Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii

RAPORT KOŃCOWY

przygotowany przez konsorcjum:

Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy

oraz

Uniwersytet Warszawski

w ramach zamówienia realizowanego na zlecenie

Ministerstwa Rozwoju i Technologii

styczeń 2022

Raport powstał w ramach projektu pozakonkursowego poddziałanie 2.4.2 Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji, współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Spis treści

Streszczenie 3
Executive summary 10
Wprowadzenie 16
1 Kontekst badania 17
2 Cele oraz zakres zamówienia 19
3 Koncepcja metodologiczna 21
3.1 Metoda wskazywania obszarów technologicznych 21
3.2 Metoda określania luki technologicznej w odniesieniu do liderów światowych 23
3.3 Metoda identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych 24
3.4 Metoda przypisywania wyłonionych technologii do krajowych inteligentnych specjalizacji 31
4 Wybór technologii i określenie luki technologicznej 32
5 Wiodące jednostki naukowe oraz wiodący naukowcy w obszarach technologicznych 44
5.1 Nanotechnologia 45
5.1.1 Wiodące jednostki 45
5.1.2 Wiodący naukowcy 52
5.2 Technologie chemiczne 54
5.2.1 Wiodące jednostki 54
5.2.2 Wiodący naukowcy 62
5.3 Technologie energetyczne 65
5.3.1 Wiodące jednostki 65
5.3.2 Wiodący naukowcy 73
5.4 Technologie informacyjne i komunikacyjne 75
5.4.1 Wiodące jednostki 75
5.4.2 Wiodący naukowcy 83
5.5 Technologie inżynierii cywilnej 86
5.5.1 Wiodące jednostki 86
5.5.2 Wiodący naukowcy 92
5.6 Technologie lotnicze 94
5.6.1 Wiodące jednostki 94
5.6.2 Wiodący naukowcy 101
5.7 Technologie medyczne i farmaceutyczne 103
5.7.1 Wiodące jednostki 103

5.7.2 Wiodący naukowcy 112
5.8 Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji 114
5.8.1 Wiodące jednostki 114
5.8.2 Wiodący naukowcy 120
5.9 Technologie pomiarowe 123
5.9.1 Wiodące jednostki 123
5.9.2 Wiodący naukowcy 130
5.10 Technologie rolno-spożywcze 132
5.10.1 Wiodące jednostki 132
5.10.2 Wiodący naukowcy 141
5.11 Technologie systemów kontroli i sterowania 143
5.11.1 Wiodące jednostki 143
5.11.2 Wiodący naukowcy 150
5.12 Technologie środowiskowe 153
5.12.1 Wiodące jednostki 153
5.12.2 Wiodący naukowcy 160
5.13 Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej 163
5.13.1 Wiodące jednostki 163
5.13.2 Wiodący naukowcy 172
5.14 Infrastruktura 175
6 Przyporządkowanie technologii do KIS 180
7 Wnioski: ocena potencjału technologicznego nauki w Polsce 189
7.1 Obszary technologiczne a wielkość luki technologicznej 189
7.2 Wiodące jednostki naukowe i naukowcy w kontekście potencjału wyodrębnionych obszarów 191
7.3 Odniesienie Krajowej Inteligentnej Specjalizacji do całościowych wyników badania 203
8 Rekomendacje 219
Bibliografia 226
Spis rysunków 227
Spis tabel 230
Załączniki 232

Streszczenie

Obszary technologiczne a wielkość luki technologicznej

Punktem wyjścia dla niniejszego raportu była identyfikacja technologii rozwijających się w ostatnich latach w ponadprzeciętny sposób w skali światowej. Wyboru technologii dokonano na podstawie danych patentowych (z bazy PATSTAT). Przeanalizowano zgłoszenia patentowe z lat 2010–2019 na poziomie podklasy Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej. Na podstawie analizy 646 szczegółowych technologii, wytypowano 100 technologii (podklas), w których odnotowano wysoki przyrost liczby zgłoszeń patentowych w latach 2010–2018 – uwzględniono zarówno technologie, dla których liczba zgłoszeń patentowych przyrastała w ujęciu relatywnym (iloraz), ale też w ujęciu absolutnym (różnica). Aby umożliwić analizę potencjału polskich jednostek naukowych w wytypowanych technologiach i obszarach technologicznych nie tylko na podstawie danych patentowych każdej z technologii, przypisano słowa kluczowe. Na podstawie tych słów kluczowych zidentyfikowano publikacje naukowe oraz projekty badawcze dotyczące danej technologii.

Wśród wyłonionych technologii znalazły się bardziej i mniej oczywiste przypadki. Z jednej strony wyróżniono technologie potocznie uznawane ze mające obecnie duży potencjał rozwojowy, takie jak np. nanotechnologia, technologie magazynowania energii elektrycznej w postaci energii chemicznej (baterie), czy technologie internetu rzeczy. Z drugiej strony w zestawieniu znalazły się technologie nie kojarzące się z wysoką techniką, np. maszyny rolnicze/ogrodnicze do sadzenia, siania lub nawożenia, technologie mechanicznego lub ciśnieniowego czyszczenia dywanów (i podobnych materiałów), technologie wytwarzania i przetwarzania materiałów budowlanych. W przypadku tej ostatniej grupy będziemy mieli do czynienia nie tyle z technologiami przełomowymi, co z usprawnieniami, które mogą mieć istotny wymiar gospodarczy (np. tańsze, szybsze, bezpieczniejsze, wydajniejsze, neutralne środowiskowo procesy i produkty).

Wyłonione 100 technologii zostało przypisanych do 14 obszarów technologicznych. Są to: nanotechnologia, technologie chemiczne, technologie energetyczne, technologie informacyjne i komunikacyjne, technologie inżynierii cywilnej, technologie lotnicze, technologie medyczne i farmaceutyczne, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji, technologie pomiarowe, technologie rolno-spożywcze, technologie środowiskowe, technologie systemów kontroli i sterowania, technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej oraz heterogeniczna kategoria „inne”. Należy zaznaczyć, że wykorzystywane w tym raporcie definicje obszarów technologicznych są specyficzne, tzn. obejmują jedynie przypisane do nich technologie (a te są z kolei definiowane poprzez podklasy Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej). Zgrupowanie technologii w obszary technologiczne miało na celu umożliwienie szczegółowych analiz potencjału naukowego jednostek naukowych i poszczególnych naukowców; na poziomie technologii liczba punktów danych byłaby zbyt mała, a znaczenie czynnika losowego zbyt duże.

Pod względem portfolio technologicznego w 100 zidentyfikowanych najbardziej rozwojowych technologii, Polska jest strukturalnie podobna zarówno w odniesieniu do światowego portfolio technologii, jak i do poszczególnych krajów i grup krajów uwzględnionych w porównaniu. Luka technologiczna dzieląca Polskę od technologicznych liderów ma przede wszystkim charakter ilościowy, a nie strukturalny. Jednocześnie, widoczne jest znaczne zróżnicowanie sytuacji pod względem zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych. Na tej podstawie można postawić hipotezę, że luka technologiczna dzieląca Polską od technologicznych liderów dotyczy przede wszystkim technologii

znajdujących się bliżej rynku, mających potencjał komercyjny (ponieważ są warte opatentowania). Ta obserwacja wpisuje się w diagnozowany wielokrotnie w Polsce niezadowalający poziom rozwoju potencjału badawczo-rozwojowego w sektorze przedsiębiorstw oraz niezadowalającą intensywność transferu wiedzy i technologii ze sfery nauki do gospodarki.

Najważniejszymi punktami odniesienia dla oceny luki technologicznej dla Polski są Unia Europejska oraz USA. Dorobek Polski w wyróżnionych obszarach technologicznych jest ogólnie rzecz biorąc niższy niż USA oraz Unii Europejskiej. Stanowi około 60–70% średniej UE oraz 30-50% średniej USA – w zależności od obszaru technologicznego. Jednocześnie w niektórych obszarach technologicznych dorobek technologiczny Polski jest porównywalny lub nawet przewyższa potencjał UE lub USA (po zrelatywizowaniu liczbą ludności). W tym przypadku widoczne są jednak znaczące różnice między wynikami analiz opartych na patentach oraz analiz opartych na publikacjach. Na podstawie analizy patentowej wyróżniają się: nanotechnologia, technologie chemiczne, technologie inżynierii cywilnej, oraz technologie rolno-spożywcze. Na podstawie analizy publikacji wyróżniają się z kolei technologie lotnicze, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji oraz technologie systemów kontroli i sterowania. Jedynie technologie środowiskowe wyróżniają się w dwóch analizowanych wymiarach, tzn. w zgłoszeniach patentowych oraz w publikacjach.

Całościowa ocena potencjału rozwoju wyróżnionych technologii w Polsce wymaga uwzględnienia zarówno liczby publikacji i patentów, jak również wskaźników udziału oraz specjalizacji. O znacznym potencjale technologicznym świadczyć może zwłaszcza stosunkowo wysoki udział patentów w ich globalnej liczbie (osiągnięty przy dużym wolumenie) oraz większa od przeciętnej specjalizacja (wskaźnik powyżej 1), której towarzyszy dodatkowo duża aktywność publikacyjna. W latach 2010–2019 takimi osiągnięciami charakteryzowały się w Polsce następujące obszary:

- obszar technologii chemicznych,
- obszar technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej,
- obszar technologii medycznych i farmaceutycznych,
- obszar technologii rolno-spożywczych.

