkości przesyłania danych oraz ewentualnych opóźnieniach.

Ramka 2. Nowe rozwiązania w technologiach komunikacyjnych

Technologiczne podstawy działania komunikacji satelitarnej uległy w ostatnich latach znaczącym przeobrażeniom. Pierwotnie satelity komunikacyjne były umieszczane na orbicie geostacjonarnej, tj. na wysokości 35 786 km nad równikiem. Utrzymując tę orbitę satelity poruszały się z prędkością umożliwiającą im zachowanie stałej pozycji względem powierzchni Ziemi. Rozwiązanie to było korzystne w przypadku zastosowań komunikacyjnych, ponieważ pozwalało na odbieranie sygnału nadawanego z danego satelity, w szczególności sygnału telewizyjnego, za pomocą naziemnych anten satelitarnych ustawionych w kierunku jednego miejsca na niebie.

Ostatnio coraz częściej wykorzystywanym rozwiązaniem jest budowa dużych konstelacji satelitów komunikacyjnych umieszczanych na niskiej orbicie okołoziemskiej. Satelity te nie utrzymują stałej pozycji względem powierzchni Ziemi, ale są w stanie zapewnić stałą łączność ze stacjami naziemnymi dzięki swojej liczebności. Każdy z satelitów pokrywa swoim działaniem niewielki obszar Ziemi, ale biorąc pod uwagę dużą liczebność całej konstelacji, zapewnia to efektywny przekaz sygnału między Ziemią a satelitą i z powrotem.

Umieszczanie satelitów na niskiej orbicie ziemskiej redukuje opóźnienie w transmisji danych w porównaniu z satelitami geostacjonarnymi (GEO). Jest to kluczowe w wielu zastosowaniach komunikacyjnych, takich jak gry *online*, *streaming* czy rozmowy *online*. Zarazem satelity znajdujące się na niskiej orbicie mają krótszy okres życia niż umieszczone na orbicie geostacjonarnej. Po zakończeniu swojego życia operacyjnego łatwiej wchodzą w atmosferę Ziemi, gdzie spalają się, co zmniejsza ryzyko stworzenia długotrwałych odpadów kosmicznych.

Do najpopularniejszych z rozwiązań wykorzystujących systemy komunikacji satelitarnej należą:

- telewizja satelitarna – polega na przekazywaniu nadawanych treści wideo przez geostacjonarne satelity komunikacyjne do odbiorców końcowych wyposażonych w odpowiednie odbiorniki. Obecnie udział telewizji satelitarnej maleje na rzecz innych usług komunikacyjnych,
- radio satelitarne – polega na przekazywaniu transmisji radiowych za pomocą satelitów komunikacyjnych (usługa przybiera na znaczeniu). Sygnał jest coraz częściej dystrybuowany z centralnego studia do lokalnych nadajników za pomocą satelitów,
- satelitarna łączność szerokopasmowa – technologia dostępu do internetu dostarczanego do odbiorców za pomocą konstelacji satelitów oraz odpowiednio gęstej sieci stacji naziemnych. Umożliwia połączenie z internetem mimo braku dostępu do tradycyjnej naziemnej sieci przesyłania danych,
- telefonia satelitarna – umożliwia wykonywanie połączeń telefonicznych za pośrednictwem sygnału przekazywanego satelitarne. Zapewnia łączność niezależnie od dostępnego zasięgu sieci radiowej, np. na obszarach odosobnionych, jak oceany, pustynie czy góry.

Obecnie coraz większe znaczenie gospodarcze zyskuje łączność i dostęp do internetu świadczony za pomocą konstelacji satelitów komunikacyjnych. W 2022 r. na całym świecie było 71 mln użytkowników szerokopasmowych sieci satelitarnych. Postęp w rozwoju i wzrost dostępności internetu satelitarnego są możliwe w dużej mierze dzięki prywatnym inwestycjom, takim jak projekt Starlink firmy SpaceX (www8). Szacuje się, że do 2031 r. liczba użytkowników szerokopasmowych sieci satelitarnych wzrośnie ponad dwukrotnie i przekroczy 150 mln osób (www9). W obszarze komunikacji satelitarnej planowane są budowy megakonstelacji satelitów przez Amazona, który zamierza umieścić 3236 satelitów na niskiej orbicie Ziemi w ramach Projektu Kuiper (www10), a także przez Unię Europejską, która realizuje projekt IRIS o zaplanowanej operacyjności w 2027 r.

1.3.3. Obserwacja Ziemi

Obserwacja Ziemi to zdalne monitorowanie, zbieranie i analizowanie danych o fizycznych, chemicznych oraz biologicznych zmianach naszej planety na lądzie, w wodach oraz atmosferze (EUSPA, 2022). W tym celu wykorzystuje się odpowiednie czujniki na satelitach (optyczne, termiczne i radarowe).

Czujniki optyczne i termiczne odbierają energię odbitą lub wyemitowaną przez powierzchnię Ziemi lub atmosferę. Działają dzięki falom promieniowania elektromagnetycznego ze spektrum pomiędzy widzialnym a podczerwonym. Z kolei czujniki radarowe korzystają z dłuższych fal elektromagnetycznych niż czujniki optyczne i termiczne, w dużej mierze samodzielnie wysyłają energię w kierunku Ziemi i mierzą parametry powracających fal. Takie rozwiązania umożliwiają między innymi prowadzenie obserwacji Ziemi niezależnie od pory dnia i pogody.

Dane pochodzące z obserwacji Ziemi są szeroko wykorzystywane w wielu sektorach gospodarki. W rolnictwie dane satelitarne pomagają w monitorowaniu stanu gleb, co pozwala uniknąć nieefektywnego wykorzystania zasobów wodnych. W obszarze zarządzania kryzysowego dane satelitarne podnoszą szybkość reagowania na zagrożenia, co z kolei pozwala ograniczyć ich skutki. W rybołówstwie, ubezpieczeniach, a nawet w żegludze, wykorzystanie danych satelitarnych pomaga minimalizować ryzyka i zabezpieczać interesariuszy przed nieprzewidzianymi stratami. Poniżej omawiamy wybrane zastosowania danych pochodzących z kosmicznej obserwacji Ziemi w sześciu wybranych sektorach gospodarki. W tabelach w aneksie prezentujemy szerszą gamę możliwych zastosowań, zidentyfikowanych dla 16 sektorów gospodarki.

Tabela 2. Wybrane zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej i z kosmicznej obserwacji Ziemi w poszczególnych sektorach gospodarki

Sektor	Wybrane zastosowania
Badania nad klimatem	dane pochodzące z obserwacji Ziemi służą do monitorowania klimatu oraz przyczyniają się do postępów w badaniach nad nim
Rolnictwo	nowoczesne rolnictwo wykorzystuje dane pochodzące z obserwacji Ziemi do zarządzania uprawami, monitorowania stanu gleby oraz zachowania bioróżnorodności
Rybołówstwo i akwakultury	obserwacja akwenów pozwala na monitorowanie zasolenia, temperatury i jakości wody. Przekłada się to na wyższą wydajność rybołówstwa i akwakultur
Ubezpieczenia i finanse	dane satelitarne umożliwiają dokładniejsze obliczanie ryzyka i stawek związanych z działalnością inwestycyjną i ubezpieczeniową
Zarządzanie kryzysowe	obserwacja Ziemi zapewnia niezbędne dane w sytuacjach kryzysowych i daje możliwość ostrzeżenia, wczesnego reagowania oraz analizy skutków
Żegluga morska i śródlądowa	dane pochodzące z obserwacji służą do optymalizacji tras żeglugowych oraz obserwacji obszarów kluczowych dla żeglugi, m.in. portów i cieśnin

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: EUSPA (2022).

1.4. Wartość gospodarki kosmicznej

Łączna wartość gospodarki kosmicznej w 2022 r. została oceniona przez Euroconsult (2023) na 464 mld USD. To całkowity zysk wygenerowany przez firmy prywatne a także wartość zamówień udzielonych przez instytucje sektora publicznego dla firm z sektora prywatnego. Wartość ta jest jedynie przybliżona – nie ma dostępnych precyzyjnych pomiarów gospodarki kosmicznej. Dostępne szacunki różnych instytucji podają wartości z zakresu od 415 mld USD do nawet 546 mld USD (patrz ramka niżej). Większość przychodów sektora kosmicznego wygenerowały firmy prywatne, które w 2022 r. odpowiadały za 78 proc. przychodów branży kosmicznej (www11).

Wszystkie szacunki (patrz ramka poniżej) przewidują wzrost wartości sektora kosmicznego w najbliższych latach. Według prognozy Euroconsult wartość sektora wzrośnie do poziomu 628 mld USD do 2028 r. Szacunki niektórych instytucji – PwC oraz McKinsey – wskazują jednak na znacznie większy wzrost, sięgający nawet wartości powyżej 800 mld USD w 2028 r.

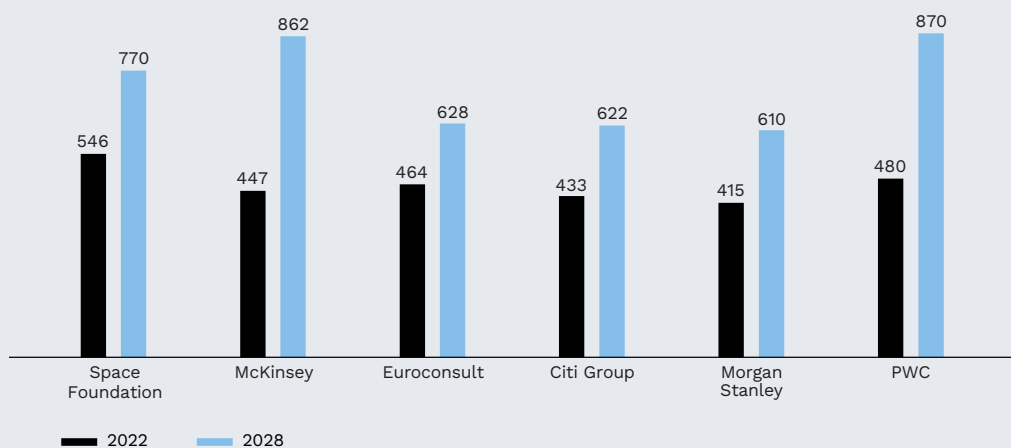
Z dużym prawdopodobieństwem możemy stwierdzić, że wartość gospodarki kosmicznej byłaby znacznie większa, gdybyśmy uwzględnili wartość wynikającą z wykorzystania technologii satelitarnych w innych gałęziach gospodarki. Sygnał nawigacyjny i część opartych na nim usług, np. nawigacja dostępna w aplikacjach, są bezpłatne i pozwalają na budowanie wielu modeli biznesowych, takich jak dostawy kurierskie, usługi transportowe czy usługi reklamowe. Oznacza to, że gospodarka kosmiczna wytwarza wiele produktów i usług, z których powszechnie korzysta wiele sektorów gospodarki. Jednak wartość rynkowa tych usług nie jest uwzględniana w szacunkach przywoływanych w niniejszym raporcie.

Największym segmentem gospodarki kosmicznej jest nawigacja satelitarna, która stanowi około połowę jego wartości. W ujęciu nominalnym w 2022 r. było to 230 mld USD (Euroconsult, 2023). Większość z tego wygenerowały podmioty komercyjne wykorzystujące w swoich działaniach sygnał pochodzący z satelitów. Są to przede wszystkim podmioty produkujące urządzenia przetwarzające sygnał satelitarny lub dostarczające tego typu usługi. Prognozy wskazują, że do 2031 r. wartość tego segmentu może wzrosnąć o ponad 150 proc. – do 582 mld USD. Prezentowane prognozy wzrostu wynikają z rosnącego zapotrzebowania w skali całego świata na usługi nawigacyjne i zakup związanych z nimi urządzeń.

Ramka 3. Wartość sektora kosmicznego – różnice w oszacowaniach

Szacunki wielkości światowej gospodarki kosmicznej różnią się między sobą w zależności od instytucji analizującej sektor. W ogólnodostępnych raportach oraz analizach można znaleźć wielkości różniące się nawet o 100 mld USD. Takie rozbieżności są spowodowane m.in. zróżnicowanym rozumieniem gospodarki kosmicznej, obszarów wchodzących w jej skład, dostępnością danych wykorzystywanych przy szacowaniu wielkości sektora czy samą metodologią pomiaru.

Wykres 5. Wartość gospodarki kosmicznej w 2022 r. oraz prognozowana wartość w 2028 r. według różnych źródeł (w mld USD)



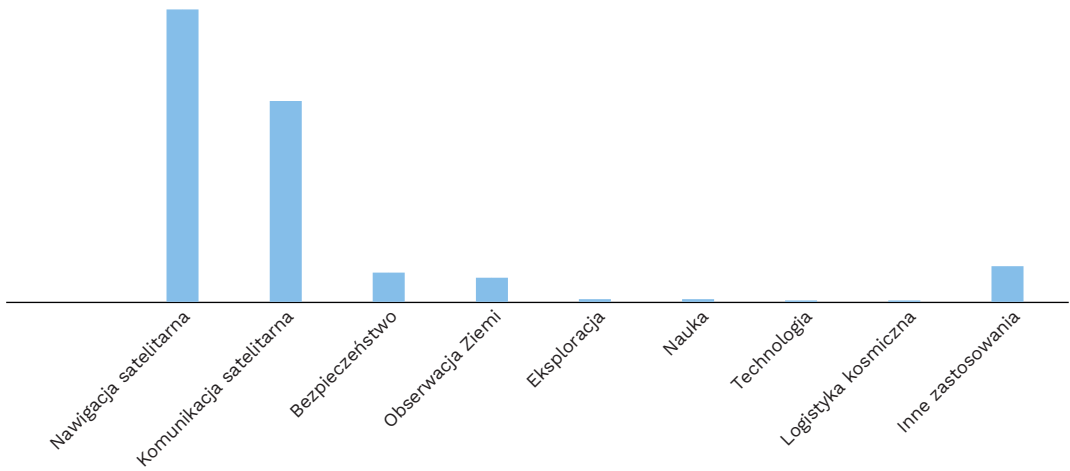
Uwaga: w przypadku analiz Citi Group, Morgan Stanley oraz PWC wartości zostały wyliczone na podstawie podanych przez wymienione podmioty wartości sektora w 2020 r. oraz prognozowanego średniego wzrostu gospodarki kosmicznej.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych z analiz poszczególnych instytucji (www12; www13; www14; www15; www16; www17).

Drugim pod względem wielkości segmentem gospodarki kosmicznej jest komunikacja satelitarna.

Odpowiada za 1/3 wartości całej gospodarki kosmicznej, w 2022 r. była wyceniana na 158 mld USD. Pozostałe segmenty, m.in. obserwacja Ziemi, odpowiadają łącznie za 76 mld USD oraz 16 proc. całej gospodarki kosmicznej. Choć pod względem udziału w ogólnej wartości sektora kosmicznego obserwacja Ziemi nie stanowi dominującej kategorii, to jej znaczenie społeczno-gospodarcze jest bardzo istotne. Dane pochodzące z obserwacji Ziemi są szeroko wykorzystywane w wielu gałęziach gospodarki. Jak wskazywaliśmy powyżej, w wielu obszarach umożliwiają one poprawę efektywności zarządzania ryzykami oraz ograniczenie kosztów alternatywnych.

Wykres 6. Wartość segmentów gospodarki kosmicznej wyróżnionych ze względu na zastosowanie w 2022 r. (w mld USD)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Euroconsult (2023).

2. Układ sił w gospodarce kosmicznej

2.1. Wyniesienia ładunków w kosmos

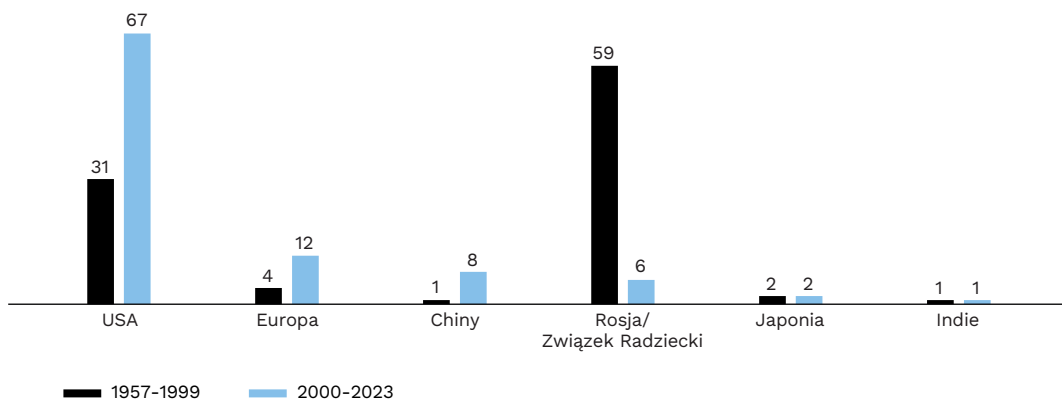
Rozwój technologii kosmicznych był od początku ery kosmicznej polem rywalizacji między mocarstwami. Przez większość tego okresu było to współzawodnictwo prowadzone przez rządy i wojsko, głównie z powodu zimnowojennej rywalizacji pomiędzy Stanami Zjednoczonymi a Rosją, potem także Chinami. Jednak w ostatnich latach, wraz z obniżeniem kosztów produkcji i wysyłania satelitów, do gry włącza się coraz więcej krajów a także coraz więcej podmiotów z sektora prywatnego.

W rywalizacji tej Stany Zjednoczone są państwem, które odpowiada za największą liczbę obiektów wyniesionych w kosmos. Według danych UNOOSA (www1), spośród wszystkich 17 tys. satelitów wystanych w kosmos od 1957 r. do dzisiaj Stany Zjednoczone wystaly kosmos 9,5 tys. (56 proc. z nich). Drugą pozycję na tej liście zajmuje Rosja – 20 proc. wszystkich wystrzelonych obiektów w tym okresie. Tak wysoka pozycja Rosji w rankingu wynika w dużej mierze z aktywności tego państwa w okresie zimnowojennym. Gdyby wziąć pod uwagę wyłącznie satelity wystrzelone po 2000 r. to zaledwie 6 proc. z nich należałoby do Rosji, a 67 proc. – do Stanów Zjednoczonych. Z kolei Europa rozumiana jako państwa członkowskie Unii Europejskiej i Wielka Brytania odpowiadają za 10 proc. wszystkich satelitów wystanych na orbitę Ziemi oraz 12 proc. wystrzelonych po 2000 r.

Można również zaobserwować rosnące zaangażowanie Chin w działania w przestrzeni kosmicznej. Największe państwo Azji w ostatnich dwóch dekadach dokonało szeregu udanych przedsięwzięć, m.in. udanych misji księżycowych oraz opracowania ciężkich rakiet wielokrotnego użytku (rakiet Long March 9 wyposażona w najnowocześniejsze technologie). Oczekuje się, że rakiet Long March 9 odegra równie ważną rolę w kształtowaniu przyszłości eksploracji kosmosu co rakiet firmy SpaceX. W miarę ciągłego rozwijania swojego programu kosmicznego Long March 9 stanowi kluczowy element chińskiej strategii kosmicznej.

W ostatnich latach coraz bardziej widoczna jest dominująca pozycja Stanów Zjednoczonych w obszarze wyniesień obiektów w kosmos. Tylko w 2023 r. Stany pobiły barierę 2000 wyniesionych obiektów w jednym roku. Kolejne w rankingu są Chiny oraz Europa, które jednak w tym samym roku wystały mniej niż 200 satelitów. Rosja w 2023 r. na orbitę wyniosła zaledwie 62 obiekty.

Wykres 7. Udział w zasobie wszystkich satelitów wyniesionych w latach 1957-1999 oraz 2000-2023 (w proc.)

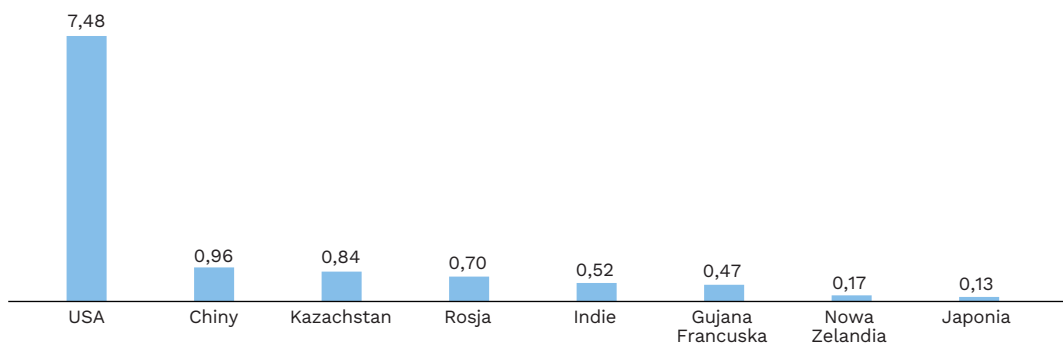


Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych ourworldindata.org.

Infrastruktura pozwalająca na wystąpienie obiektów w kosmos znajduje się na terytorium kilkunastu państw. W latach 2000-2023 satelity i inne obiekty kosmiczne były wynoszone z 30 ośrodków, które znajdują się na terytorium 12 państw. Największe możliwości w tym względzie mają Stany Zjednoczone. Z ośrodków w tym państwie – głównie z Przylądka Canaveral oraz Bazy Vandenberg – wysłano od 2000 r. ponad 7 tys. satelitów. Drugie miejsce w rankingu zajmują Chiny – z 5 baz w tym kraju wysłano w tym czasie niemal 1000 obiektów. Największy ośrodek europejski pozwalający na wynoszenie w kosmos znajduje się w Gujanie Francuskiej i umożliwia wystrzeliwanie rakiet z satelitami o masie powyżej 1 tony. Powstaje jednak coraz większa liczba tzw. „mikrolauncherów” wynoszących satelity rzędu 100 kg. Szwedzki kosmodrom Esrange Space Center w Kirunie czy norweska Andøya stanowią zatem odrębny segment.

Mimo wąskiego grona państw posiadających infrastrukturę odpowiednią do wyniesień obiektów w kosmos, coraz więcej krajów umieściło swojego satelitę na orbicie. Według danych UNOOSA (www1) do końca 2023 r. niemal 100 państw na świecie wysłało co najmniej jednego satelitę na orbitę.

Wykres 8. Liczba obiektów wyniesionych na orbitę ziemską w latach 2000-2023 według państw, z których terytorium zostały wysłane (w tys.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych UNOOSA (www1).

Swój obiekt w kosmosie mają już także rozwijające się państwa afrykańskie (Uganda, Rwanda, Zimbabwe) czy azjatyckie (Sri Lanka, Nepal, Laos). Polska obecnie posiada 8 satelitów pracujących na orbicie – 2 z nich należą do Centrum Badań Kosmicznych PAN, a pozostałe do prywatnych przedsiębiorstw (www18).

Ramka 4. Techniczne uwarunkowania wynoszenia obiektów w kosmos

Wyniesienie ładunku w kosmos wymaga przygotowania odpowiedniej platformy startowej dla pojazdu nośnego. Pojazdy nośne, zależnie od swojego typu, mogą być wyrzucane z platform zarówno pionowo, jak i poziomo. Naziemne platformy startowe są do tej pory najczęściej występującymi oraz najczęściej stosowanymi przy wyrzutach ładunków w kosmos. Zaliczają się do nich m.in.:

- zlokalizowany w Kazachstanie rosyjski kosmodrom Bajkonur;
- amerykańskie Centrum Kosmiczne Johna F. Kennedy'ego;
- Europejski Port Kosmiczny w Gujanie Francuskiej.

Możliwe są także wyrzuty ładunków kosmicznych z powietrza, przez wyniesienie systemu nośnego na odpowiednią wysokość specjalnie zmodyfikowanym samolotem i uwolnienie go w powietrzu, w celu dalszego samodzielnego lotu w przestrzeń kosmiczną. Znane są także dwa przypadki wyrzutów satelitów, które odbyły się z pokładów łodzi podwodnych (UNOOSA, www1). Stosowane w przeszłości i obecnie ponownie rozwijane są także pływające platformy startowe. W latach 1999-2014 przeprowadzono ponad 30 udanych startów w kosmos z pływającej prywatnej platformy Odyssey, powstałej na bazie pływającej platformy wiertniczej. Od 2019 r. również Chińczycy przeprowadzają starty rakiet kosmicznych z pływających platform startowych.

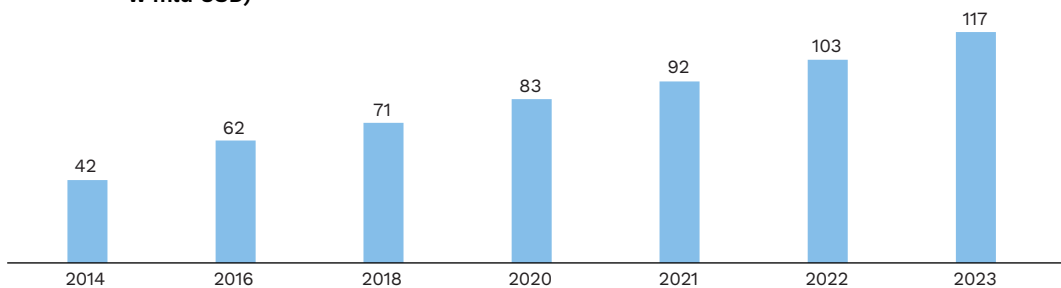
Dużą rolę w procesie wynoszenia ładunku w kosmos odgrywa także lokalizacja platformy. Odpowiednie miejsce startu wpływa na stopień trudności lub nawet możliwość umieszczenia ładunku na wybranej orbicie. Lokalizacja jest szczególnie istotna przy planowaniu osiągnięcia orbity geostacjonarnej oraz orbity tranzytowej, umożliwiającej dalszą podróż międzyplanetarną. Z tego też wynikają istotne zalety mobilnych platform pływających, które dają dowolność wyboru miejsca do startu w kosmos.

2.2. Finansowanie sektora kosmicznego

2.2.1. Wydatki publiczne

Na całym świecie wydatki rządowe na sektor kosmiczny konsekwentnie rosną. W 2023 r. wynosiły one 117 mld USD (www19)⁷, co stanowi wzrost o niemal 15 proc. względem poprzedniego roku. W ciągu dekady państwa zwiększyły finansowanie swoich działań w obszarze kosmicznym o 176 proc. Wyraźne przyspieszenie wydatków na rozwój programów kosmicznych jest widoczne zwłaszcza po 2000 r. Od tego czasu rocznie tempo wzrostu nakładów przekraczało 10 proc.

Wykres 9. Światowe publiczne wydatki na sektor kosmiczny w latach 2014-2023 (wartości bieżące; w mld USD)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Statista (www20) oraz Euroconsult (2023a).

⁷ Dane za 2023 r. nie są jeszcze dostępne w podziale na segmenty, a jedynie jako wartość całkowita.

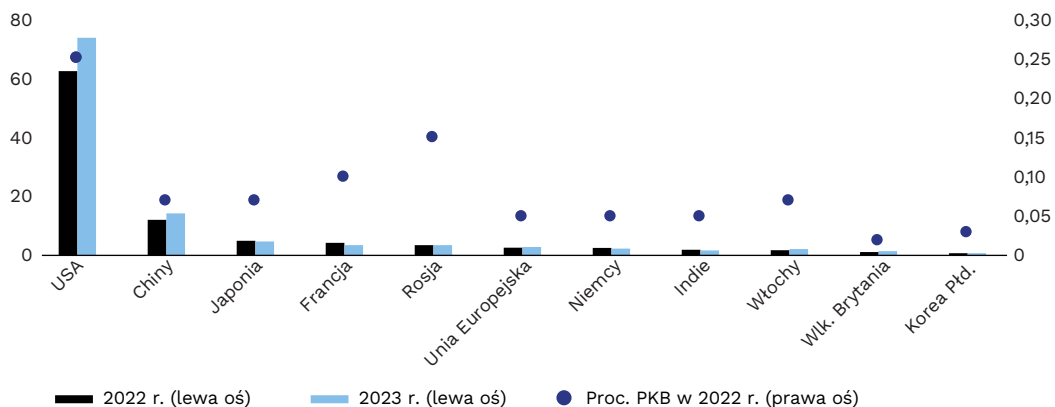
Najwyższe wydatki na programy kosmiczne ponoszą Stany Zjednoczone.