Drugą kategorię stanowią obszary, które co prawda osiągnęły wysokie wartości wskaźników udziału i specjalizacji pod względem zgłoszeń patentowych, ale odbyło się to zwykle przy stosunkowo małej liczbie zgłoszonych patentów, a także niewielkiej aktywności publikacyjnej. Do tej grupy należą:

- obszar nanotechnologii,
- obszar technologii środowiskowych,
- obszar technologii pakowania, magazynowania i manipulacji,
- obszar technologii inżynierii cywilnej,
- obszar technologii pomiarowych.

Do trzeciej kategorii obszarów technologicznych należały, z kolei, te z nich, które osiągnęły zarówno niski udział, jak i niższą niż przeciętna specjalizację w zakresie zgłoszeń patentowych. Co więcej, z reguły, te słabsze wyniki uzyskiwane były przy względnie niskich wolumenach zgłoszonych patentów i opublikowanych prac naukowych. Te obszary to: technologie lotnicze, technologie energetyczne, technologie systemów kontroli i sterowania oraz technologie informacyjne i komunikacyjne (te ostatnie stanowią wyjątek, gdyż jako jedyne z tej grupy odnotowały znaczny wolumen zgłoszeń patentowych i dość dużą liczbę publikacji). Co istotne, poza technologiami lotniczymi, obszary te

wpisywały się w znaczną liczbę KIS. Pozwala to wnioskować, że są one istotne z punktu widzenia potrzeb społeczno-gospodarczych w Polsce.

- Na podstawie przeprowadzonych analiz rekomenduje się, aby w ramach krajowej polityki technologicznej wspierana była działalność we wszystkich trzynastu wyróżnionych obszarach technologicznych i definiujących je technologiach (z pominięciem obszaru „inne"). Przy czym należy wskazać, że mamy tu do czynienia z dwoma modelowymi sytuacjami. W tej grupie znajdują się (1) obszary technologiczne i technologie, w których Polska ma rozwinięty potencjał technologiczny, oraz (2) obszary technologiczne i technologie, w których ten potencjał jest relatywnie słabszy, ale ich wspieranie jest istotne, ponieważ są to obszary intensywnie rozwijające się w skali globalnej, istotne z punktu widzenia potrzeb społeczno-gospodarczych kraju oraz wpisujące się w zakres Krajowej Inteligentnej Specjalizacji.

Wiodące jednostki naukowe i naukowcy w kontekście potencjału wyodrębnionych obszarów technologicznych

Jednostki naukowe w 13 obszarach technologicznych wykazywały zróżnicowany potencjał do tworzenia i rozwoju technologii. Za instytucje o znacznym potencjale w określonym obszarze uznano takie, które we wskaźniku syntetycznym, składającym się z czterech wskaźników cząstkowych mierzących potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową, osiągnęły przynajmniej połowę maksymalnego wyniku.

Najwięcej jednostek naukowych o znacznym potencjale zidentyfikowano w obszarach **technologii środowiskowych** i **nanotechnologii.** W obu obszarach Polska uzyskała wysokie wartości wskaźnika udziału i specjalizacji zgłoszeń patentowych, ale przy niskiej ich liczbie. W technologiach środowiskowych wszystkie instytucje cechowały się znacznym potencjałem, a wśród nich wynik aż czterech niewiele odbiegał od pozycji lidera. Z kolei w obszarze **nanotechnologii**, znacznym potencjałem odznaczało się **11 jednostek naukowych**.

W każdym z trzech obszarów: **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej, technologii chemicznych** oraz **technologii pomiarowych**, znacznym potencjałem cechowało się 8 jednostek. Dwa pierwsze z wymienionych obszarów w skali Polski cechowały się dużym potencjałem technologicznym, a obszar technologii pomiarowych pod względem potencjału zaliczał się do tej samej grupy co wymienione wyżej technologie środowiskowe oraz nanotechnologie, choć wyróżniał się wyższą liczbą zgłoszeń patentowych. We wszystkich tych obszarach jednostki realizowały projekty w ramach programu Horyzont 2020. W obszarze **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej** jednostki charakteryzowały się osiągnięciami publikacyjnymi, a połowa z nich również potencjałem kadrowym i aktywnością patentową. W **obszarze technologii chemicznych** połowa najlepszych jednostek cechowała się ponadprzeciętnym potencjałem kadrowym. Z kolei w obszarze **technologii pomiarowych** połowa z najlepszych jednostek miała ponadprzeciętny potencjał kadrowy i/lub publikacyjny, a tylko trzy instytucje wykazały się wyższą niż średnia aktywnością patentową.

Po 7 jednostek z ponadprzeciętnym potencjałem technologicznym wyróżniono w każdym z następujących obszarów: technologii medycznych i farmaceutycznych, technologii informacyjnych i komunikacyjnych, a także w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania. Pierwszy z tych obszarów został zaliczony do cechujących się znacznym potencjałem w skali Polski. Jego cechą charakterystyczną była znaczna aktywność jednostek naukowych w ramach programu Horyzont 2020,

a także pozostałych funduszy europejskich oraz programów krajowych i międzynarodowych. Ponadto większość z najlepszych jednostek w tym obszarze wykazała się wyższym od przeciętnego potencjałem kadrowym i publikacyjnym. Z kolei w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych w skali Polski uzyskano niski udział oraz niższą niż przeciętna specjalizację w zakresie zgłoszeń patentowych, jednak przy znacznym wolumenie tych zgłoszeń i umiarkowanej liczbie publikacji. Większość z najlepszych jednostek w omawianym obszarze miała potencjał kadrowy i publikacyjny, a także uczestniczyła w programie Horyzont 2020. Mniej z nich wykazywało się zaś znaczącą aktywnością patentową. W całym obszarze dostrzegalna była stosunkowo duża aktywność w realizacji projektów zarówno z programu Horyzont 2020, jak i pozostałych funduszy europejskich, programów krajowych i międzynarodowych. W obszarze technologii systemów kontroli i sterowania Polska odnotowała niskie wartości wskaźników udziału i specjalizacji w zakresie zgłoszeń patentowych przy ich niskim wolumenie. Większość najlepszych jednostek w tym obszarze miała duży potencjał kadrowy, a ponad połowa wyróżniała się ponadprzeciętną aktywnością publikacyjną i udziałem w projektach Horyzont 2020. Najmniej jednostek naukowych mogło poszczycić się znaczącymi wynikami w działalności patentowej.

W każdym z obszarów: **inżynierii cywilnej**, **technologii lotniczych** i **technologii energetycznych**, tylko po pięć jednostek odznaczało się znacznym potencjałem. Dwa z ostatnich obszarów należały do grupy charakteryzującej się niższą od przeciętnej specjalizacją zgłoszeń patentowych, a także niskim wolumenem i udziałem tych zgłoszeń. Z kolei w przypadku inżynierii cywilnej choć w skali Polski również odnotowano mało zgłoszeń patentowych, to związane z nimi wskaźniki udziału i specjalizacji osiągnęły wyższe wartości. W każdym ze wskazanych obszarów najlepsze jednostki odznaczały się potencjałem publikacyjnym, różniły się zaś pod względem liczby uczestnictw w programie Horyzont 2020. Najwięcej doświadczeń w tym zakresie miały jednostki z obszaru technologii energetycznych.

W dwóch obszarach, tj. technologie rolno-spożywcze oraz technologie pakowania, magazynowania i manipulacji, zaledwie po trzy instytucje uzyskały wynik wskazujący na ponadprzeciętny potencjał technologiczny. Obszar technologii rolno-spożywczych, zaliczany do kategorii obszarów o dużym potencjale technologicznym w Polsce, zajął pierwsze miejsce pod względem liczby zrealizowanych projektów w ramach programu Horyzont 2020. Zdecydowanym liderem w tym obszarze była Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. Zdolność do tworzenia i rozwoju technologii w obszarze technologii rolno-spożywczych jest duża, ale skoncentrowana w niewielu jednostkach. Natomiast obszar technologii pakowania, magazynowania i manipulacji wyróżnił się w skali Polski wysokimi wartościami wskaźników specjalizacji i udziału zgłoszeń patentowych, osiągniętymi jednak przy niskim ich wolumenie. Wbrew tym wynikom najlepsza trójka instytucji, które znalazły się w czołówce rankingu jednostek z tego obszaru, cechowała się przede wszystkim znaczącą aktywnością patentową. Żadna z jednostek nie uczestniczyła zaś w programie Horyzont 2020.