W 2023 r. z budżetu państwa przekazano na ten cel 63 mld USD. Drugie w rankingu są Chiny (14 mld USD). Dużym graczem na rynku kosmicznym jest także Japonia, która na swój przemysł kosmiczny przeznaczyła w 2022 r. prawie 5 mld USD. Państwa europejskie zajmują kolejne miejsca. Łączne wydatki państw europejskich (12,1 mld USD) są porównywalne z wydatkami Chin.

Stany Zjednoczone wydają na programy kosmiczne nie tylko najwięcej środków w ujęciu nominalnym, ale także w odniesieniu do PKB.

W 2022 r. udział ten wynosił niecałe 0,25 proc. wartości amerykańskiej gospodarki. Był to jednak wynik niższy o około 0,05 pkt. proc. niż jeszcze w 2008 r. Druga w zestawieniu Rosja na swój program kosmiczny przeznaczyła w 2022 r. 0,15 proc. PKB, a trzecia Francja ok. 0,1 proc. PKB. W Chinach i Japonii finansowanie kształtowało się na poziomie 0,07 proc. W całej Unii Europejskiej przeznaczono na sektor kosmiczny około 0,05 proc. całkowitej wartości PKB wszystkich państw członkowskich.

Wykres 10. Rządowe wydatki na programy kosmiczne w latach 2022 i 2023 (w mld USD) oraz ich wielkość względem krajowego PKB w 2022 r.



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Euroconsult, OECD.

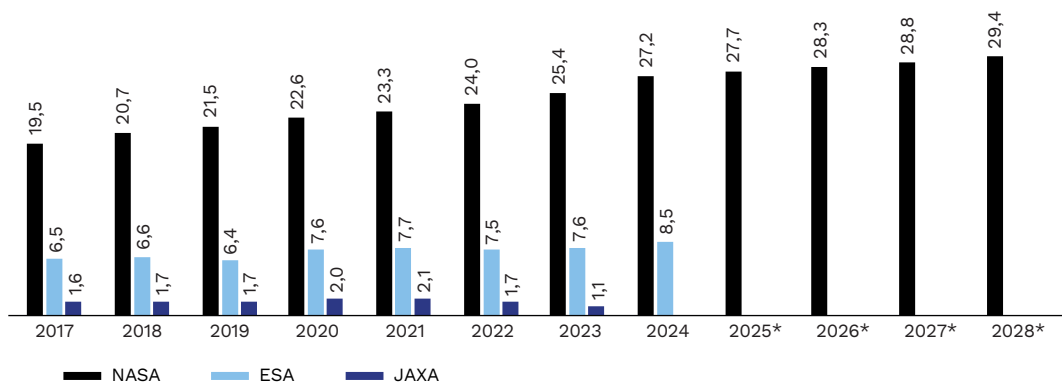
Udział państw azjatyckich w globalnych wydatkach publicznych na sektor kosmiczny w ostatnich latach rośnie dynamicznie.

Tylko w latach 2018–2020 udział kontynentu azjatyckiego w łącznych wydatkach publicznych na sektor kosmiczny wzrósł z 18 proc. do ponad 21,5 proc. (Space in Africa, 2021). Tak znaczący wzrost region ten zawdzięcza przede wszystkim Chinom, ale także Japonii oraz Indiom. W tych państwach budżety na wydatki kosmiczne w latach 2018–2020 wzrosły o ponad 10 proc. Same Chiny w 2020 r. odpowiadały za ponad 70 proc. wszystkich wydatków kosmicznych w Azji. W ostatnich latach największy wzrost w budżecie kosmicznym Chin odnotowały w 2019 r. – wtedy na sektor kosmiczny przeznaczyły łącznie niemal 11 mld USD, czyli o 37 proc. więcej niż rok wcześniej. Podobną wartość miał budżet kosmiczny

w 2020 r. Od 2019 r. do 2022 r. wzrost nakładów Chin wyniósł niecałe 9 proc. i nie był już tak duży, choć jednocześnie wyraźny, mimo choćby pandemii koronawirusa, która spowodowała pogorszenie sytuacji gospodarczej w kraju oraz przerwanie wielu łańcuchów dostaw na świecie.

W 2022 r. 40 proc. budżetu kosmicznego Stanów Zjednoczonych przeznaczono na finansowanie Amerykańskiej Agencji Kosmicznej (NASA). Budżet Agencji (NASA, 2022) wynosił 24,8 mld USD w 2022 r. NASA jest agencją kosmiczną o największym budżecie wśród swoich odpowiedników na świecie. Według założeń do 2028 r. ma on przekroczyć 29 mld USD. Dysponuje trzykrotnie większymi środkami niż Europejska Agencja Kosmiczna (ESA), przy pięciokrotnie wyższych łącznych wydatkach USA w porównaniu z Europą. Stany Zjednoczone oprócz działań swojej agencji kosmicznej finansują również inne krajowe programy i przedsięwzięcia, np. Siły Kosmiczne Stanów Zjednoczonych – US Space Force (www21), których budżet na 2024 r. przewidziano w wysokości 30 mld USD. Z kolei łączny budżet Japońskiej Agencji Kosmicznej (JAXA) w 2022 r. kształtował się na poziomie 1,7 mld USD przy niemal 5 mld USD całkowitych wydatków państwa na sektor kosmiczny.

Wykres 11. Budżety NASA, ESA i JAXA w latach 2017-2028 (w mld USD)



Uwaga: * środki zakładane na lata 2025-2028, ** budżet początkowy JAXA na 2023 r.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych NASA, ESA, JAXA, Statista (www22).

Wydatki państw na sektor kosmiczny najczęściej przeznaczone są na realizację wieloletnich i wysokobudżetowych programów eksploracji kosmosu.

Przykładem tego może być ustanowiony przez NASA w 2017 r. wieloletni program Artemis, którego celem jest między innymi eksploracja Księżyca i Marsa. Warto wspomnieć, że od 2021 r. Polska jest sygnatariuszem programu Artemis Accords, który stanowi międzynarodowe porozumienie określające ramy współpracy w cywilnej eksploracji Księżyca, Marsa i innych

ciał niebieskich. Pozostałe agencje kosmiczne – ESA, JAXA, Chińska Narodowa Agencja Kosmiczna oraz Indyjska Organizacja Badań Kosmicznych realizują własne, mniejsze programy eksploracji Marsa, Księżyca oraz gwiazd naszej galaktyki (Space Foundation, 2021).

Programy prowadzone przez państwa i agencje kosmiczne są najczęściej realizowane we współpracy z firmami z sektora prywatnego. Jednak podstawowym źródłem ich finansowania są środki publiczne. Wynika to w dużej mierze z ich kosztochłonności oraz faktu, że w chwili obecnej programy takie nie dają szans na komercjalizację ich wyników w przewidywalnej przyszłości. Jednak w dłuższej perspektywie publiczne wydatki mogą przynieść korzyści społeczne i gospodarcze. Obszarem, z którym wiązane są największe nadzieje jest wydobycie kosmicznych surowców, takich, jak lód wodny, metale ziem rzadkich, czy hel-3, który może być potencjalnie wykorzystany jako paliwo w reaktorach fuzyjnych (Space Foundation, 2021).

2.2.2. Zaangażowanie firm prywatnych w sektorze kosmicznym

W ostatnich latach widoczny jest coraz większy udział firm z sektora prywatnego w eksploracji i eksploatacji przestrzeni kosmicznej. Firmy prywatne angażują się przede wszystkim w wynoszenie na orbitę konstelacji lub megakonstelacji satelitów wspierających działania systemów komunikacji satelitarnej. Podejmują także pierwsze próby komercjalizacji działań w obszarze turystyki kosmicznej. Chociaż dane dotyczące wydatków firm prywatnych na działania w obszarze gospodarki kosmicznej nie są dostępne, to jednak o coraz większym zaangażowaniu firm w tym obszarze świadczy rosnąca liczba obiektów wynoszonych przez nie na orbitę okołoziemską.

W drugiej dekadzie XXI w. na rynku upowszechniły się małe satelity (Small Sats), czyli obiekty o masie nieprzekraczającej 500 kg. Przed 2011 r. jedynie w 18 krajach świata działały firmy zaangażowane w działania związane z produkcją lub wynoszeniem tego rodzaju obiektów, natomiast w 2020 r. – już w 32 krajach. Ponadto na całym świecie utworzono 144 firmy zajmujące się małymi satelitami, co stanowi 72 proc. wszystkich firm powstałych w tym okresie (www11).

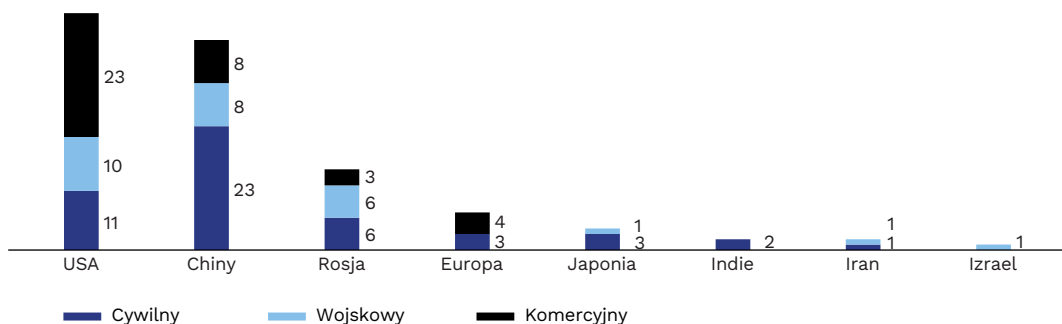
Firmy z sektora prywatnego wyspecjalizowały się w wynoszeniu na orbitę małych ładunków o wadze nieprzekraczającej 500 kg. Przeciętna masa tego rodzaju satelity wynosi 260 kg⁸. Tradycyjne satelity, z przeciętną wagą przekraczającą 1000 kg, są droższe w produkcji, wyniesieniu na orbitę i utrzymaniu. To właśnie niższe koszty wyniesień na orbitę małych satelitów umożliwiły wejście na rynek dużej liczby prywatnych przedsiębiorstw. Mniejszy rozmiar i masa małych satelitów pozwalają na równoczesne wynoszenie na jednej rakiecie wielu obiektów tego rodzaju, co znacząco obniża koszty dostępu do przestrzeni kosmicznej. Małe satelity łączą się później w konstelacje, co pozwala aktywnie uczestniczyć mniejszym graczom w eksploracji i użytkowaniu kosmosu.

⁸ Tyle waży satelita Starlink firmy SpaceX.

Rosnące zaangażowanie firm z sektora prywatnego najlepiej widać na przykładzie rynku amerykańskiego.

W Stanach Zjednoczonych w 2020 r. 23 z 44 startów miały charakter komercyjny. Za 75 proc. z nich odpowiadała firma SpaceX. Jest to najwyższy wynik sektora prywatnego spośród wszystkich państw. W Chinach miało miejsce niewiele mniej startów niż w Stanach Zjednoczonych – 39 – jednak znacznie mniej z nich miało charakter komercyjny, co wynika przede wszystkim z silnego zaangażowania w tym obszarze sektora rządowego.

Wykres 12. Wystrzały rakiet wynoszących satelity na orbitę z podziałem na kraje i sektor (dane za 2020 r.)



Uwaga: w jednym wystrzale zazwyczaj wynoszonych jest na orbitę wiele satelitów.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Space Foundation Database (2021).

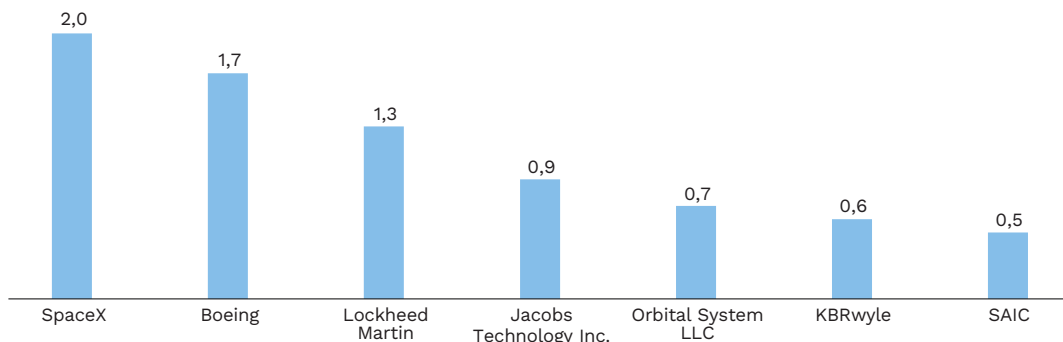
Coraz częściej również firmy z sektora prywatnego współpracują z rządami państw i agencjami kosmicznymi w formule partnerstwa publiczno-prawnego.

Wiele firm działających w sektorze kosmicznym w Stanach Zjednoczonych realizuje projekty zlecone przez NASA. W 2022 r. najwięksi beneficjenci programów NASA realizowali projekty dla administracji warte 7,7 mld USD. Największym prywatnym beneficjentem było SpaceX (www23) z dofinansowaniem na poziomie 2 mld USD, a następnie firma Boeing, która uzyskała 1,7 mld USD dofinansowania od NASA.

Przykładem współpracy między agencjami kosmicznymi i podmiotami prywatnymi jest ogłoszony w 2006 r. przez NASA program COTS (NASA, 2014).