Najlepsi naukowcy pracowali zarówno w wiodących jednostkach wskazanych w poszczególnych obszarach, jak i poza nimi. **Najwięcej naukowców o ponadprzeciętnych osiągnięciach zatrudnionych w instytucjach spoza rankingu wiodących jednostek** zidentyfikowano w obszarach technologii: **chemicznych, rolno-spożywczych i informacyjno-komunikacyjnych. W każdym z nich sytuacja ta dotyczyła 7 badaczy.** Ponadto, w technologiach **chemicznych**, **energetycznych** oraz **systemów kontroli i sterowania** wiodący naukowcy osiągnęli wyniki **około lub powyżej 50 na 100 możliwych punktów we wskaźniku syntetycznym.**

- W związku z występowaniem potencjału publikacyjnego i kadrowego oraz aktywności patentowej i projektowej w jednostkach naukowych z każdego z wytypowanych obszarów, warto wspierać ich zdolności badawczo-wdrożeniowe poprzez instrumenty pozostające w zakresie polityki naukowej oraz technologicznej. Należy zwrócić szczególną uwagę na powiązanie celów obu polityk w sposób zapewniający uzyskanie najlepszych wyników badawczych, przekładających się na efekty wdrożeniowe. Rekomenduje się wsparcie dla wszystkich obszarów technologicznych wpisujących się w inteligentne specjalizacje. Pożądana jest kontynuacja programów sektorowych nastawionych na realizację przedsięwzięć w ramach wytypowanych obszarów lub też dostosowanie tych programów do zagadnień ujętych w obszarach technologicznych. Z racji wpisywania się wytypowanych obszarów w krajowe inteligentne specjalizacje, w ramach FENG zaleca się utrzymanie preferencji dla inteligentnych specjalizacji, szczególnie w odniesieniu do krajowych inteligentnych specjalizacji pierwszej prędkości i w mniejszym stopniu w zakresie specjalizacji drugiej prędkości w ramach działań dotyczących wsparcia innowacyjności i sektora B+R.
- W związku z występowaniem dużego zróżnicowania potencjału polskich jednostek naukowych, także w wymiarze regionalnym, należy wspierać współpracę między jednostkami o różnych poziomach potencjału w celu transferu wiedzy i dobrych praktyk. Rekomenduje się tworzenie programów stymulujących współpracę między jednostkami naukowymi w Polsce, a także uwzględnienie w istniejących programach możliwości i/lub zachęt do współpracy w ramach realizowanych projektów.
- Z uwagi na istnienie luki technologicznej między potencjałem technologicznym w Polsce i światowymi liderami, należy wspierać zaangażowanie polskich jednostek naukowych oraz naukowców we współpracę międzynarodową, poprzez zwiększenie nakładów na realizację projektów międzynarodowych oraz międzynarodową mobilność naukowców.

Potencjał technologiczny krajowych inteligentnych specjalizacji

Do każdej z inteligentnych specjalizacji przypisano określoną liczbę wyłonionych technologii, które na świecie cechuje ponadprzeciętna dynamika/skala rozwoju. Stąd wszystkie KIS powinny znajdować się w obszarze zainteresowania krajowej polityki technologicznej, innowacyjnej, przemysłowej i naukowej. Mając jednak na uwadze, że przyporządkowanie technologii do poszczególnych KIS jest zróżnicowane, zarówno pod względem ilościowym (liczba przyporządkowanych technologii), jak również jakościowym (różny poziom potencjału obszarów technologicznych w Polsce), oraz pod kątem potencjału jednostek naukowych w Polsce w poszczególnych obszarach, dokonano podziału krajowych inteligentnych specjalizacji na trzy grupy, z których następnie wydzielono KIS dwóch prędkości.

W pierwszej grupie znalazły się KIS, do których przypisano najwięcej technologii z obszarów o największym potencjale, czyli takich, które: 1) mają dużą liczbę zgłoszeń patentowych i publikacji, 2) charakteryzują się dużymi udziałami zgłoszeń patentowych i publikacji w globalnej liczbie zgłoszeń i publikacji w określonym obszarze oraz 3) cechują się istotną specjalizacją, która pokazuje znaczenie określonego obszaru na tle wszystkich wytypowanych obszarów technologicznych w Polsce. Są to również KIS, które mają kluczowe znaczenie dla rozwoju gospodarczego i społecznego, podkreślane w krajowych dokumentach strategicznych, takich jak projektowana *Strategia Produktywności* czy *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju*. Do tej grupy zaliczyliśmy również specjalizację mającą szczególne znaczenie w okresie pandemii COVID-19.

W rezultacie, do grupy pierwszej zaliczono następujące specjalizacje: **KIS 8. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty** (jedyna specjalizacja, do której zostały przyporządkowane wszystkie wiodące technologie (95), w tym całe obszary technologiczne o największym potencjale); **KIS 9. Elektronika i fotonika** (druga co do wielkości liczba przypisanych technologii (69), w tym prawie połowa technologii z kluczowych obszarów technologicznych); **KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego** (trzecia co do wielkości liczba technologii (59), spośród których większość to technologie z obszarów o największym potencjale); **KIS 11. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych** (czwarty wynik pod względem liczby przypisanych technologii (51), spośród których ponad połowa to technologie z obszarów o największym potencjale); **KIS 1 Zdrowe społeczeństwo** (29 połączeń z wiodącymi technologiami z 7 obszarów technologicznych); **KIS 3. Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska** (26 przypisanych technologii, w tym reprezentujące obszar technologii chemicznych i środowiskowych, w których odnotowano znaczące osiągnięcia w skali Polski).

- Silne powiązania **KIS 8, KIS 9, KIS 2, KIS 11 i KIS 3** z obszarami o największym potencjale, a także ponadprzeciętne wyniki jednostek naukowych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych oraz strategiczna rola **KIS 1** w walce z obecnym kryzysem zdrowotnym i jego przyszłymi konsekwencjami, przekłada się na ponadprzeciętny potencjał i znaczenie tych specjalizacji, otwierając drogę do rozwoju naukowego, technologicznego i społecznego. Z tego powodu **rekomenduje się nadanie powyższym KIS statusu pierwszej prędkości.**

Do drugiej grupy krajowych inteligentnych specjalizacji zaliczono KIS z mniejszą liczbą połączeń z technologiami z najbardziej znaczących obszarów. Jednocześnie są to specjalizacje obejmujące kwestie wskazywane w projekcie *Strategii Produktywności* jako priorytetowe kierunki rozwoju. W grupie tej znalazły się następujące specjalizacje: **KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku** (piąta lokata pod względem liczby połączeń z technologiami (38), w tym prawie połowa z obszarów o największym potencjale); **KIS 10. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne** (24 połączenia z technologiami należącymi do 7 obszarów, w tym cały obszar technologii informacyjnych i komunikacyjnych, w którym jednostki naukowe osiągały znaczące rezultaty w potencjale kadrowym, publikacyjnym i aktywności projektowej); **KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady** (22 przyporządkowane technologie, w tym 7 z obszaru wytwarzania i produkcji przemysłowej charakteryzującego się znaczącym potencjałem). Pomimo mniejszej liczby połączeń z wiodącymi na świecie obszarami technologicznymi, z punktu widzenia działalności naukowo-wdrożeniowej, w powyższych specjalizacjach można dostrzec potencjał rozwoju, któremu nie należy odmawiać wsparcia, projektując politykę naukową, innowacyjną, przemysłową i technologiczną kraju. Z tego względu, **rekomenduje się nadanie KIS 6, KIS 10 i KIS 7 statusu drugiej prędkości.**

Do trzeciej grupy krajowych inteligentnych specjalizacji zaliczono pozostałe cztery KIS z najmniejszą liczbą połączeń z wiodącymi technologiami. Przypisane do poniższych specjalizacji obszary technologiczne cechowały się w większości umiarkowanymi osiągnięciami w zakresie wybranych wymiarów potencjału technologicznego. W grupie tej znalazły się następujące specjalizacje: **KIS 4. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii** (26 przypisanych technologii z 9 obszarów); **KIS 5. Inteligentne i energooszczędne budownictwo** (23 połączenia z technologiami z 9 obszarów); **KIS 12. Inteligentne**

technologie kreacyjne (8 przypisanych technologii z 3 obszarów, w tym większość z obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych) oraz **KIS 13. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy** (24 połączenia z technologiami z 10 obszarów). Tematyka ostatniej wspomnianej specjalizacji posiadała typowo regionalny charakter.

- Niewielka aktywność projektowa i umiarkowany potencjał świadczą o ograniczonym zapleczu naukowo-badawczym powyższych specjalizacji do tworzenia i rozwoju technologii. Aby wzmocnić potencjał technologiczny KIS 4, 5 i 12, a jednocześnie zwiększyć koncentrację tematyczną w ramach KIS, warto rozważyć ich konsolidację ze specjalizacjami z drugiej grupy zaliczonymi do KIS drugiej prędkości. Ponadto, z uwagi na regionalny charakter tematyki KIS 13, zasadne jest rozważenie zmiany statusu tej specjalizacji z krajowej na regionalną inteligentną specjalizację.

Executive summary

Technological areas and the extent of the technology gap

The starting point for this report was to identify technologies which, in recent years, have developed faster and more extensively than others globally. The technologies have been selected based on patent data available in the PATSTAT database. The patent applications of 2010-19 were analysed at the International Patent Classification sub-class level. On the basis of the analysis of 646 individual technologies, 100 technologies (sub-classes) were identified for which an increased number of patent applications had been registered between 2010 and 2018; those for which the number of patent applications had increased in both relative terms (quotient) and absolute terms (difference) were considered. To enable analysis of the potential of Polish scientific units in the selected categories and technological areas (not only on the basis of patent data for each of the technologies), keywords were ascribed. Based on those keywords, scientific publications and research projects were identified.

The selected technologies include both those that were and were not expected to appear on the list. Some technologies that are commonly perceived as having high development potential, such as nanotechnologies, processes or means (e.g. batteries) for the direct conversion of chemical energy into electrical energy, and Internet of Things (IoT) were present; the list, however, also contains technologies that are not usually associated with advanced engineering, such as agricultural/gardening machines used for planting, sowing and fertilizing, for mechanical or pressure cleaning of carpets, rugs, sacks, hides or other skin or textiles or fabrics, or for the production and processing of construction materials. The latter group should not be perceived as ground-breaking inventions, but as improvements that may impact the economy significantly (cheaper, faster, safer, more efficient, and environmentally neutral processes and products).

The selected 100 technologies were allotted to the following 14 areas: nanotechnologies; chemical technologies; energy technologies; information and communication technologies; civil engineering technologies; aviation technologies; medical and pharmaceutical technologies; packaging, storage, and handling technologies; measurement technologies; agri-food technologies; environmental technologies; control system technologies; industrial production and manufacture technologies; and a heterogenic category named ‘other’. The definitions of technological areas used in this report are unique: they cover only the technologies that were ascribed to them, while the technologies themselves are defined by the sub-classes of the International Patent Classification. Grouping of the technologies into technological areas was performed to enable detailed analyses of the potential of scientific units and individual scientists; at the single technology level, the data would be too scarce and the randomness too impactful.

The structure of Poland's portfolio of the 100 technologies with the highest development potential is similar both to the global portfolio of technologies and to those of individual countries or groups of countries to which Poland is compared. The technology gap between Poland and the global leaders is of a quantitative rather than a structural nature: differences are noticeable in terms of patent applications and scientific publications. Based on that information, it may be assumed that the technological gap between Poland and the global technological leaders pertains primarily to technologies that closely relate to the market and those that hold commercial potential (because they are worth being patented). This observation confirms the unsatisfactory pace at which the

development and research potential of the Polish business sector is growing and the insufficient intensity of the transfer of knowledge and technology from the scientific community to the economy.

The key points of reference for the evaluation of the technology gap in Poland include the European Union and the United States; Poland's achievements in the identified technological areas are generally scarcer than both. Poland's number ranges between 60% and 70% of the European Union average and between 30% and 35% of the United States average, depending on which technological area is analysed. In some areas, Poland's technological achievements are comparable to or even greater than those of the European Union or the United States (per capita); those cases, however, exhibit significant differences between the analysis results based on patents and those based on publications. Those that stand out in the patent analysis results include nano, chemical, civil engineering, and agri-food technologies. Based on the publication analysis results, the most noticeable are aviation technologies, packaging, storage and handling technologies, and control system technologies. The only area that is prominent in both patents and publications is environmental technologies.

The overall evaluation of the development potential of the above technologies in Poland requires consideration of both the number of publications and patents, and share and specialisation rates. Significant technological potential is evidenced particularly by relatively high shares of patents in their global number (achieved with a large volume), above-average specialisation (rate above 1), and high numbers of publications. Between 2010 and 2019, such achievements were characteristic in Poland in:

- the area of chemical technologies,
- the area of production and manufacture technologies,
- the area of medical and pharmaceutical technologies,
- the area of agri-food technologies.

The second category comprises areas with high shares and specialisation rates in terms of patent applications; it must be noted, however, that these results were achieved in the circumstances of a relatively small number of patents and publications. The group includes the following areas:

- the area of nanotechnologies
- the area of environmental technologies
- the area of packaging, storage, and handling
- the area of civil engineering technologies
- the area of measurement technologies.

The third group includes those with both low share rates and below-average patent application specialisation rates. These poor results were usually achieved with relatively low numbers of patent applications and scientific publications. The areas in question are aviation technologies, energy technologies, control system technologies, and information and communication technologies (the only one in the group characterised by a significant volume of patent applications and a considerable number of publications). Importantly, all of these areas, apart from aviation technologies, align with many National Smart Specialisations (NSSs), which implies that they are important for Poland's social and economic needs.

- Based on the analyses, it is recommended that any activities be supported in all 13 technological areas and technologies that define them (except the 'other' area) within national technology policy. It is worth noting, however, that that these are two model situations. The group includes

technological areas and technologies in which Polish technological potential has already developed, and technological areas and technologies in which Poland's potential is relatively weaker, but which must be supported due to their global rapid development, their importance for the Polish society and economy, and their alignment with the NSSs.

Leading scientific units and scientists in the context of the potential of the identified technological areas

Across the 13 technological areas, the potential to create and develop technologies varied between scientific units. Institutions with significant potential that could be used in specific areas were defined as those that **attained at least half of the maximum score for the synthetic rate, which comprises four partial rates used to measure staff and publication potential, and patent and project activity.**

The highest number of scientific units with significant potential were identified in **environmental technologies and nanotechnologies.** Although Poland's share and patent application specialisation rates were high in both areas, the overall number of application patents was low. In the case of environmental technologies, all of the institutions exhibited high potential; the results of four of them were only marginally lower than that achieved by the leader. In **nanotechnologies**, high potential was characteristic for **11 scientific units**.

In **industrial production and manufacture technologies, chemical technologies,** and **measurement technologies,** 8 units were identified to hold considerable potential. The first two were marked nationwide by high technological potential, with measurement technologies falling into the same group as environmental technologies and nanotechnologies, despite its higher number of patent applications. In all of the areas described above, scientific units implemented projects within the Horizon 2020 programme. Units operating in **industrial production and manufacture technologies** published prolifically, and half of them exhibited solid staff potential and submitted numerous patent applications. Above-average staff potential was identified in half of the units that worked in **chemical technologies**. In **measurement technologies**, half of the best units were characterised by above-average staff and/or publication potential, While only three institutions exhibited above-average patent activity.

Seven units with above-average technological potential were distinguished in **medical and pharmaceutical technologies, information and communication technologies, and control system technologies.** The first was classified as holding significant nationwide potential. One of its characteristic features was high activity of scientific units within the Horizon 2020 programme, other European funds, and national and international programmes. Moreover, the majority of the best units in this area exhibited above-average staff and publication potential. Low share rates and below-average specialisation rates in patent applications were present nationwide in **information and communication technologies**; these results, however, were achieved in the circumstances of a considerable volume of patent applications and a moderate number of publications. The majority of the best units that operate in this area were marked by high staff and publication potential, and participated in the Horizon 2020 programme. Considerable patent activity was far less common. The area is characterised by **relatively high** activity connected with the implementation of programmes under the Horizon 2020 programme, other European funds, and national and international programmes. In **control system technologies**, Poland's share rate and patent application specialisation rate were low, with the overall number of patent applications remaining inconsiderable. The majority

of the best units in this area exhibited substantial staff potential, and over half of them exhibited above-average publication activity and participated in Horizon 2020 projects. Only a handful applied for patents.

As for **civil engineering**, **aviation technologies**, and **energy technologies**, only five units per area were identified to hold considerable potential. Aviation technologies and energy technologies were included in the group with below-average specialisation and low numbers and shares of patent applications. In the case of civil engineering, despite submission of a modest number of patent applications, the share and specialisation rates were higher. In each the areas, the best units exhibited strong publication potential, but differed in the number of projects under the Horizon 2020 programme. In this metric, units that work in energy technologies were identified as the most experienced ones.

Only three institutions in **agri-food technologies** and **three** in **packaging, storage, and handling technologies** achieved above-average technological potential. **Agri-food technologies,** which is classified in the category of areas with high technological potential in Poland, was ranked first in terms of the number of projects implemented within the Horizon 2020 programme. The uncontested leader in this area was Warsaw University of Life Sciences (SGGW). **The potential to create and develop agri-food technologies is enormous, but can be realised only in a handful of units. Packaging, storage, and handling technologies** was marked by a high specialisation rate and patent application share; these results were achieved, however, with a low number of patent applications. Despite the above, the three best institutions in this area were characterised primarily by considerable patent activity. None of the units participated in the Horizon 2020 programme.

The best scientists worked both at leading units for each of the areas and elsewhere. **The highest number of scientists who exhibited above-average achievements and were employed at institutions not included in the ranking of leading units were identified in chemical technologies, agri-food technologies, and information and communication technologies (7 researchers each).** Moreover, in the cases of **chemical**, **energy**, and **control system technologies,** the leading scientists achieved results of **50 out of 100 points (synthetic rate) or above.**

- **As the publication and staff potential, as well as patent and project activity, is present in scientific units operating in each of the areas selected, it is recommended that their research and implementation abilities be supported through instruments used in both scientific and technological policies.** Particular attention should be paid to linking the objectives of both policies in a manner that ensures that the best research results translate into implementation effects. **It is recommended that all technological areas that align with smart specialisations be supported through the continuation of sectoral programmes that are aimed at implementing projects within the selected areas, or by adjusting their scope of subjects. As the selected areas align with NSSs, it is recommended that preferences for smart specialisations under the European Funds for a Modern Economy programme be maintained as part of activities supporting innovation and the R&D sector, especially regarding national smart specialisations of the first speed and to a lesser extent in reference to specialisations of the second speed.**
- **Since the potential of Polish research units is highly diversified (including regionally) it is appropriate that the collaboration between units with different levels of potential be supported in the transfer of knowledge and good practices.** It is recommended that **programmes to stimulate collaboration between research units in Poland** be launched, and

that existing programmes with opportunities and/or incentives to collaborate within already implemented projects be continued.

- Due to the **gap between the technological potential of Poland and that of the global leaders**, **the involvement of Polish research units and scientists in international collaboration** should be supported by increased expenditure on the implementation of international projects and the international mobility of scientists.

The technological potential of National Smart Specialisations

Each of the smart specialisations has been assigned a specific number of selected technologies, which are globally characterised by an above-average dynamic/scale of development; therefore, all NSSs should be of relevance to national technology, innovation, industrial and science policies. As the assignment of technologies to individual NSSs is diversified—both in terms of quantity (the number of assigned technologies), quality (different levels of the potential of technological areas in Poland) and in terms of the potential of scientific units in Poland in particular areas—the NSSs were divided into three groups, which then have been separated out into specialisations of the first and second speed.