Jego celem było umożliwienie komercyjnych dostaw ładunków na Międzynarodową Stację Kosmiczną. Środki finansowe dostarczane przez lata do prywatnych spółek (głównym beneficjentem był SpaceX) spowodowały, że firmy mogły skupiać się na obniżaniu kosztów bez potencjalnego ryzyka nierentowności. Rozwiązania rozwijane w następstwie programu COTS od 2012 r. pozwoliły firmie SpaceX realizować loty zaopatrzeniowe na Międzynarodową Stację Kosmiczną (ISS). Stany Zjednoczone tym samym zapewniły sobie wiodącą rolę w prywatnym sektorze gospodarki kosmicznej na świecie.

Wykres 13. Najwięksi prywatni beneficjenci programów NASA w 2022 r. (w mld USD)



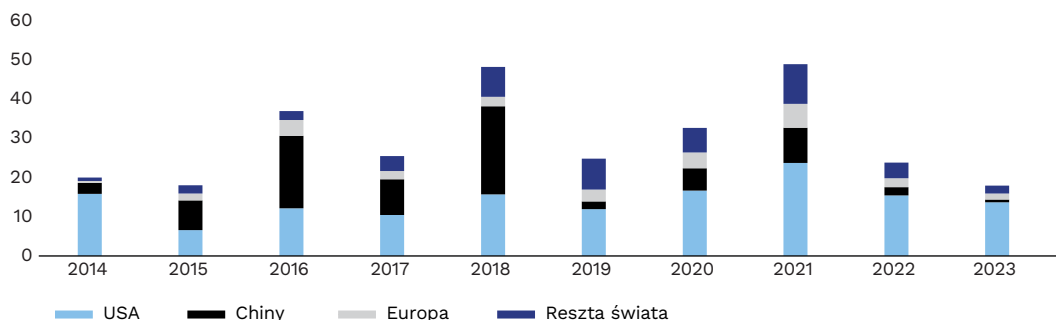
Uwaga: na wykresie przedstawiamy jedynie wartości zakontraktowane w 2022 r., nie uwzględniamy wartości programów zakontraktowanych w poprzednich latach.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Statista (www22).

Sektor kosmiczny przyciąga również inwestycje osób prywatnych i funduszy inwestycyjnych.

Wartość pozyskanego w ten sposób kapitału w 2023 r. wyniosła 18 mld USD. Inwestycje te charakteryzują się jednak dużą zmiennością. Średnio w latach 2014-2023 wartość inwestycji kosmicznych pochodzących od inwestorów prywatnych wynosiła 30 mld USD rocznie (www24). Wynik za ostatni rok należy do najniższych w całej dekadzie i pozostaje niemal dwukrotnie niższy niż wspomniana średnia. Największy udział prywatnych inwestycji w sektor kosmiczny odnotowały firmy działające w Stanach Zjednoczonych. Łącznie w latach 2014-2023 na podmioty prywatne z tego kraju przeznaczono 48 proc. wszystkich prywatnych środków zainwestowanych w gospodarkę kosmiczną.

Wykres 14. Inwestycje prywatne w sektorze kosmicznym na świecie w latach 2014-2023 (w mld USD)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Space Capital.

Drugim państwem pod względem wartości prywatnych inwestycji kosmicznych w latach 2014–2023 były Chiny. Tu komercyjny sektor kosmiczny rozwijał się dynamicznie od 2014 r., czyli od czasu wydania przez władze chińskie dokumentu (znanego jako *Document 60*) m.in. zachęcającego do podejmowania komercyjnych działań w obszarze gospodarki kosmicznej (Liu i in., 2019). Wiele publikacji uznaje ten moment za oficjalne otwarcie chińskiego sektora kosmicznego na prywatny kapitał. Udział Chin w prywatnych inwestycjach kosmicznych na świecie w 2019 r. wyraźnie ucierpiało i obniżył się z poziomu 22,6 mld USD do 2 mld USD, co oznaczało spadek z 47 proc. globalnych inwestycji w 2018 r. do 8 proc. w 2019 r.

Coraz większe zaangażowanie firm z sektora prywatnego będzie miało istotne znaczenie dla rozwoju sektora kosmicznego w nadchodzących latach. Zaangażowanie firm z sektora prywatnego będzie prowadziło z jednej strony do obniżenia kosztów dostępu do przestrzeni kosmicznej, z drugiej zaś – do coraz szerszej absorpcji technologii kosmicznych w rozmaitych zastosowaniach społeczno-gospodarczych. Prywatne firmy koncentrują swoje działania na rozwijaniu technologii, które mają bezpośrednie zastosowania konsumenckie. Ich wysiłki w dużym stopniu zmierzają w kierunku opracowywania rozwiązań sprzedawanych w skali masowej, najczęściej z wykorzystaniem metod produkcji seryjnej. Takie działania z jednej strony umożliwiają obniżenie kosztów produkcyjnych, z drugiej są istotnym krokiem w kierunku wprowadzania innowacji na etapie obniżenia kosztów wdrażanych zastosowań dzięki wykorzystaniu mechanizmów produkcji seryjnej.

3. Sektor kosmiczny w Europie

Największą kosmiczną organizacją w Europie jest Europejska Agencja Kosmiczna (ESA). Jej misją jest opracowywanie i wdrażanie technologii eksploracji oraz eksploatacji przestrzeni kosmicznej. Ważnymi podmiotami dla europejskiego sektora kosmicznego są także Europejska Organizacja Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych (EUMETSAT) i Południowe Europejskie Obserwatorium Kosmiczne (The European Southern Observatory, ESO). Pierwsza z nich jest odpowiedzialna za wykorzystanie i obsługę satelitarnych systemów obserwacji meteorologicznych, druga zajmuje się obserwacjami astronomicznymi. Komisja Europejska powołała Agencję Unii Europejskiej ds. Przestrzeni Kosmicznej (EUSPA), której rolą jest operacyjna realizacja unijnego programu kosmicznego na podstawie silnego partnerstwa publicznego i prywatnego.

Cztery wymienione organizacje mają odmienne cele działania, częściowo pokrywające się obszary działalności i nie zawsze jednakowe listy krajów członkowskich. Mimo że organizacje te są od siebie niezależne, to nawiązują ścisłą współpracę przy realizacji poszczególnych programów i projektów, współpracując zarazem z organami unijnymi. Dzięki powiązaniom tego typu można mówić o europejskim sektorze kosmicznym.

Organizacje i programy kosmiczne w Europie

Od 2021 r. w Unii Europejskiej obowiązuje *Europejski Program Kosmiczny 2021-2027* (www25), który ma za zadanie rozwój europejskiego sektora kosmicznego oraz zwiększenie jego roli na arenie światowej. Budżet całego programu ustanowiony został na poziomie 14,8 mld EUR. W ramach programu funkcjonują m.in. trzy flagowe (Parlament Europejski, 2021) programy europejskiej branży kosmicznej:

- **Copernicus** – zaawansowany unijny system obserwacji Ziemi,
- **Galileo** – system nawigacji satelitarnej należący do Unii Europejskiej,
- **EGNOS** – European Geostationary Navigation Overlay Service, zaawansowany system dostarczający poprawki różnicowe oraz informujący o awariach nawigacji satelitarnej i spadkach w dokładności nawigowania.

Przy każdym z wymienionych programów ma miejsce ścisła współpraca organów Unii Europejskiej z niezależnymi od niej podmiotami sektora kosmicznego. Galileo oraz EGNOS są programami unijnymi zarządzanymi przez EUSPA.

Rola ESA polega na rozwoju oraz zapewnianiu odpowiedniej infrastruktury do ich działania. Program Copernicus, zarządzany przez organy Komisji Europejskiej, został wdrożony we współpracy z ESA, EUMETSAT i Europejskim Centrum Średnioterminowych Prognoz Pogody (ECMWF). W przypadku tego programu (www26) ESA rozwija segment kosmiczny całego projektu. Obsługuje jednak tylko część konstelacji satelitów, podczas gdy pozostałe obsługiwane są już przez EUMETSAT. Można więc zauważyć, że o ile Komisja Europejska poprzez EUSPA inicjuje i zarządza danymi programami, o tyle badania, rozwój, późniejsze wdrożenie oraz obsługa leżą w gestii kolejnych niezależnych organizacji europejskich.

Unijny Program Kosmiczny (European Parliament, 2022) zakłada również wprowadzenie nowych komponentów mających na celu zwiększenie szeroko rozumianego bezpieczeństwa. Są to projekty Space and Situational Awareness (SSA) oraz Rządowy System Komunikacji Satelitarnej (Governmental Satellite Communication, GOVSATCOM). Pierwszy z nich ma na celu m.in. wykrywanie i śledzenie obiektów kosmicznych mogących zagrozić Ziemi (www27). Drugi z projektów wspomaga zarządzanie kryzysowe podczas operacji cywilnych i militarnych. Ma być wykorzystywany przez odpowiednie służby podczas katastrof naturalnych oraz do obserwacji granic państw i terytoriów morskich. Przy obu projektach zaangażowana jest również ESA. Budżet na lata 2021-2027 zakłada przekazanie na powyższe projekty 440 mln EUR. Są to jednak znacznie mniejsze środki niż przeznaczone na wspomniane wcześniej programy flagowe – Copernicus ma budżet w wysokości 5,4 mld EUR, a Galileo i EGNOS razem 9 mld EUR.

Ramka 5. Historia sektora kosmicznego w Europie

Pierwsze wspólne europejskie inicjatywy utworzenia przedsięwzięć z obszaru technologii kosmicznych miały swoją genezę w wyścigu zbrojeń między USA a ZSRR. W związku z nasilającą się rywalizacją między dwoma mocarstwami także w kosmosie, państwa z Europy zainteresowane własnymi programami kosmicznymi (m.in. Francja, Włochy, Belgia czy Holandia) utworzyły na początku lat 60. XX w. Europejską Organizację Badań Kosmicznych (European Space Research Organisation, ESRO). W tym samym czasie powołano do życia ELDO (European Launcher Development Organisation), która miała zapewnić samowystarczalność ESRO pod względem wynoszenia ładunków w kosmos (Osuch-Rak, 2017). Równolegle – w 1962 r. – powstała również European Southern Observatory (ESO) – międzyrządowa organizacja naukowa, której celem jest prowadzenie obserwacji astronomicznych.

Dekadę później na mocy podpisanej w 1975 (www28) Paryżu Konwencji z połączenia ESRO oraz ELDO powstała Europejska Agencja Kosmiczna (ESA). Jednym z postanowień konwencji było stworzenie, a następnie wdrożenie długofalowej europejskiej polityki kosmicznej zintegrowanej z narodowymi programami kosmicznymi. W 1983 r. powstała Europejska Organizacja Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych (EUMETSAT), która działa niezależnie od ESA i wykorzystuje systemy satelitarne do obserwacji meteorologicznych (www29).

W 2000 r. rozpoczęto działania mające na celu zacieśnienie współpracy ESA z Unią Europejską. Instytucje utworzyły zespół ds. Europejskiej Strategii Badań Kosmicznych. Cztery lata później, w 2004 r. (www30), powołano do życia Agencję Unii Europejskiej ds. Przestrzeni Kosmicznej (EUSPA). W 2016 r. wydana została *Strategia Kosmiczna dla Europy*, w 2021 r. *Europejski Program Kosmiczny 2021-2027* (www25), a w 2023 r. Europejska Strategia Kosmiczna Na Rzecz Bezpieczeństwa i Obrony.

W Polsce w 2014 r. z inicjatywy Ministerstwa Rozwoju i Technologii (www31) powstała Polska Agencja Kosmiczna (POLSA). Współpracuje z międzynarodowymi agencjami kosmicznymi oraz jednostkami administracyjnymi z Polski w zakresie badań i eksploatacji przestrzeni kosmicznej. Jednym z jej celów jest wspieranie i promocja polskiego sektora kosmicznego w kraju i za granicą.

3.1. Europejska Agencja Kosmiczna

Europejska Agencja Kosmiczna (European Space Agency, ESA) jest międzynarodową organizacją powołaną do realizacji wspólnych europejskich projektów z zakresu badania i wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Współpracuje ściśle m.in. z Komisją Europejską i powołaną przez nią Agencją Unii Europejskiej ds. Przestrzeni Kosmicznej (EUSPA). Obecnie w skład Agencji wchodzi 22 państwa europejskie, m.in. Polska. Kolejnych 8 państw jest powiązanych z ESA poprzez umowy o współpracy. Dodatkowo na podstawie osobnej umowy w pewnych obszarach z ESA współpracuje także Kanada.

Poza programami, które ESA realizuje we współpracy z UE, agencja posiada także własne programy (www31). Są to m.in. ARTES – czyli program wspierania rozwoju satelitarnych systemów telekomunikacyjnych i usług; MREP – ma na celu przygotowanie robotycznej eksploracji Marsa czy program Ariane – stworzony w celu opracowywania i wcielania w życie systemów, które wynoszą obiekty w przestrzeń kosmiczną.

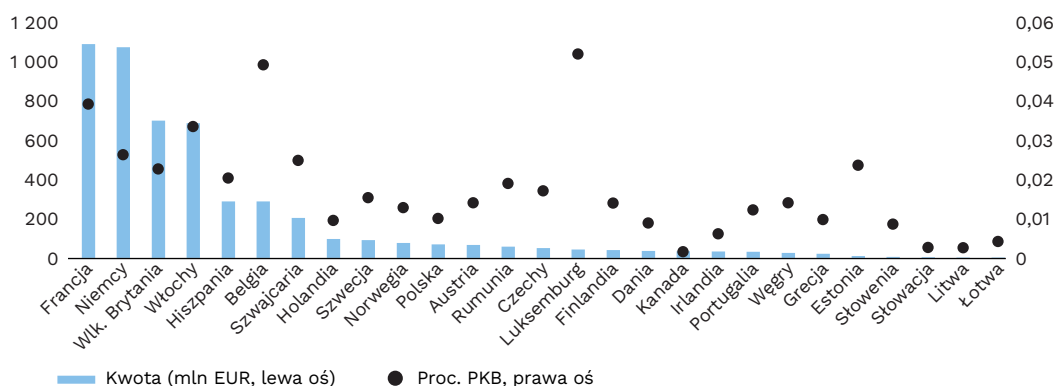
Programy realizowane przez ESA dzielą się na dwa główne rodzaje: obowiązkowe oraz opcjonalne. W przypadku pierwszego rodzaju do uczestnictwa zobowiązane są wszystkie państwa członkowskie. Programy te są finansowane ze składek członkowskich. W przypadku projektów opcjonalnych środki na realizację pochodzą od państw, które zadeklarowały uczestnictwo. Udział poszczególnych członków jest ustalany w drodze negocjacji, oddzielnie w przypadku każdego programu.