The first group includes NSSs to which the most technologies have been assigned from the areas with the highest potential, i.e. those that 1) exhibited a high number of patent applications and publications, 2) were characterised by large shares of patent applications and publications in the global number of patent applications and publications in a particular area and 3) had a significant specialisation showing the importance of a specific area in the context of all selected technological areas in Poland. The group also comprises NSSs that are of key importance for economic and social development, and those that are focused on national strategic documents, such as *The Productivity Strategy* or *The Strategy for Responsible Development*. The group also includes a specialisation that is of particular importance during the COVID-19 pandemic.

As a result, the following specialisations were included in the first group: **NSS 8. Multifunctional materials and composites with advanced properties, including nanoprocesses and nanoproducts** (the only specialisation to which all leading technologies (95) were ascribed, including whole technological areas with the greatest potential); **NSS 9. Electronics and photonics** (the specialisation with the second-highest number of assigned technologies (69); almost half of the technologies originate from key technological areas); **NSS 2. Innovative technologies, processes, and products of the agri-food and forestry–timber sectors** (the specialisation with the third-highest number of technologies (59), most of which are from the areas of the highest potential); **NSS 11. Automation and robotics of technological processes** (the specialisation with the fourth-highest number of assigned technologies (51), of which almost half are from the areas of the greatest potential); **NSS 1 Healthy society** (29 links to leading technologies from 7 technological areas); **NSS 3. Biotechnological and chemical processes, bioproducts, performance chemicals, and environmental engineering products** (26 ascribed technologies, including chemical and environmental technologies, in which Poland has made significant achievements).

- Strong links between **NSS 8, NSS 9, NSS 2, NSS 11, NSS 3**, and the areas with the highest potential, above-average results of scientific units in medical and pharmaceutical technologies, and the strategic role of **NSS 1** in the struggle with the current health crisis and its potential future consequences translate into above-average potential and importance of these specialisations and pave the way for the development of science, technology, and society. For

that reason, **it is recommended that the first speed status be granted to each of the NSSs listed above.**

The second group of NSSs include those with lower numbers of links to technologies from the most significant areas. These specialisations cover the issues designated in *The Productivity Strategy* as priority development directions. This group comprises the following specialisations: **NSS 6. Environmentally friendly transport solutions** (the specialisation with the fifth-highest number of linked technologies (38), of which almost half are from the areas of the highest potential); **NSS 10. Smart grids and information, communication, and geo-information technologies** (24 links with technologies from 7 areas, including information and communication technologies, in which scientific units have achieved significant results in terms of staff and publication potential, and project activity); **NSS 7. Circular economy – water, fossil resources, and waste** (22 assigned technologies, including 7 from industrial production and manufacture technologies, which is designated to hold significant potential). Despite their lower number of links with the world's leading technology areas, from the perspective of scientific and implementation activities, the above specialisations exhibit development potential and should be supported by the establishment of a reliable national policy on science, innovation, industry and technology. For that reason, **it is recommended that the second speed status be granted to NSS 6, NSS 10 and NSS 7.**

The third group of NSSs include the remaining four NSSs with the smallest number of links with the leading technologies. The technology areas assigned to the specialisations below were mostly characterised by moderate achievements on selected dimensions of technological potential. The third group comprised the following specialisations: **NSS 4. High-efficiency, low-emission, and integrated energy production, storage, transmission, and distribution systems** (26 assigned technologies from 9 areas); **NSS 5. Smart and energy-efficient construction** (23 links with technologies from 9 areas); **NSS 12. Smart creative technologies** (8 assigned technologies in 3 areas, the majority of which are from information and communication technologies); **NSS 13. Innovative marine technologies for specialised vessels, marine and offshore structures, and logistics based on maritime transport** (24 links with technologies from 10 areas). The last specialisation was of a regional character.

- Low project activity and moderate potential indicate to a limited scientific and research background of the above specialisations for technology creation and development. In order to strengthen the technological potential of NSSs 4, 5 and 12, and at the same time increase the thematic concentration within NSSs, it is worth considering their consolidation with the specialisations from the second group included in the second speed NSSs. In addition, due to the regional nature of the subject matter of NSS 13, it is reasonable to consider changing the status of this specialisation from a national to a regional smart specialisation.

Wprowadzenie

Raport przedstawia wyniki projektu pn. „Analiza zasobów, aktywności i osiągnięć jednostek naukowych w Polsce w dziedzinie tworzenia i rozwoju technologii". W badaniu przeprowadzonym na potrzeby projektu poszukiwano odpowiedzi na pytania o to, jakie technologie i obszary technologiczne rozwijały się dynamicznie na świecie w ostatniej dekadzie oraz jaki dystans technologiczny dzieli Polskę od innych państw. Ponadto wskazano najlepsze jednostki naukowe oraz najlepszych naukowców w obszarach technologicznych notujących ponadprzeciętny wzrost w ostatnich latach.

Zrealizowany projekt można zaliczyć do oryginalnych i ambitnych przedsięwzięć z co najmniej trzech powodów. Po pierwsze, do wyznaczenia rozwijających się obszarów i zmierzenia dystansu dzielącego Polskę od innych państw zastosowano zautomatyzowane metody przeszukiwania dużych i zróżnicowanych zbiorów danych. Po drugie, przy wyznaczaniu wiodących jednostek naukowych oraz najlepszych naukowców w Polsce w poszczególnych obszarach technologicznych połączono informacje z kilku unikalnych baz krajowych i międzynarodowych (Baza Nauka Polska, Polska Bibliografia Naukowa, Web of Science, Microsoft Academic Graph, PATSTAT). Po trzecie, do weryfikacji przeprowadzonego w ramach badania dopasowania wyłonionych technologii do poszczególnych krajowych inteligentnych specjalizacji zaangażowano ekspertów z Grup Roboczych ds. KIS, co tym samym pozwoliło połączyć w projekcie perspektywę akademików i praktyków.

Wykorzystanie różnych źródeł danych oraz metod w istotny sposób przyczyniło się do zwiększenia wiarygodności i rzetelności wyników projektu. Rezultaty badania i sformułowane rekomendacje pozostają ważne w kontekście tworzenia polityki technologicznej w Polsce. Zawarte w raporcie informacje w szczególności powinny być przydatne do weryfikacji i aktualizacji listy krajowych inteligentnych specjalizacji, skupiających inwestycje B+R+I w obszarach o największym potencjale innowacyjnym i konkurencyjnym. Wyniki badania (tj. identyfikacja nowych wyłaniających się technologii oraz ich zaplecza naukowego) mogą także stanowić podstawę weryfikacji innych priorytetów polityki innowacyjnej, technologicznej i przemysłowej.

1 Kontekst badania

Potencjał technologiczny sektora nauki i szkolnictwa wyższego jest kluczowy dla tworzenia i rozwoju innowacji. Pojęcie potencjał oznacza zasób zdolności i możliwości danej jednostki w określonej dziedzinie. Niniejsze badanie dotyczy zatem zdolności i możliwości polskich jednostek naukowych w zakresie tworzenia i rozwoju technologii. W dobie globalizacji gospodarek i światowego obiegu informacji, potencjał technologiczny jednostek naukowych w danym kraju należy oceniać w kontekście międzynarodowym. Do oceny potencjału technologicznego polskich jednostek naukowych można wykorzystać pojęcie luki technologicznej, która obrazuje dystans między potencjałem technologicznym danego kraju w stosunku do osiągnięć światowych lub określonego państwa, stanowiącego punkt odniesienia. Ocena potencjału jednostek naukowych z wykorzystaniem luki technologicznej umożliwia wskazanie technologii lub obszarów technologicznych, w których jednostki naukowe w Polsce prezentują wysoki poziom. Wiedza o obszarach wysokiego potencjału technologicznego i wiodących jednostkach naukowych jest istotna przy formułowaniu rekomendacji dla polityki rozwoju i wsparcia innowacyjności.

Polska w międzynarodowych rankingach innowacyjności znajduje się na relatywnie odległych pozycjach na tle państw wysoko rozwiniętych. W najnowszym rankingu Globalny Indeks Innowacyjności 2021 (*Global Innovation Index*) Polska uplasowała się na 40. miejscu wśród 132 państw, zajmując pozycję za innymi krajami Europy Środowo-Wschodniej (Czechy – 24. miejsce, Estonia – 21. miejsce, Węgry – 34. miejsce). W Europejskim Rankingu Innowacyjności 2021 (*European Innovation Scoreboard*), Polska znalazła się w kategorii 'wschodzących innowatorów', ze wskaźnikiem innowacyjności wynoszącym 66% średniej UE, plasując się na 24. miejscu wśród 27 państw Unii Europejskiej. Za Polską uplasowały się jedynie Bułgaria, Rumunia oraz Łotwa, natomiast bezpośrednio przed – Chorwacja, Węgry i Słowacja.

Polska wciąż osiąga słabe wyniki w zakresie innowacyjności przedsiębiorstw, współpracy w zakresie innowacji (między przedsiębiorstwami czy z sektorem publicznym), a także, co istotne z punktu widzenia celów badania, konkurencyjnych systemów badawczych (gdzie konkurencyjność mierzona jest przy pomocy udziału publikacji we współpracy międzynarodowej oraz udziału doktorantów z zagranicy). Najsilniejsze wymiary innowacyjności w Polsce to m.in. udział osób z wykształceniem wyższym, a także udział połączeń szerokopasmowych (Hollanders i in., 2021, s. 60).

W warunkach postępującej globalizacji gospodarek, cyfryzacji oraz pojawiania się nowych źródeł przewag komparatywnych, konkurencyjność gospodarki jest bezpośrednio określana nie tylko przez jej innowacyjność, ale też poziom naukowo-badawczy. Współpraca między sektorem przedsiębiorstw i sektorem nauki warunkuje efektywne funkcjonowanie całego ekosystemu innowacji, ponieważ to dzięki transferowi wyników badań do gospodarki rośnie siła technologiczna określonego kraju. Do największych wyzwań sektora nauki w Polsce należy m.in. niewystarczająca współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym, niski stopień komercjalizacji badań, niezadowalający poziom umiędzynarodowienia, o którym świadczy m.in. niska wartość wskaźnika uczestnictwa zespołów z Polski w programie Horyzont 2020, czy też niewielka liczba zdobytych prestiżowych grantów European Research Council (Raport o Nauce 2019).SP

Konieczność zmian na przecięciu sektora innowacyjności i nauki wskazano w Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR) oraz projekcie Strategii Produktywności 2030. W SOR zwracano uwagę na wzmocnienie potencjału badawczego na uczelniach i konieczność silniejszego włączenia ich

w system tworzenia innowacji, promowanie międzynarodowej i sektorowej mobilności naukowców oraz zwiększenie zaangażowania przedsiębiorców w system kształcenia przyszłych pracowników, w tym uruchomienie doktoratów wdrożeniowych. Projekt strategiczny w tym zakresie stanowiła reforma szkolnictwa wyższego. Do kolejnych działań wspomnianych w SOR należały: zwiększenie koncentracji tematycznej nakładów na B+R+I na bazie systemu KIS, reforma instytutów badawczych (wzmocnienie ich interdyscyplinarności i konkurencyjności rynkowej), animowanie współpracy nauka-biznes i zwiększenie wykorzystania istniejącej infrastruktury B+R.

Strategia Produktywności 2030 stanowi jedeną z tzw. strategii sektorowych wpisujacych się w SOR. W projekcie Strategii (stan na 2021 r.) zwrócono uwagę na konieczność wprowadzenia zmian organizacyjnych w sektorze nauki w celu umiędzynarodowienia oraz zatrzymania talentów w kraju. Działania w tym zakresie obejmują m.in.: konsolidację podmiotów sektora nauki i szkolnictwa wyższego z jednoczesną dywersyfikacją ich ról (tj. badawczą, dydaktyczną), zwiększenie zainteresowania sektora nauki wpływem na zmiany otoczenia gospodarczego oraz usprawnienie sposobu zarządzania własnością intelektualną w jednostkach naukowych.

W Strategii wskazano również na konieczność priorytetyzacji wsparcia na wybranych obszarach technologicznych o największym potencjale rozwojowym.Realizacją tego podejścia są krajowe inteligentne specjalizacje. Zgodnie ze wskazaną w SOR koncepcją selektywnego wsparcia, lista krajowych inteligentnych specjalizacji jest cyklicznie rewidowana w celu uwzględnienia najbardziej perspektywicznych branż.

W kontekście wyzwań na przecięciu sektora nauki i innowacyjności u progu nowej perspektywy finansowej UE na lata 2021–2027, niniejsze badanie dostarcza wniosków i rekomendacji w zakresie możliwych zmian wsparcia priorytetowych sektorów technologicznych o określonym zapleczu naukowo-badawczym.

2 Cele oraz zakres zamówienia

Przedmiotem analiz w projekcie był kapitał intelektualny jednostek naukowych w Polsce decydujący o zdolności do tworzenia i rozwoju technologii. Pod pojęciem kapitału intelektualnego w szczególności rozumiano zasoby, potencjał technologiczny i aktywność badawczo-rozwojową tych podmiotów. Przed badaniem postawiono następujące cele szczegółowe:

- określenie potencjału technologicznego jednostek naukowych w Polsce na tle osiągnięć światowych (badanie luki technologicznej);
- identyfikacja dziedzin najintensywniejszego rozwoju oraz kierunków badań najlepszych ośrodków naukowych;
- wskazanie wiodących ośrodków naukowych, a także najlepszych naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych;
- ocena potencjału technologicznego sektora nauki w Polsce w kontekście celów wskazanych w krajowych dokumentach strategicznych (SOR i Strategia Produktywności).

W badaniu wykorzystano metody ilościowe stosowane w naukometrii. Przeprowadzone prace badawcze obejmowały następujący zakres:

- analiza publikacji naukowych zindeksowanych w międzynarodowych bazach Web of Sciences (WoS) i Microsoft Academic Graph (MAG) oraz w krajowej bazie Polska Bibliografia Naukowa;
- analiza danych patentowych z bazy PATSTAT agregującej informacje m.in. z World Intellectual Property Organization (WIPO), European Patent Office (EPO), United States Patent and Trademark Office (USPTO) oraz Urzędu Patentowego Rzeczpospolitej Polskiej (UP RP);
- analiza cytowań publikacji i patentów na podstawie baz WoS i MAG;
- analiza kadry sektora nauki na podstawie bazy Nauka Polska;
- analiza aktywności projektowej w zakresie działalności B+R, w tym dotyczącej współpracy jednostek naukowych z przedsiębiorstwami oraz stopnia gotowości technologicznej technologii tworzonych i rozwijanych w ramach projektów (zestawienie programów uwzględnione w analizie przedstawiono w tabeli 3.3.1);
- analiza infrastruktury badawczej, na postawie Bazy aparatury badawczej.

Analizowane dane z bazy patentów (PATSTAT) i międzynarodowych baz bibliograficznych (WoS, MAG) dotyczyły okresu 2010–2019. W przypadku bazy Polska Bibliografia Naukowa (PBN) analizą objęto okres 2013–2019, a w przypadku bazy Nauka Polska – przedział 1999–2019. Z kolei dane Bazy aparatury badawczej oceniono według stanu na 2018 rok. Zakres czasowy analiz został podyktowany dostępnością i kompletnością danych zgromadzonych w powyższych bazach.

Analiza aktywności projektowej została przeprowadzona na podstawie baz danych udostępnionych przez Zamawiającego. Zakres czasowy tej części objął horyzont perspektywy finansowej UE 2014–2020.

Badanie składało się z czterech etapów. Na pierwszym etapie, który stanowił punkt wyjścia pomiaru luki technologicznej, na podstawie zgłoszeń patentowych zindeksowanych w bazie PATSTAT wyznaczono technologie i grupujące je obszary . Technologie zostały określone na poziomie podklas Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (*International Patent Classification* – IPC). W wyborze technologii (tj. podklas identyfikacji patentowej) uwzględniono te, dla których liczba patentów

wzrastała w ujęciu relatywnym (iloraz)i/lub w ujęciu absolutnym (różnica). Następnie, zidentyfikowano słowa kluczowe opisujące wybrane technologie, które posłużyły do wyszukania publikacji naukowych związanych z poszczególnymi technologiami w bazach WoS i MAG.

Na drugim etapie obliczono lukę technologiczną na poziomie: (1) poszczególnych technologii oraz (2) całego krajowego portfolio technologicznego. Na poziomie poszczególnych technologii opracowano następujące wskaźniki: udział danego kraju w globalnej liczbie publikacji lub zgłoszeń patentowych oraz współczynnik specjalizacji. Na poziomie całego portfolio obliczono odległość cosinusową (podobieństwo cosinusowe) oraz współczynnik podobieństwa dla każdej z par: Polska-Świat, Polska-Unia Europejska, Polska-Chiny, Polska-Czechy, Polska-Niemcy, Polska-Szwecja, Polska-USA, Polska-Węgry, Polska-Wielka Brytania. Na podstawie opracowanych wskaźników oceniono, na ile działalność polskich podmiotów wpisuje się w światowe trendy i jaką pozycję zajmuje Polska pod względem osiągnięć w poszczególnych obszarach technologicznych na tle pozostałych państw.

Na trzecim etapie przyporządkowano wytypowane technologie do krajowych inteligentnych specjalizacji, wskazując tym samym stopień zgodności między dynamicznie rozwijającymi się obszarami technologicznymi na świecie a krajowymi priorytetami o wysokim potencjale aplikacyjnym i biznesowym.

Na czwartym etapie wytypowano wiodące jednostki naukowe oraz wiodących naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych. W przypadku jednostek naukowych wykorzystano wskaźniki odnoszące się do takich wymiarów jak: potencjał kadrowy, potencjał publikacyjny, aktywność projektowa oraz aktywność patentowa. Natomiast wiodących naukowców wskazano na podstawie miar dotyczących liczby i wpływu ich publikacji.

3 Koncepcja metodologiczna

Niniejsza cześć raportu zawiera syntetyczny opis koncepcji metodologicznej wraz z opisem sposobu realizacji analizy. Schemat 1 przedstawia kolejne etapy realizacji zamówienia. Poniżej opisano kolejno metody:

- wskazania technologii i obszarów technologicznych oraz wyboru słów kluczowych (podrozdział **3.1**);
- obliczenia luki technologicznej w odniesieniu do liderów światowych (podrozdział **0**);
- identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (podrozdział **0**);
- przyporządkowania wyłonionych obszarów technologicznych do krajowych inteligentnych specjalizacji (podrozdział **3.4**).