Środki finansowe przekazane przez państwa członkowskie na realizację programów oraz pozostała działalność stanowią 68 proc. całego budżetu ESA. Kolejne 23 proc. agencja kosmiczna otrzymuje bezpośrednio od Unii Europejskiej. Pozostałe środki pochodzą z Europejskiej Organizacji Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych i innych źródeł. Całkowity budżet Europejskiej Agencji Kosmicznej w 2023 r. wynosił 7,46 mld EUR.

Niemcy i Francja w największym stopniu finansują programy oraz działalność

ESA. Wydatki tych państw to łącznie niemal 41 proc. całego budżetu agencji (www32). Za kolejne 26 proc. odpowiadają Wielka Brytania i Włochy, które wpłacają po ponad 600 mln EUR. Wkład Polski⁹ do budżetu ESA w 2023 r. wyniósł 69 mln EUR, co pod względem nominalnym stanowiło podobne kwoty do wpłat Austrii i Norwegii (65-75 mln EUR). Jednak w odniesieniu do wartości budżetów poszczególnych państw wkład Polski nie był znaczący – wynosił 0,014 proc. polskiego PKB. Jak wskazuje POLSA (2023), w 2022 r. polski wkład składał się w 60 proc. z wpłat na programy obowiązkowe i w 40 proc. ze środków na projekty opcjonalne.

Wykres 15. Wkład poszczególnych państw do budżetu ESA 2023 r. w ujęciu nominalnym i jako proc. PKB



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych ESA (www32).

Publiczne finansowanie polskiego sektora kosmicznego zwiększa się w ostatnich latach.

Budżet państwa członkowskiego w ESA składa się z corocznej składki na programy obowiązkowe, obliczanej w stosunku do wartości dochodu narodowego netto państwa członkowskiego w okresach trzyletnich oraz składki na programy opcjonalne zależnej od deklaracji państwa członkowskiego. Na Radzie Ministerialnej ESA w 2022 r. (ESA Ministerial Council) Polska zadeklarowała 51 mln EUR na programy opcjonalne, zaś wysokość składki obowiązkowej wyniosła ponad 81 mln EUR na okres trzech lat. W 2023 r. Ministerstwo Rozwoju i Technologii zwiększyło jednak składkę do ESA i przeznaczyło na programy wspierające rozwój sektora kosmicznego w Polsce we współpracy z ESA łączną kwotę 360 mln EUR (POLSA, 2024). Jest to kwota wyraźnie zwiększająca inwestycje Polski w działania ESA w porównaniu z pierwotnymi założeniami budżetowymi.

⁹ Polska przystąpiła do ESA w 2012 r.

Z dodatkowych środków przekazanych przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii aż 200 mln EUR przeznaczono na udział Polski w opcjonalnych programach ESA w latach 2023-2025 (przyznano 251 mln EUR na okres trzech lat). Środki te wpłacane są do ESA w transzach podczas cyklicznych zebrań Rady Ministerialnej Europejskiej Agencji Kosmicznej. Pierwsza transza w wysokości 70 mln EUR została wpłacona na Radzie w 2023 r. i powiększyła łączny budżet Polski z 44,8 mln EUR (suma składki obowiązkowej i opcjonalnej w 2022 r.) do wartości 69 mln EUR i przesuwałając pozycję Polski z miejsca 14. (wpłaty na poziomie Czech i Rumunii) na 11. (wpłaty na poziomie Austrii i Norwegii) wśród państw członkowskich. Kolejne transze skutkować powinny dalszym umacnianiem pozycji Polski w ESA i przesuwaniami pozycji wśród wszystkich członków.

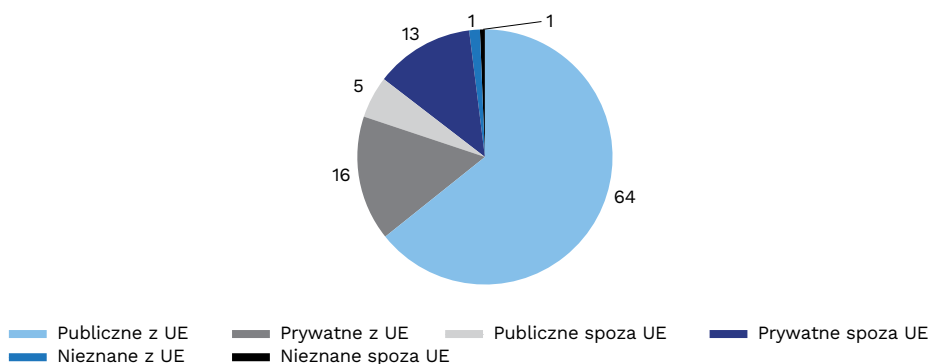
Według POLSA (2024) 90 proc. z kwoty zadeklarowanej na programy opcjonalne (około 180 mln EUR) wróci na polski rynek kosmiczny w postaci zamówień do realizowanych projektów. Poza tym 95 mln EUR przeznaczone będzie na realizację bilateralnych programów Polska-ESA dedykowanych budowie satelitów obserwacji Ziemi, narodowemu programowi stażowemu w strukturach ESA oraz rozwojowi technologii kosmicznych. Pozostałe 65 mln EUR trafi na realizację narodowej misji naukowo-technologicznej na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) z udziałem polskiego astronauty.

3.2. Charakterystyka sektora

W 2022 r. całkowita wartość przychodów europejskiego sektora kosmicznego (ESA, 2023; Eurospace, 2023) wyniosła około 92,7 mld USD (88,2 mld EUR). Według szacunków 60 proc. tej wartości stanowiły przychody wygenerowane przez nawigację satelitarną, zaś 31 proc. – komunikację satelitarną. Według Parlamentu Europejskiego (2021) sektor kosmiczny w Europie w 2021 r. zatrudniał ponad 231 tys. pracowników.

Środki przeznaczane przez sektor publiczny na rozwój gospodarki kosmicznej w głównej mierze trafiają do prywatnych podmiotów europejskich. Środki te napędzają tym samym gospodarkę europejską. Z badania Eurospace (ASD-Eurospace, 2022) wynika, że 64 proc. zamówień realizowanych przez firmy z sektora kosmicznego w Europie w 2021 r. pochodziło od podmiotów publicznych (państw członkowskich ESA lub/oraz UE), 16 proc. zamówień pochodziło z europejskiego sektora prywatnego, a zamówienia podmiotów spoza UE stanowiły 19 proc. ogółu kontraktów. Oznacza to, że podmioty z Europy w przeważającej mierze tworzą rozwiązania oraz produkują sprzęt dla programów ESA, UE czy EUMETSAT.

Wykres 16. Pochodzenie zamówień realizowanych przez prywatne podmioty europejskiego sektora kosmicznego w 2021 r. (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: ASD-Eurospace (2022).

Z badania Europejskiego Banku Inwestycyjnego (2019) wynika, że produkcja satelitów jest głównym obszarem działań firm kosmicznych w Europie. Jak podaje EBI, tego typu działalność została wskazana przez 38 proc. badanych podmiotów jako dominujący segment biznesowy. Obserwacja Ziemi, nawigacja satelitarna oraz komunikacja satelitarna to kolejne 24 proc., 14 proc. i 14 proc. dominujących działań europejskich firm kosmicznych. W Europie wysyłaniem obiektów w przestrzeń kosmiczną zajmuje się 5 proc. firm.

3.3. Polskie przedsiębiorstwa w europejskim sektorze kosmicznym

Według danych POLSA w polskim sektorze kosmicznym działa w ostatnich latach 300-400 firm i instytucji badawczo-naukowych. Podmioty te zatrudniają 12 tys. pracowników w całym kraju. Polskie firmy opracowały ponad 100 technologii kosmicznych oraz wysyłają swoje satelity¹⁰ na orbitę Ziemi (www33). W 2024 r. planowane jest m.in. wystanie w kosmos¹¹ zaawansowanego satelity EagleEye (www39). Potencjał polskiego sektora kosmicznego będzie rósł wraz z większym zaangażowaniem we współpracę międzynarodową, m.in. przy programach UE czy ESA.

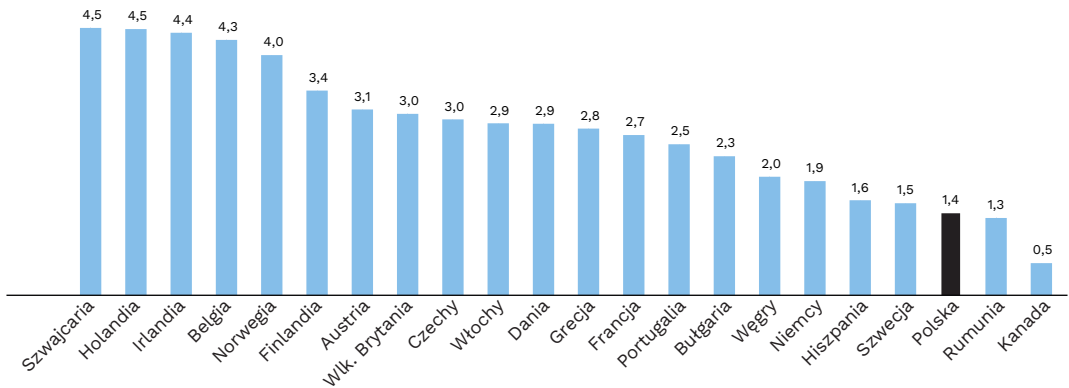
Polska przynależy do ESA od 2012 r. Obecnie jesteśmy siódmym krajem w Europie pod względem nominalnej liczby podmiotów zarejestrowanych

¹⁰ Produkują oraz są ich operatorami, kiedy satelita znajduje się już na orbicie.

¹¹ We współpracy z firmą SpaceX.

w bazie ESA¹². Łącznie do rejestru wpisanych jest ponad 500 polskich firm¹³. To wzrost o 10 proc. względem 2022 r. (POLSA, 2023) oraz jednocześnie najwyższy wynik w regionie. Polska zajmuje 20. miejsce w rankingu ze wskaźnikiem wynoszącym 1,4 firmy na 100 tys. mieszkańców. To wynik na poziomie Rumunii czy Szwecji. W Europie Środkowej najwyższy współczynnik mają Czechy, a w całej Europie liderami są Szwajcaria, Irlandia, Holandia i Belgia. Ze wszystkich podmiotów zarejestrowanych w bazie ESA zdecydowaną większość (87 proc.) stanowią firmy komercyjne. Pozostała część to jednostki badawcze oraz naukowe.

Wykres 17. Liczba firm wpisanych do ESA-STAR na 100 tys. mieszkańców (stan na styczeń 2024 r.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych ESA i Banku Światowego.

Według POLSA (2024) w 2023 r. 33 polskie podmioty otrzymały 87 kontraktów od ESA. To spadek względem 2022 r. o 35 proc. (POLSA, 2023). Jednocześnie skumulowana wartość otrzymanych kontraktów wzrosła z 23,5 mln EUR do 40,3 mln EUR (wzrost o 71 proc. r/r). Kontrakty ESA pod względem wartości stanowią zdecydowanie największą część kontraktów realizowanych przez polskie firmy dla europejskiego sektora kosmicznego. Oprócz nich POLSA (2024) wymienia jeszcze m.in. projekty dla ESO – 109 kontraktów o wartości 3,5 mln EUR i projekty bezpośrednio z Unii Europejskiej z programu Horyzont Europa o wartości 2,3 mln EUR na podstawie 13 umów podpisanych w 2023 r.

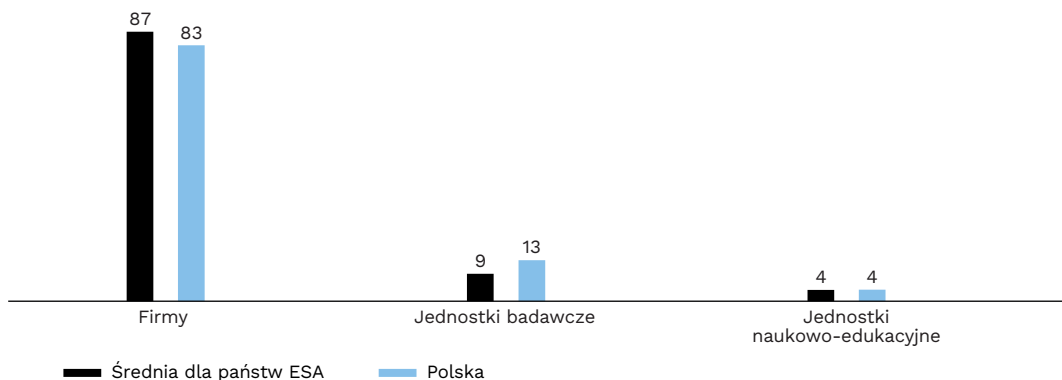
O kontrakty Europejskiej Agencji Kosmicznej ubiegają się przede wszystkim firmy prywatne. Przedsiębiorstwa stanowią 87 proc. wszystkich podmiotów wpisanych do rejestru ESA-STAR (www34). Pozostała część stanowią jednostki badawcze, podmioty naukowo-edukacyjne oraz organizacje

¹² W celu rozpoczęcia współpracy z ESA i realizacji jej projektów przedsiębiorstwa muszą dokonać rejestracji w systemie ESA-STAR (www34). Przez ten rejestr podmioty mają dostęp do listy przetargów organizowanych przez ESA, na które w następnych krokach mogą aplikować jako wykonawcy.

¹³ Stan na styczeń 2024 r.

międzynarodowe, jednak udział tych ostatnich nie przekracza 1 proc. Struktura podmiotów z Polski jest zbliżona do rynku europejskiego z nieco mniejszym udziałem przedsiębiorstw (o 4 pkt. proc.) oraz nieznacznie większym udziałem jednostek badawczych.

Wykres 18. Udział typów podmiotów w rejestrze ESA oraz wśród polskich podmiotów (stan na styczeń 2024 r.; w proc.)



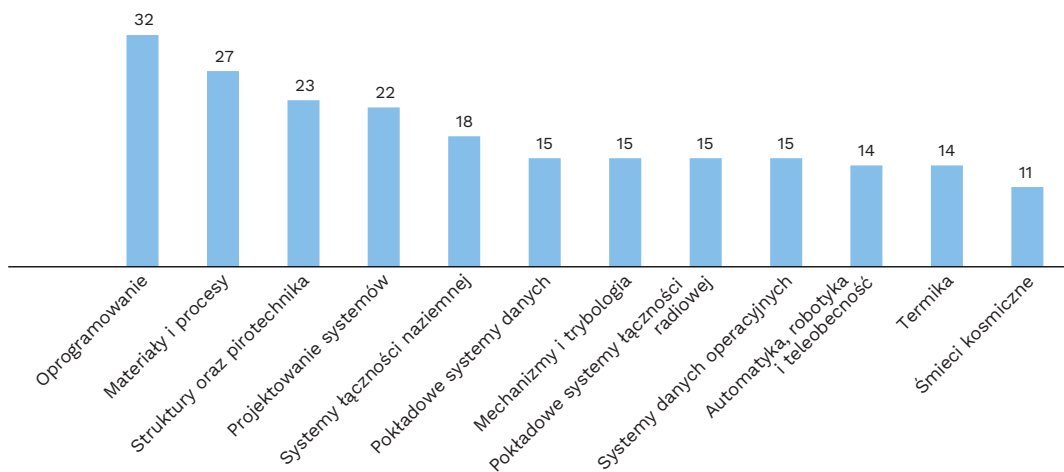
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych ESA.

Wiele wskazuje na to, że dominującą grupą podmiotów ubiegających się o udział w projektach ESA są firmy z sektora MSP. W całym rejestrze ESA-STAR niemal 75 proc. podmiotów określa się jako małe lub mikroprzedsiębiorstwa, zaś 12 proc. – jako duże. Wyniki te dotyczą zarówno podmiotów polskich, jak i całego rynku europejskiego. Takie wnioski można jednak wyciągnąć na podstawie stosunkowo niewielkiej próby firm – spośród ponad 14 tys. firm zarejestrowanych w systemie ESA zaledwie 10 proc. podmiotów określiło swoją wielkość.

Dominującym obszarem specjalizacji polskich firm jest tworzenie i utrzymywanie oprogramowania dla systemów kosmicznych i stacji naziemnych.

W bazie podmiotów prowadzonej przez Polską Agencję Kosmiczną 32 proc. firm specjalizuje się w tworzeniu tego rodzaju oprogramowania. Do obszaru należą także technologie informacyjne stosowane w misjach kosmicznych oraz aplikacje wykorzystujące wielkoskalowe dane satelitarne. Ponad jedna czwarta firm w swojej domenie przypisuje sobie opracowywanie materiałów oraz procesów ich wytwarzania. Ważnymi dziedzinami wśród polskich podmiotów są jeszcze technologie oraz metody związane z produkcją struktur, technologie związane z opisem, projektowaniem oraz testowaniem systemów kosmicznych a także systemy łączności naziemnej. Każdą z tych dziedzin zajmuje się ponad 15 proc. firm.

Wykres 19. Najczęściej wymieniane domeny technologiczne polskich podmiotów w rejestrze POLSA (proc. wszystkich wskazań)



Uwaga: podział domen technologicznych został zaproponowany przez ESA. Wyodrębniono 26 domen, spośród których przedstawiliśmy najbardziej istotne obszary. Firmy mogły wskazać więcej niż jeden obszar działalności, dlatego dane prezentowane na wykresie nie sumują się do 100.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: POLSA (2024a).

Obszary, w których polskie podmioty najbardziej skutecznie komercjalizują swoje produkty to komputery pokładowe, instrumenty optyczne, telekomunikacja i struktury satelitarne (informacja POLSA).

Podsumowanie i dyskusja

W niniejszym raporcie przedstawiliśmy najważniejsze aspekty funkcjonowania gospodarki kosmicznej. Pokazaliśmy, jakie działania wchodzą w skład przemysłu kosmicznego, przedstawiliśmy najważniejsze zastosowania technologii kosmicznych a także przywołaliśmy szacunki dotyczące wartości gospodarki kosmicznej. Ponadto zebraliśmy i zaprezentowaliśmy dane dotyczące zaangażowania różnego rodzaju podmiotów – publicznych i prywatnych – w działania w obszarze gospodarki kosmicznej. W większym przybliżeniu pokazaliśmy również działania podejmowane przez podmioty europejskie – agencje kosmiczne oraz poszczególne państwa – w obszarze gospodarki kosmicznej. We wszystkich zarysowanych obszarach koncentrowaliśmy się na tych aspektach funkcjonowania gospodarki kosmicznej, które mają wyraźny i określony wpływ na życie społeczno-gospodarcze.

Z przytoczonych danych wynika, że w 2022 r. globalna wartość gospodarki kosmicznej wynosiła ok. 464 mld USD. Oszacowanie to odnosi się do wartości bezpośrednich przychodów osiągniętych przez firmy i instytucje działające w obszarze gospodarki kosmicznej. Wiele wskazuje na to, że całkowita rynkowa wartość technologii i rozwiązań dostarczanych przez gospodarkę kosmiczną wykracza daleko poza wspomniane oszacowanie. Przestrzeń kosmiczna jest obszarem działalności gospodarczej o największym potencjale innowacyjnym i stanowi koło zamachowe do napędzania konkurencyjnej gospodarki. Rozumiejąc i wykorzystując pełny potencjał, jaki oferują inwestycje w technologie kosmiczne i badania w przestrzeni kosmicznej, podmioty sektora publicznego i prywatnego mogą zająć pozycje liderów gospodarki kosmicznej i odblokować płynące z niej długoterminowe korzyści. Jak przedstawiliśmy w raporcie, coraz więcej krajów dostrzega te szanse i doskonali swoje możliwości kosmiczne (m.in. Chiny, Indie, Japonia), wzrasta liczba agencji kosmicznych. Polska również inwestuje w rozwój krajowego sektora kosmicznego. Na przestrzeni ostatnich lat w Polsce udało się zbudować masę krytyczną zdolności kosmicznych, a 10 lat pełnego członkostwa w ESA skutkowało opracowaniem w kraju niemal 100 technologii kosmicznych. Obecnie Polska znajduje się w przełomowym momencie, w którym tylko dalszy stabilny wzrost inwestycji w rozwój wysokich technologii, nowoczesne modele biznesowe i odpowiednie warunki rozwoju dla firm oraz wspierające ramy polityki kosmicznej umożliwią dalszy rozwój krajowej gospodarki kosmicznej, tworzenie specjalizacji narodowych oraz budowanie mocnej pozycji międzynarodowej kraju w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu. Działania te z kolei odblokują długoterminowe korzyści i potencjał do osiągnięcia realnego wzrostu gospodarczego kraju z inwestycji w przestrzeń kosmiczną.

W raporcie przedstawiliśmy skalę wydatków państw i agencji kosmicznych na działania w obszarze gospodarki kosmicznej. Przywołane dane wskazują, że mimo szybko zachodzących zmian w sektorze kosmicznym cały czas najważniejszą rolę odgrywają w nim Stany Zjednoczone. Dominacja USA wynika z wielkości łącznych wydatków amerykańskiego sektora publicznego na działania w tym obszarze, z liczby wysyłanych na orbitę satelitów, zwłaszcza przez firmy z sektora prywatnego a także z możliwości technicznych tego państwa – liczby działających baz pozwalających na wystrzelenie rakiet. W ostatnich latach widać jednak coraz większe zaangażowanie nowych aktorów – Chin, Indii a także państw rozwijających się, które ustanawiają własne programy kosmiczne i wynoszą własne obiekty na orbitę Ziemi.

Zmianą, na którą zwróciliśmy w raporcie szczególną uwagę jest obserwowana w ostatnich latach coraz większa aktywność prywatnych podmiotów. Zaangażowanie firm z sektora prywatnego dotyczy przede wszystkim obszarów umożliwiających osiągnięcie zysku, a więc w szczególności komunikacji oraz nawigacji satelitarnej. Co istotne, to właśnie działania prywatnych podmiotów dążących do komercjalizacji wypracowanych rozwiązań i technologii stanowią dla całego rynku kosmicznego istotny impuls, który prowadzi do osiągnięcia innowacji umożliwiających redukcję kosztów związanych z eksploracją i eksploatacją przestrzeni kosmicznej.

Warto jednak podkreślić, że część działań podejmowanych w obszarze gospodarki kosmicznej, mimo że nie mają bezpośredniego i natychmiastowego zastosowania gospodarczego, to w dłuższej perspektywie wywierają istotny wpływ na gospodarkę. Do takich działań należą programy kosmiczne państw oraz agencji kosmicznych, których celem jest na przykład eksploracja Marsa lub Księżyca. Tego typu programy przyczyniają się do opracowania nowych technologii i powstania nieznanych dotąd zastosowań. Kluczowe technologie, wykorzystywane dziś powszechnie w telefonach komórkowych, fotografii cyfrowej czy zegarkach cyfrowych, były opracowane właśnie na potrzeby kosmicznych misji eksploracyjnych. Dlatego warto w tym kontekście szerzej opisać trzy obszary, w których działania mogą w przyszłości doprowadzić do opracowania rozwiązań dających wymierne korzyści ekonomiczne. Do obszarów tych należy komunikacja satelitarna bezpośrednio z urządzeniami, turystyka kosmiczna oraz górnictwo kosmiczne.

Komunikacja satelitarna bezpośrednio z urządzeniami może stać się w najbliższych latach przełomem w zapewnianiu łączności. Takie rozwiązanie mogłoby zlikwidować problem istnienia tzw. *białych plam*, czyli obszarów pozbawionych zasięgu telefonii komórkowej czy internetu mobilnego. Technologia bezpośredniej komunikacji umożliwia łączność za pomocą sieci satelitarnej przy wykorzystaniu specjalnych chipów zainstalowanych w telefonach komórkowych czy innych urządzeniach, a docelowo nawet przy wykorzystaniu obecnych standardów LTE. Obecnie mobilna komunikacja satelitarna jest możliwa, ale istotnym ograniczeniem w jej wykorzystaniu są koszty związane z zakupem urządzeń nadawczo-odbiorczych (www36). W związku z tym technologia ta nie jest konkurencyjna względem naziemnej sieci komórkowej, która generuje nie tylko niższe koszty, ale też mniejsze opóźnienie w przesyłaniu danych (Citi, 2022).

Drugim możliwym obszarem rozwoju gospodarki kosmicznej jest komercjalizacja prywatnych lotów turystycznych w kosmos. Obecnie w obszarze tym działają firmy prywatne, np. Blue Origin czy Virgin Galactic. Testują one możliwości przeprowadzania lotów na orbitę okołoziemską z pasażerami. Należąca do Jeffa Bezosa Blue Origin wykonała od lipca 2021 r. 6 załogowych misji, w których kapsuły pasażerskie zostały wyniesione na ponad 100 km i przekroczyły umowną granicę między atmosferą a przestrzenią kosmiczną. Natomiast w czerwcu 2023 r. raketowy samolot VSS Unity należący do Virgin Galactic przeprowadził pierwszy komercyjny lot załogowy, podczas którego osiągnął wysokość 85 km.

Trzecim możliwym obszarem rozwoju sektora jest górnictwo kosmiczne. Chociaż opracowanie katalogu zastosowań w tym obszarze wydaje się bardzo odległą perspektywą, to jednak wiele potencjalnych korzyści przemawia za prowadzeniem prac badawczych i eksploracyjnych. Znajdujące się na Ziemi zasoby surowców naturalnych, wykorzystywane zwłaszcza w produkcji elektroniki, mogą zostać znacząco uszczuplone lub nawet wyczerpane w ciągu najbliższych dekad (Citi, 2022). Przewiduje się, że pierwszym ciałem niebieskim, na którym ludzie rozpoczną wydobywanie, będzie Księżyc. Był on wielokrotnie uderzany przez asteroidy i meteoryty zawierające wiele wartościowych surowców (Citi, 2022). Potwierdzają to badania geologiczne, które wykazały tam obecność lodu wodnego, izotopu Helu-3 oraz metali ziem rzadkich. Wśród korzyści górnictwa na Księżycu wymienia się również bliskość Ziemi, nieduże opóźnienie sygnału, które upraszcza wykorzystanie zdalnie sterowanych robotów do wydobywania a także słabą grawitację, która względnie obniża ilość energii potrzebnej do odesłania surowców na ziemską orbitę (Luxembourg Space Agency, 2018).

Rozwój gospodarki kosmicznej tworzy również wyzwania i ryzyka, które wymagają podjęcia działań o charakterze globalnym. Obserwowany w ostatnich latach dynamiczny wzrost liczby obiektów wynoszonych w kosmos prowadzi do pojawienia się problemów związanych z bezpieczeństwem i ochroną środowiska kosmicznego przed zanieczyszczeniem związanymi z rosnącą liczbą śmieci kosmicznych. Wystrzały ładunków w przestrzeń kosmiczną od samego początku generują mnóstwo śmieci. Już w 1961 r., zaledwie 5 lat od pierwszej misji kosmicznej, śmieci stanowiły 91 proc. monitorowanych obiektów na niskiej orbicie okołoziemskiej, a łącznie z użytymi korpusami rakiet – aż 95 proc.

Według szacunków ESA na orbicie pozostaje nadal około 2,5 tys. satelitów, które zakończyły swoją misję i nie zostały zdeorbitowane (www37). Do tego dochodzą korpusy i elementy rakiet oraz ogromna liczba mniejszych elementów, które powstały m.in. w wyniku ponad 640 zaobserwowanych zderzeń, wybuchów, rozpadów i innego rodzaju anomalii prowadzących do fragmentacji urządzeń. ESA szacuje, że Ziemię otacza 36,5 tys. śmieci większych niż 10 cm, 1 mln śmieci o wielkości od 1 do 10 cm oraz aż 130 mln śmieci o rozmiarach od 1 mm do 1 cm.