3.1 Metoda wskazywania obszarów technologicznych

Punktem wyjścia dla niniejszego badania było zidentyfikowanie technologii, które w ostatnich latach rozwijały się w ponadprzeciętny sposób w skali globalnej. Wyboru takich technologii dokonano na podstawie danych patentowych[1]. Wykorzystanie danych patentowych jest motywowane przede wszystkim tym, że patenty wskazują na możliwe praktyczne wykorzystanie wiedzy w danych zakresie, są „bliżej" rynku niż publikacje naukowe. Podstawą analiz była baza PATSTAT dedykowana do analiz statystycznych aktywności patentowej w skali światowej (wykorzystano wersję: PATSTAT Global 2021 – single edition, Spring). Na podstawie analizy danych empirycznych ustalono, że odpowiednim poziomem identyfikacji technologii będą podklasy Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (*International Patent Classification* – IPC, tzw. czteroznakowy kod IPC, w skrócie „ipc4"). Ten poziom jest kompromisem między szczegółowością danych a potrzebą operowania na odpowiednio licznych zbiorach obserwacji. Zmianę liczby patentów analizowano dla okresu 2010–2018 (dane dla 2019 roku nie były pełne w momencie przeprowadzania analizy)[2].

W wyborze technologii uwzględniono zarówno relatywny przyrost liczby zgłoszeń patentowych (iloraz: 2018/2010), jak i przyrost wyrażony w liczbach absolutnych (różnica: 2018–2010). Takie podejście pozwala zminimalizować problem niskiej/wysokiej bazy (*base rate bias*) – tj. niektóre technologie notują duże wzrosty procentowe, ponieważ mają bardzo mały punkt odniesienia (początkową liczbę zgłoszeń). Z drugiej strony istotne technologie z bardzo licznymi zgłoszeniami w całym okresie, mimo bardzo dużego przyrostu liczby zgłoszeń, w ujęciu procentowym mają mniej spektakularne wzrosty. Połączenie miar absolutnych i relatywnych pozwala uwzględnić w analizie zarówno technologie, w których liczba zgłoszeń patentowych przyrasta zarazem w ujęciu absolutnym, jak i relatywnym, oraz technologie, które notują ponadprzeciętny przyrost w jednej z tych miar. Jest to zobrazowane na wykresach 3.1.1 a i b zamieszczonych niżej (na pierwszym znajdują się wszystkie obserwacje, na drugim oś horyzontalna jest ograniczona – dla zachowania czytelności – do 10). Krzywą, powyżej której znajdują się technologie o ponadprzeciętnym wzroście wyznaczono w następujący sposób. Punkt przecięcia z osią horyzontalną wyznaczano w miejscu średniej (liczonej dla podklas patentowych

[1] Dernis H., Squicciarini M., de Pinho R. (2016). Detecting the emergence of technologies and the evolution and co-development trajectories in science (DETECTS): a 'burst'analysis-based approach. *The Journal of Technology Transfer,* 41(5), 2016, 930–960.

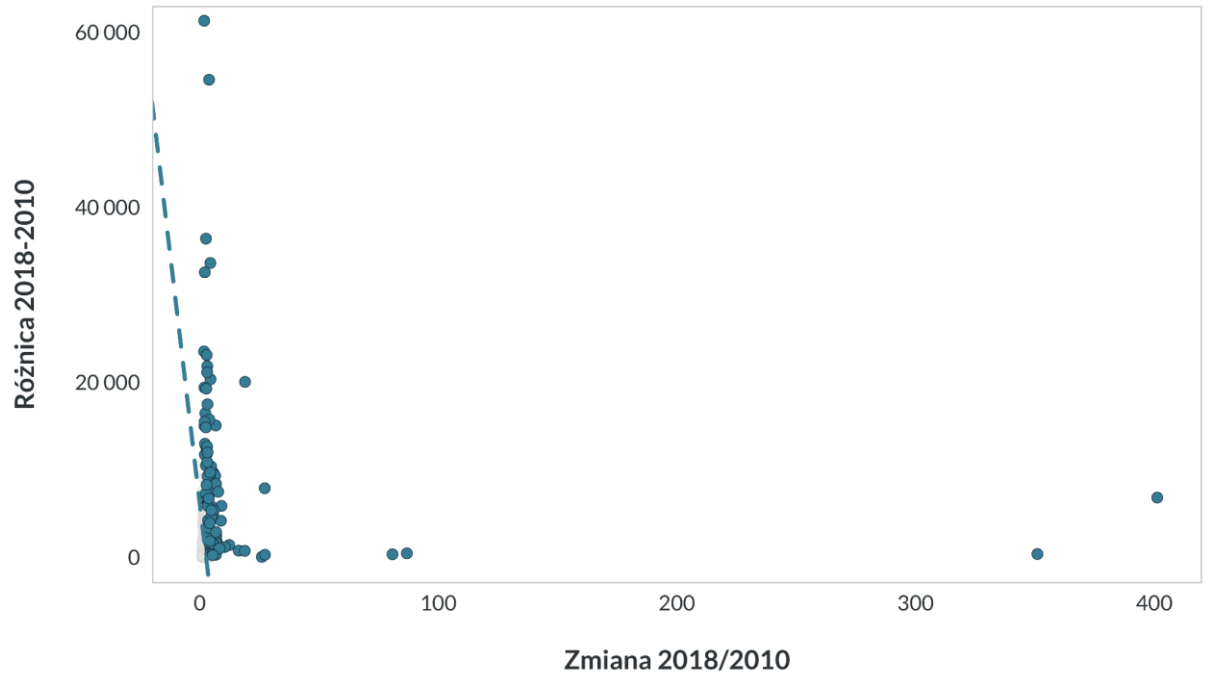
[2] Należy zaznaczyć, że zawężenie dotyczy jedynie etapu identyfikacji technologii, w pozostałych analizach wykorzystane zostały dane z okresu 2010–2019.

z dodatnią zmianą). Następnie nachylenie krzywej jest dobrane tak, aby liczba technologii nad krzywą była równa 100. W ten sposób wytypowano 100 technologii – zgrupowanych w 14 obszarów technologicznych – będących podstawą dla dalszych analiz.

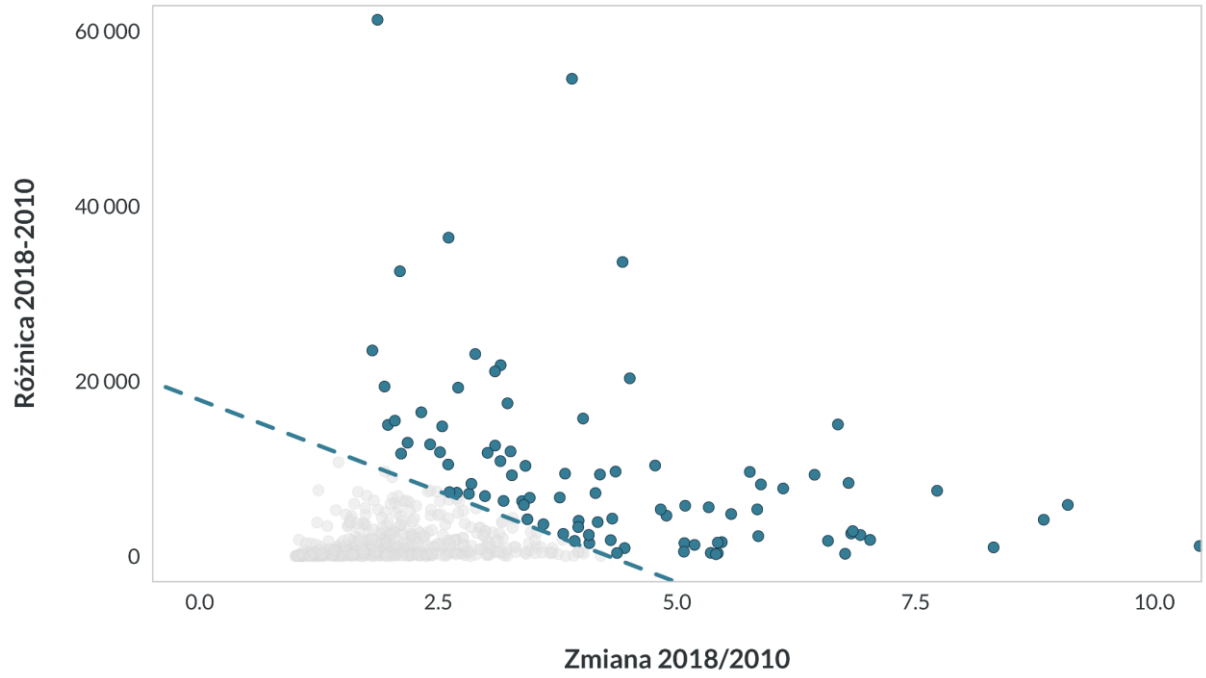
Należy zaznaczyć, że wykorzystywane w tym raporcie definicje obszarów technologicznych są specyficzne, tzn. obejmują jedynie przypisane do nich technologie (a te są z kolei definiowane poprzez podklasy Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej).

Wykres 3.1.1 *Ilustracja sposobu wyboru technologii*

a.



b.



Punkty reprezentujące wybrane technologie są oznaczone kolorem niebieskim.

Źródło: Opracowanie własne.