W związku z tym, że kosmiczne śmieci krążą z prędkością od 500 m/s aż do 15 km/s, każde zderzenie z działającym obiektem może doprowadzić do katastrofy (Colvin i in., 2023). Tworzy to ryzyko dla trwających i przyszłych misji

kosmicznych. Według symulacji przeprowadzonych przez ESA (2023) liczba katastrofalnych kolizji na niskiej orbicie będzie rosła, nawet w przypadku wstrzymania dalszych wystrzałów w kosmos. Natomiast w przypadku dalszego rozwoju gospodarki kosmicznej możemy spodziewać się wykładniczego przyrostu łącznej liczby zderzeń.

Ze wstępnych analiz wynika, że najbardziej efektywne będzie rozwijanie metod redukujących liczbę małych śmieci oraz dużych zmieniających trajektorię, tak aby unikać poważnych kolizji (Colvin i in., 2023). Badane są rozwiązania w postaci naziemnych i kosmicznych laserów, które mogą zmieniać trajektorie śmieci, orbitalne „zamiatarki”, które mają przechwytywać małe śmieci czy rakiety szybkiego reagowania do zmiany trajektorii dużych śmieci poprzez uderzenia. Powstają również regulacje wymuszające większą odpowiedzialność na podmiotach wysyłających ładunki w kosmos. Amerykańska Federalna Komisja Komunikacji w 2023 r. po raz pierwszy ukarała podmiot, który nie podjął odpowiednich kroków wobec swojego satelity po zakończeniu jego funkcjonowania (www38). Na przedsiębiorstwo Dish Network nałożono 150 tys. USD kary za pozostawienie nieaktywnego satelity Echo-Star 7 zbyt blisko jego pierwotnej operacyjnej orbity, zamiast porzucenia go odpowiednio wyżej.

Tabela 1.A. Wybrane działania, produkty i usługi segmentu *upstream* wg OECD

Główne grupy działań	Podgrupy	Wybrane produkty i usługi
Badania, inżynieria i inne usługi	Badania podstawowe i stosowane	badania podstawowe i stosowane
	Zadania wspomagające	- ubezpieczenia i usługi prawne, - badanie rynku, - finansowanie
	Wsparcie naukowe i inżynieryjne	- usługi badań i rozwoju, - usługi inżynieryjne (np. projektowanie, testowanie)
Produkcja kosmiczna	Zapewnienie materiałów i części	materiały i komponenty dla systemów kosmicznych i systemów naziemnych
	Projektowanie i wytwórstwo wyposażenia	- wyposażenie elektroniczne oraz oprogramowanie dla systemów kosmicznych i naziemnych, - struktura statków kosmicznych i platform satelitów, - podsystemy obsługi danych (np. komputery podkładowe), - podsystemy naprowadzania, nawigacji i sterowania, - podsystemy zasilania, - podsystemy łączności, - podsystemy napędowe, - inne podsystemy
	Integracja i zapewnienie systemów	- kompletne systemy orbitalne i satelitarne, - pojazdy nośne i usługi powiązane z wynoszeniem, - centra kontroli, telemetrii, zarządzania i śledzenia
Wystrzały i transport		rządowe i komercyjne porty kosmiczne

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: OECD (2022).

Tabela 2.A. Wybrane działania, produkty i usługi segmentu *downstream* wg OECD

Działania	Wybrane produkty i usługi
Funkcjonowanie systemów kosmicznych i naziemnych	<ul style="list-style-type: none"> - operacje satelitarne, w tym dzierżawa lub sprzedaż pojemności satelitarnej (telekomunikacja; obserwacja Ziemi), np. przepustowości satelitarnych łączy komunikacyjnych, - świadczenie stronom trzecim usług centrów łączności, między stacjami naziemnymi a satelitami
Zapewnienie urządzeń i produktów wspierających rynek konsumencki	<ul style="list-style-type: none"> - rozwój oprogramowania, - produkcja (układów scalonych; terminali odbiorczych i nadawczych; systemów i urządzeń łączności telekomunikacyjnej i nawigacji satelitarnej)
Zapewnienie usług wspierających rynek konsumencki	<ul style="list-style-type: none"> - dostarczanie usług bezpośrednio do odbiorcy, - usługi związane z pozycjonowaniem i lokalizacją, - usługi chmurowe do hostingu i przetwarzania danych geoprzestrzennych, - dostawy usług opartych na danych

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: OECD (2022).

Tabela 3.A. Wybrane zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej i z kosmicznej obserwacji Ziemi w poszczególnych sektorach gospodarki

Sektor	Wybrane zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej	Wybrane zastosowania danych pochodzących z kosmicznej obserwacji Ziemi
Badania nad klimatem	dane lokalizacyjne wspierają rozwiązania geodezyjne służące do pomiaru parametrów Ziemi, m.in. pola magnetycznego	dane pochodzące z obserwacji Ziemi służą do monitorowania klimatu oraz przyczyniają się do postępów w badaniach nad nim
Bioróżnorodność	lokalizacja dzikich zwierząt na potrzeby obserwacji, identyfikacji siedlisk i śledzenia migracji	obserwacja Ziemi pozwala lepiej zrozumieć funkcjonowanie i kondycję ekosystemów oraz wskazywać czynniki ryzyka
Energetyka i wydobywanie	zarządzanie sieciami energetycznymi jest wspierane przez satelitarne systemy synchronizacji. Przy wydobyciu dane lokalizacyjne są wykorzystywane do planowania, monitorowania oraz naprowadzania maszyn	dane z obserwacji Ziemi są kluczowe w fazie planowania i monitorowania jednostek dostarczających energię. Przy wydobyciu dane satelitarne są pomocne we wszystkich fazach, od poszukiwań, poprzez produkcję, po rekultywację obszarów po zakończeniu prac
Infrastruktura	wsparcie dla funkcjonowania infrastruktury w formie usług lokalizacyjnych o wysokiej dokładności oraz synchronizacji sieci telekomunikacyjnych	wykorzystanie danych z obserwacji Ziemi staje się coraz popularniejsze na w różnych stadiach cyklu życia obiektów infrastrukturalnych. Pozwala m.in. monitorować place budów oraz stan techniczny tworzonych konstrukcji
Kolej	systemy lokalizacyjne są wykorzystywane do zarządzania taborami oraz zapewniania informacji dla pasażerów. Rośnie też waga zastosowań dla bezpieczeństwa, takich jak zapewnienie bezpieczeństwa personelu przytorowego	obserwacja Ziemi odgrywa rolę w zapewnianiu bezpieczeństwa sieciom kolejowym i daje możliwość identyfikacji zagrożeń wywołanych m.in. przez powodzi i osuwiska
Kosmos	wykorzystywane do bezwzględnej i względnej nawigacji w kosmosie oraz naprowadzania ładunków służących do obserwacji Ziemi	-

Leśnictwo	umożliwia precyzyjne zarządzanie gospodarką leśną oraz nawigowanie dronami wykorzystywanymi do badania stanu lasów	dzięki obserwacji z kosmosu możliwe jest monitorowanie i wspieranie równowagi w lasach oraz walka z nielegalnymi wycinkami i degradacją terenów leśnych
Lotnictwo	dane lokalizacyjne są wykorzystywane w nowego rodzaju nawigacji lotniczej, nazywanej PBN oraz do naprowadzania dronów	obserwacja Ziemi w lotnictwie służy do monitorowania chmur popiołów wulkanicznych i niebezpiecznych zjawisk pogodowych
Monitorowanie środowiska	-	dane są wykorzystywane w lokalnych i międzynarodowych procesach decyzyjnych oraz podczas tworzenia regulacji dotyczących środowiska
Rolnictwo	dane z systemów nawigacyjnych są wykorzystywane m.in. w automatyzacji naprowadzania pojazdów rolniczych. Popularność zyskują także rozwiązania takie jak Internet zwierząt (wyposażanie zwierząt w nadajniki umożliwiające ich monitorowanie i skuteczniejsze zarządzanie żywym inwentarzem)	nowoczesne rolnictwo wykorzystuje dane pochodzące z obserwacji Ziemi do zarządzania uprawami, monitorowania stanu gleby oraz zachowania bioróżnorodności
Rozwiązania konsumenckie, turystyka i zdrowie	powszechnie wykorzystywane w rozwiązaniach konsumenckich m.in. w nawigacji, śledzeniu zattoczenia, urządzeniach fitness czy lokalizacji	dane z systemów obserwacji Ziemi są wykorzystywane np. w aplikacjach monitorujących jakość powietrza, promieniowanie UV a także w turystyce do monitorowania wielkości fal i jakości wody
Rozwój miast i dziedzictwo kulturowe	wykorzystywane w połączeniu z danymi z obserwacji Ziemi do tworzenia zaawansowanych trójwymiarowych modeli miast na potrzeby zarządzania i dalszego rozwoju	dane wykorzystuje się m.in. w badaniu jakości powietrza, zanieczyszczenia światłem, mapowaniu terenów zielonych czy planowaniu dalszego rozwoju miast
Rybołówstwo i akwakultury	wykorzystywane do monitorowania działalności połowowej	obserwacja akwenów pozwala na monitorowanie zasolenia, temperatury i jakości wody. Przekłada się to na wyższą wydajność rybołówstwa i akwakultur
Transport drogowy i motoryzacja	dane lokalizacyjne są wykorzystywane do pozycjonowania oraz nawigacji, rośnie też ich wykorzystanie w transporcie publicznym. Nawigacja satelitarna jest także niezbędna w rozwoju pojazdów autonomicznych	wykorzystanie obserwacji Ziemi w transporcie drogowym jest stosunkowo mało popularne, natomiast w rozwiązaniach innowacyjnych może przyczynić się do poprawy komfortu i bezpieczeństwa na drogach
Ubezpieczenia i finanse	branża finansowa polega na precyzyjnym określaniu czasu i synchronizacji do datowania transakcji. W ubezpieczeniach rośnie wykorzystanie dronów do szybszej i dokładniejszej oceny roszczeń	dane satelitarne umożliwiają dokładniejsze obliczanie ryzyka i stawek związanych z działalnością inwestycyjną i ubezpieczeniową
Zarządzanie kryzysowe	urządzenia z nadajnikami GNSS są skutecznymi narzędziami do koordynowania akcji ratunkowych i pomocy humanitarnej	obserwacja Ziemi zapewnia niezbędne dane w sytuacjach kryzysowych, daje możliwość ostrzegania, wczesnego reagowania oraz analizy skutków
Żegluga morska i śródlądowa	dane wykorzystywane do nawigowania jednostkami pływającymi, monitorowania globalnej żeglugi oraz śledzenia aktywności w portach	dane pochodzące z obserwacji służą do optymalizacji tras żeglugowych oraz obserwacji obszarów kluczowych dla żeglugi, takich jak porty czy cieśniny

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: OECD (2022).

Bibliografia

- ASD-Eurospace (2022), *The f&f report. The European space industry in 2021*, <https://eurospace.org/wp-content/uploads/2023/07/facts-figures-report-2022-web-release.pdf> [dostęp: 20.02.2024].
- Citi (2022), *Citi GPS: Global Perspectives & Solutions*, <https://ir.citi.com/gps/829sRzYY4sQ%2BOhctTEs%2B1WWLgPbyZktiZpoz3QRCC6ToalGxov4Kxy852czeh38jOi72XKhJGp0%3D> [dostęp: 25.01.2024].
- Colvin, T., Karcz, J., Wusk, G. (2023), *Cost and Benefit Analysis of Orbital Debris Remediation*, NASA Office of Technology, Policy and Strategy, https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2023/03/otps_-_cost_and_benefit_analysis_of_orbital_debris_remediation_-_final.pdf [dostęp: 25.01.2024].
- ESA (2023), *Trends in the Space Sector 2023*, https://commercialisation.esa.int/wp-content/uploads/2023/10/Varma_Trends-in-the-Space-Sector.pdf [dostęp: 25.01.2024].
- Euroconsult (2023), *Space Economy Report 2022 An outlook of the key trends in the global space market Free extract*, <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/value-of-space-economy-reaches-424-billion-in-2022-despite-new-unforeseen-investment-concerns-2/> [dostęp: 25.01.2024].
- Euroconsult (2023a), *New historic high for government space spending mostly driven by defense expenditures*, <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/new-historic-high-for-government-space-spending-mostly-driven-by-defense-expenditures/> [dostęp: 10.03.2024].
- European Investment Bank (2019), *The future of the European space sector*, https://www.eib.org/attachments/thematic/future_of_european_space_sector_en.pdf [dostęp: 15.01.2024].
- European Parliament (2021), *Space Market - How to facilitate access and create an open and competitive market?*, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695483/IPOL_STU\(2021\)695483_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695483/IPOL_STU(2021)695483_EN.pdf) [dostęp: 10.02.2024].
- European Parliament (2022), *EU space policy: Boosting EU competitiveness and accelerating the twin ecological and digital transition*, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698926/EPRS_BRI\(2022\)698926_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698926/EPRS_BRI(2022)698926_EN.pdf) [dostęp: 31.01.2024].
- Eurospace (2022), *The European space industry in 2021*, <https://eurospace.org/wp-content/uploads/2023/07/facts-figures-report-2022-web-release.pdf> [dostęp: 31.01.2024].
- Eurospace (2023), *Eurospace facts & figures*, <https://eurospace.org/wp-content/uploads/2023/07/press-release-ff-2023-final-release-v2.pdf> [dostęp: 31.01.2024].

- EUSPA (2022), *EUSPA EO and GNSS Market Report*, Iss. 1, https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/uploads/euspa_market_report_2022.pdf [dostęp: 25.01.2024].
- Jones, H.W. (2018), *The Future Impact of Much Lower Launch Cost*, NASA Ames Research Center, <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20200001091/downloads/20200001091.pdf> [dostęp: 01.02.2024].
- Letta, E. (2024), Much more than a market – Speed, Security, Solidarity, <https://www.consilium.europa.eu/media/ny3j24sm/much-more-than-a-market-report-by-enrico-letta.pdf> [dostęp: 02.05.2024].
- Liu, I., Linck, E., Lal, B., Crane, K.W., Han, X., Colvin, T.J. (2019), *Commercial Space Policies and Drivers in China. In Evaluation of China's Commercial Space Sector*, Institute for Defense Analyses, <http://www.jstor.org/stable/resrep22872.5> [dostęp: 02.02.2024].
- Luxembourg Space Agency (2018), *Opportunities For Space Resources Utilization Future markets & Value Chains*, <https://space-agency.public.lu/dam-assets/publications/2018/Study-Summary-of-the-Space-Resources-Value-Chain-Study.pdf> [dostęp: 25.01.2024].
- NASA (2014), *Commercial Orbital Transportation Services*, <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2016/08/sp-2014-617.pdf> [dostęp: 04.04.2024].
- NASA (2022), *NASA Budget Request*, https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2015/01/fy2022_budget_summary.pdf [dostęp: 02.02.2024].
- NIST (2019), *Economic Benefits of the Global Positioning System (GPS) – National Institute of Standards and Technology final report*, https://www.nist.gov/system/files/documents/2020/02/06/gps_finalreport618.pdf [dostęp: 19.01.2024].
- OECD (2012), *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*, OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264169166-en>.
- OECD (2022), *OECD Handbook on Measuring the Space Economy, 2nd Edition*, OECD Publishing, Paryż, <https://doi.org/10.1787/8bfef437-en>.
- OECD (2023), *The Space Economy in Figures – responding to global Challenges*, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/fa5494aa-en.pdf?expires=1711614737&id=id&accname=ocid56021689&checksum=-0454DAFB7E48FFBDC8F6FFE44CBFED78> [dostęp: 31.01.2024].
- Osuch-Rak, E. (2017), *Polityka kosmiczna Unii Europejskiej – ewolucja, wyzwania i perspektywy*, The Polish European Community Studies Association PECSA, https://www.pecsa.edu.pl/sites/default/files/journal/7_Osuch-Rak_Volume_1_Issue_1_2017.pdf [dostęp: 24.01.2024].
- POLSA (2021), *Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego, trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym*, https://polsa.gov.pl/wp-content/uploads/2021/10/Polski_sektor_kosmiczny_.pdf [dostęp: 20.01.2024].
- POLSA (2023), *Ocena stanu rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce za 2022 rok*, https://polsa.gov.pl/wp-content/uploads/2023/04/31032023__Raport-ocena-stanu-rozwoju-badan-i-uzytkowania-przestrzeni-kosmicznej-w-2022_final.pdf [dostęp: 21.01.2024].

- POLSA (2024), *Ocena stanu rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce za 2023 rok*, https://polsa.gov.pl/wp-content/uploads/2024/04/Raport-ocena-stanu-rozwoju-badan-i-uzytkowania-przestrzeni-kosmicznej-w-2023_final.pdf [dostęp: 15.04.2024].
- POLSA (2024a), *Baza Podmiotów POLSA*, <https://polsa.gov.pl/sektor/baza-podmiotow/> [dostęp: 20.02.2024].
- Roberts, T. (2022), *Space launch to low Earth orbit: How much does it cost?* *Aerospace Security*, <https://aerospace.csis.org/data/space-launch-to-low-earth-orbit-how-much-does-it-cost/> [dostęp: 09.02.2024].
- Space Foundation (2021), *Annual Report 2021*, https://www.spacefoundation.org/wp-content/uploads/2022/04/SpaceFoundation_2021-Annual-Report_Final-1.pdf [dostęp: 20.01.2024].
- Space in Africa (2021), *2021 Global Space Budgets – A Country-level Analysis*, <https://spacein africa.com/product/2021-global-space-budgets-a-country-level-analysis/> [dostęp: 06.02.2024].
- Todd Lopez, C. (2023), *Space Force Focuses on Partnerships, Spirit, Combat Readiness*, <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3330161/space-force-focuses-on-partnerships-spirit-combat-readiness/> [dostęp: 20.02.2024].
- (www1) https://www.unoosa.org/oosa/osoindex/search-ng.jsp?lf_id=#?c=%7B%22filters%22:%5B%7B%22fieldName%22:%22en%23object.launchFacility_s%22,%22value%22:%22Sea-based%20Launch%22%7D%5D,%22sortings%22:%5B%7B%22fieldName%22:%22object.launch.dateOfLaunch_s1%22,%22dir%22:%22desc%22%7D,%7B%22fieldName%22:%22en%23object.status.objectStatus_s1%22,%22dir%22:%22asc%22%7D%5D,%22match%22:null,%22termMatch%22:%222014-030A%22%7D [dostęp: 8.02.2024].
- (www2) <https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space> [dostęp: 20.02.2024].
- (www3) https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/03/Low_Earth_orbit [dostęp: 7.02.2024].
- (www4) <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> [dostęp: 20.02.2024]
- (www5) <https://geoforum.pl/gnss/galileo> [dostęp: 11.03.2024].
- (www6) <https://geoforum.pl/gnss/beidou> [dostęp: 02.03.2024].
- (www7) <https://www.globaltimes.cn/page/202204/1257626.shtml> [dostęp: 20.02.2024].
- (www8) <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html> [dostęp: 10.03.2024].
- (www9) <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/2-6-billion-remained-unconnected-to-broadband-at-the-end-of-2022-a-74-billion-untapped-opportunity/> [dostęp: 15.01.2024].
- (www10) <https://www.pb.pl/firma-amazon-wystrzeli-na-orbite-dwa-pierwsze-satelity-systemu-kuiper-ktory-ma-byc-konkurencja-dla-starlinka-1197538> [dostęp: 10.03.2024].
- (www11) <https://www.spacefoundation.org/2023/01/24/space-foundation-releases-the-space-report-2022-q4/> [dostęp: 12.01.2024].

- (www12) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-07-24/global-space-economy-projected-to-grow-41-over-next-five-years> [dostęp: 17.02.2024].
- (www13) <https://www.mckinsey.com/featured-insights/sustainable-inclusive-growth/chart-of-the-day/a-giant-leap-for-the-space-industry> [dostęp: 17.02.2024].
- (www14) <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/value-of-space-economy-reaches-424-billion-in-2022-despite-new-unforeseen-investment-concerns-2/> [dostęp: 17.02.2024].
- (www15) <https://ir.citi.com/gps/829sRzYY4sQ%2B0hctTEs%2B1WWLgPbyZk-tiZpoz3QRCC6ToaLgXov4Kxy852czech38jOi72XKhJGp0%3D> [dostęp: 17.02.2024].
- (www16) <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space> [dostęp: 17.02.2024].
- (www17) <https://www.pwc.com/m1/en/publications/the-case-for-space.html> [dostęp: 17.02.2024].
- (www18) <https://polsa.gov.pl/aktywnosci/bezpieczenstwo-kosmiczne/index-objektow-kosmicznych/> [dostęp: 02.03.2024].
- (www19) <https://polsa.gov.pl/aktywnosci/bezpieczenstwo-kosmiczne/index-objektow-kosmicznych/> [dostęp: 02.03.2024].
- (www20) <https://www.statista.com/statistics/745731/global-governmental-spending-on-space-programs/> [dostęp: 12.02.2024].
- (www21) <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3330161/space-force-focuses-on-partnerships-spirit-combat-readiness/> [dostęp: 07.02.2024].
- (www22) <https://www.statista.com/statistics/1049184/japan-budget-annual-jaxa/> [dostęp: 20.02.2024].
- (www23) <https://www.statista.com/chart/29409/nasa-contractors-with-the-highest-awards-volume-in-fy-2022/> [dostęp: 22.02.2024].
- (www24) <https://www.spacecapital.com/quarterly> [dostęp: 20.02.2024].
- (www25) <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/eu-space-programme-2021-2027-european-union-agency-for-the-space-programme.html> [dostęp: 27.01.2024].
- (www26) <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus/infrastructure-overview> [dostęp: 11.02.2024].
- (www27) <https://www.euspa.europa.eu/eu-space-programme/ssa> [dostęp: 1.02.2024].
- (www28) <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/europejska-agencja-kosmiczna-esa> [dostęp: 11.02.2024].
- (www29) <https://www.eumetsat.int/about-us/who-we-are> [dostęp: 13.04.2024].
- (www30) https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-union-agency-space-programme-euspa_pl [dostęp: 21.01.2024].
- (www31) https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/About_ESA_technology_programmes [dostęp: 18.02.2024].

- (www32) https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2023/01/ESA_budget_2023 [dostęp: 10.02.2024].
- (www33) <https://www.pap.pl/aktualnosci/news%2C1478662%2Cszef-polskiej-agencji-kosmicznej-10-lat-w-esa-dynamiczny-rozwoj-polskiego> [dostęp: 22.03.2024].
- (www34) <https://esastar-emr.sso.esa.int/> [dostęp: 05.01.2024].
- (www35) <https://www.icao.int/safety/pbn/Miscellaneous%20Items/PBN%20FAQs.pdf> [dostęp: 15.01.2024].
- (www36) <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2024/future-of-global-satellite-direct-to-device-communications.html> [dostęp: 15.01.2024].
- (www37) https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers [dostęp: 18.01.2024].
- (www38) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-10-02/dish-dealt-first-ever-space-debris-fine-for-misparking-satellite> [dostęp: 18.01.2024].
- (www39) <https://space24.pl/satelite/obserwacja-ziemi/kosmiczny-przelom-dla-polski-satelita-eagleeye-wkrotce-na-orbicie> [dostęp: 30.03.2024].

Spis infografik, ramek, rysunków, tabel i wykresów

SPIS INFOGRAFIK

Infografika 1. Segmenty gospodarki kosmicznej wyróżnione ze względu na zastosowanie	15
---	----

SPIS RAMEK

Ramka 1. Rodzaje orbit wykorzystywanych do tworzenia systemów satelitarnych	13
Ramka 2. Nowe rozwiązania w technologiach komunikacyjnych.	19
Ramka 3. Wartość sektora kosmicznego – różnice w oszacowaniach	23
Ramka 4. Techniczne uwarunkowania wynoszenia obiektów w kosmos.	27
Ramka 5. Historia sektora kosmicznego w Europie	36

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Przykładowe działania w obszarze gospodarki kosmicznej w podziale na część <i>upstream</i> i <i>downstream</i>	11
---	----

SPIS TABEL

Tabela 1. Wybrane zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej	17
Tabela 2. Wybrane zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej i z kosmicznej obserwacji Ziemi w poszczególnych sektorach gospodarki	21
Tabela 1.A. Wybrane działania, produkty i usługi segmentu <i>upstream</i> wg OECD	48
Tabela 2.A. Wybrane działania, produkty i usługi segmentu <i>downstream</i> wg OECD	49
Tabela 3.A. Wybrane zastosowania danych pochodzących z nawigacji satelitarnej i z kosmicznej obserwacji Ziemi w poszczególnych sektorach gospodarki	49

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1. Roczna liczba obiektów wystanych na orbitę Ziemi w latach 2000-2023	12
Wykres 2. Zastosowanie działających satelitów na orbicie Ziemi (stan na maj 2023 r.; w proc.)	14
Wykres 3. Podział satelitów obecnych na orbicie według sektora, dla którego świadczą usługi (w proc.)	15
Wykres 4. Liczba urządzeń odbierających sygnały nawigacyjne z podziałem na rodzaje urządzeń (dane za 2021 r. oraz prognoza na 2031 r.; w mln)	19
Wykres 5. Wartość gospodarki kosmicznej w 2022 r. oraz prognozowana wartość w 2028 r. według różnych źródeł (w mld USD).	23
Wykres 6. Wartość segmentów gospodarki kosmicznej wyróżnionych ze względu na zastosowanie w 2022 r. (w mld USD)	24
Wykres 7. Udział w zasobie wszystkich satelitów wyniesionych w latach 1957-1999 oraz 2000-2023 (w proc.)	26
Wykres 8. Liczba obiektów wyniesionych na orbitę ziemską w latach 2000-2023 według państw, z których terytorium zostały wystane (w tys.)	27
Wykres 9. Światowe publiczne wydatki na sektor kosmiczny w latach 2014-2023 (wartości bieżące; w mld USD).	28
Wykres 10. Rządowe wydatki na programy kosmiczne w latach 2022 i 2023 (w mld USD) oraz ich wielkość względem krajowego PKB w 2022 r.	29
Wykres 11. Budżety NASA, ESA i JAXA w latach 2017-2028 (w mld USD).	30
Wykres 12. Wystrzały rakiet wynoszących satelity na orbitę z podziałem na kraje i sektor (dane za 2020 r.)	32
Wykres 13. Najwięksi prywatni beneficjenci programów NASA w 2022 r. (w mld USD)	33
Wykres 14. Inwestycje prywatne w sektorze kosmicznym na świecie w latach 2014-2023(w mld USD).	33
Wykres 15. Wkład poszczególnych państw do budżetu ESA 2023 r. w ujęciu nominalnym i jako proc. PKB	38
Wykres 16. Pochodzenie zamówień realizowanych przez prywatne podmioty europejskiego sektora kosmicznego w 2021 r. (w proc.).	40
Wykres 17. Liczba firm wpisanych do ESA-STAR na 100 tys. mieszkańców (stan na styczeń 2024 r.)	41
Wykres 18. Udział typów podmiotów w rejestrze ESA oraz wśród polskich podmiotów (stan na styczeń 2024 r.; w proc.)	42
Wykres 19. Najczęściej wymieniane domeny technologiczne polskich podmiotów w rejestrze POLSA (proc. wszystkich wskazań).	43

Polski Instytut Ekonomiczny

Polski Instytut Ekonomiczny to publiczny *think tank* ekonomiczny z historią sięgającą 1928 roku. Jego obszary badawcze to przede wszystkim makroekonomia, energetyka i klimat, handel zagraniczny, foresight gospodarczy, gospodarka cyfrowa i ekonomia behawioralna. Instytut przygotowuje raporty, analizy i rekomendacje dotyczące kluczowych obszarów gospodarki oraz życia społecznego w Polsce, z uwzględnieniem sytuacji międzynarodowej.