3.2 Metoda określania luki technologicznej w odniesieniu do liderów światowych

Lukę technologiczną – pozycję Polski w wybranych technologiach na tle światowym – przedstawiono na podstawie liczby zgłoszeń patentowych oraz liczby publikacji naukowych[3]. Dane publikacyjne opracowano na podstawie dwóch źródeł: Microsoft Academic Graph (MAG) (wersja bazy danych z lipca 2021) oraz Web of Science (WoS) (wersja bazy danych z maja 2021). Uwzględnienie w analizie danych publikacyjnych wymagało stworzenia list słów kluczowych identyfikujących każdą z wybranych do analizy podklas patentowych, którą można było wykorzystać do wyszukania publikacji naukowych zbieżnych tematycznie z daną podklasą. W toku analiz okazało się, że nie dla wszystkich podklas możliwe jest wyznaczenie słów kluczowych pozwalających poprawnie przypisać właściwe publikacje. Dodatkowo, dla kilku podklas zestawy słów kluczowych były bardzo podobne lub tożsame. W efekcie, słowa kluczowe przypisano do 82 technologii (ze 100), z czego dziewięć pogrupowano (A23L i A23P; A61K i A61P; B64C, B64D i B64F; G05D i G05B), co daje w sumie 77 jednostek analitycznych. W związku z powyższym, na kolejnych etapach analizy przeprowadzane są dla:

- 100 technologii (podklas IPC) w częściach dotyczących aktywności patentowej;
- 82 technologii, w tym dziewięciu technologii zagregowanych w czterech grupach (w sumie 77 jednostek), w częściach odnoszących się do aktywności publikacyjnej, wymagających skorzystania z jednoznacznych słów kluczowych;
- ponadto, do stworzenia tabeli konwersyjnej, umożliwiającej przejście między technologiami oraz krajowymi inteligentnymi specjalizacjami, wykorzystano wszystkie 100 technologii, ale uwzględniając grupowanie dziewięciu wyżej wymienionych technologii. W efekcie krajowe inteligentne specjalizacje przypisano do 95 jednostek analitycznych.

Na podstawie zgromadzonych danych – zgłoszeń patentowych oraz publikacji zidentyfikowanych w bazach WOS i MAG – opracowano wskaźniki pokazujące pozycję Polski w poszczególnych technologiach na tle międzynarodowym, w porównaniu z wybranymi krajami (Chiny, Czechy, Niemcy, Stany Zjednoczone Ameryki, Szwecja, Węgry, Wielka Brytania) oraz w porównaniu z Unią Europejską (według członkostwa w 2021, tj. bez Wielkiej Brytanii). W tej części analizy wykorzystano następujące wskaźniki:

- liczba zgłoszeń patentowych lub publikacji naukowych z co najmniej jednym autorem lub wynalazcą lub uprawnionym (w tym osoby prawne) mającym adres w Polsce.
- udział zgłoszeń patentowych lub publikacji naukowych z danego kraju w ogólnej liczbie zgłoszeń lub publikacji w danej technologii (%).
- współczynnik specjalizacji – miara pokazująca relatywne znaczenie danej technologii w portfolio technologicznym danego kraju. Inna nazwa to współczynnik lokalizacji (*location quotient* – LQ). Współczynnik LQ jest miarą pokazującą relatywną pozycję (specjalizację) danej jednostki terytorialnej w danym kraju, kraju w świecie, itp. Do obliczania LQ zazwyczaj wykorzystuje się dane o liczbie podmiotów lub o liczbie pracowników. W przypadku danych o zatrudnieniu wskaźnik konstruuje się następująco: LQ=(Eir/Er)/(Ein/En). Gdzie: Eir –

[3] Aharonson B. S., Schilling M. A. (2016). Mapping the technological landscape: Measuring technology distance, technological footprints, and technology evolution. *Research Policy,* 45(1), 81–96; Simon H., Sick N. (2016). Technological distance measures: new perspectives on nearby and far away. *Scientometrics,* 107(3), 1299–1320.

zatrudnienie w przemyśle (można również wykorzystać inne wskaźniki np. wartość dodaną, liczbę firm albo jak w naszym przypadku daną liczbę zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych) i w regionie r, Er – całkowite zatrudnienie w regionie r, Ein – krajowe zatrudnienie w przemyśle i, En – całkowite zatrudnienie w kraju. LQ = 1 oznacza, że dany rodzaj działalności w analizowanym regionie jest na średnim krajowym poziomie. LQ>1 oznacza, że podregion cechuje się relatywnie większą aktywnością pod względem badanej cechy, a więc specjalizacją regionalną. Zazwyczaj za poziom wskaźnika świadczący o wyraźniej specjalizacji przyjmuje się LQ>1,5 lub nieco mniej restrykcyjną wartość LQ>1,2. Im wyższa wartość LQ tym silniejsza specjalizacja[4].

- Odległość kosinusową (podobieństwo cosinusowe) – jest to miara pokazująca strukturalną różnicę (podobieństwo) między dwoma wektorami (w naszym przypadku liczbą zgłoszeń patentowych lub publikacji w Polsce oraz porównywanym kraju lub grupie krajów). Wskaźnik obliczono według wzoru:

$$\frac{\sum x_i * y_i}{\sqrt{\sum x_i^2}\sqrt{\sum y_i^2}},$$

gdzie x oraz y to wektory technologii (liczba zgłoszeń patentowych lub publikacji naukowych) w krajach (lub grupach krajów) x i y. Wskaźnik przyjmuje wartości od -1 do 1; -1 oznacza zupełną odwrotność wektorów, 1 – zupełne podobieństwo, a 0 oznacza ortogonalność. W naszym przypadku im wartość wskaźnika bliższa 1 tym mniejsza strukturalna różnica w portfolio technologicznym (tym mniejsza luka technologiczna).

- Współczynnik podobieństwa – jest to miara pokazująca podobieństwo/różnicę między wektorami, ale w odróżnieniu od odległości kosinusowej wartość współczynnika zależy nie tylko od struktury wektora, lecz także od wielkości poszczególnych zmiennych (w naszym przypadku od liczby zgłoszeń patentowych lub publikacji). Wskaźnik obliczono według wzoru:

$$\frac{\sum xy}{\sum x^2 + \sum y^2 - \sum xy},$$

gdzie x oraz y to wektory technologii (liczba zgłoszeń patentowych lub publikacji naukowych) w krajach (lub grupach krajów) x i y. Wskaźnik przyjmuje wartości od 0 do 1, 0 oznacza zupełny brak podobieństwa, a 1 oznacza zupełne podobieństwo. W naszym przypadku im wartość wskaźnika bliższa 1 tym mniejsza strukturalna różnica w portfolio technologicznym (tym mniejsza luka technologiczna).

3.3 Metoda identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych

Identyfikacja wiodących jednostek naukowych i naukowców w wyróżnionych obszarach technologicznych nastąpiła w trzech krokach:

1) określenie dorobku naukowego jednostek naukowych i naukowców w wytypowanych obszarach technologicznych,
2) obliczenie miar składowych potencjału jednostek naukowych i naukowców, a następnie skonstruowanie wskaźnika syntetycznego,

[4] por.: Capello, R. (2015). Regional economics. Abingdon & New York: Routledge.

3) opisanie wiodących jednostek naukowych i naukowców w wytypowanych obszarach technologicznych.

(1) Określenie dorobku i osiągnięć jednostek naukowych i naukowców w wytypowanych obszarach technologicznych

W ramach pierwszego etapu przeanalizowano (a) bazy administrowane przez OPI PIB (baza Nauka Polska oraz PBN), (b) bazy międzynarodowe (WoS i PATSTAT) oraz (c) dane o aktywności projektowej jednostek naukowych, dostarczone przez Zamawiającego. Analizie poddano również Bazę aparatury badawczej, prowadzoną przez OPI PIB.

Bazy administrowane przez OPI PIB: baza Nauka Polska oraz Polska Bibliografia Naukowa (PBN)

Do oceny potencjału kadrowego wykorzystano dane z bazy Nauka Polska o liczbie prac doktorskich i habilitacyjnych z lat 1999–2019, które w tytułach, słowach kluczowych i abstraktach zawierały terminy identyfikujące daną pracę z obszarem technologicznym. Do określonej pracy (doktorskiej lub habilitacyjnej) przypisywano instytucję nadającą na jej podstawie stopień naukowy.

Dane zgromadzone w systemie PBN wykorzystano zarówno do oceny potencjału publikacyjnego jednostek naukowych jak i potencjału kadrowego w zakresie identyfikacji osób zatrudnionych w poszczególnych instytucjach w 2019 roku, które opublikowały przynajmniej jedną pracę naukową z danego obszaru technologicznego w latach 2013–2019.

W celu określenia dorobku publikacyjnego jednostek naukowych do analizy włączono jedynie artykuły i materiały pokonferencyjne opublikowane w latach 2013–2019, które w tytule, słowach kluczowych lub abstrakcie zawierały terminy związane z określonym obszarem technologicznym. Ewaluację dorobku publikacyjnego jednostki naukowej przeprowadzano na podstawie miejsca zatrudnienia naukowca na rok publikacji jego pracy naukowej. Taki sposób przypisania publikacji do jednostek naukowych różni się od podejścia bazującego na afiliacji dostępnej w bazie Web of Science (tj. afiliacja nie musi być miejscem zatrudnienia, autor może być zatrudniony w wielu jednostkach naukowych). Ilekroć jest odniesienie do dorobku publikacyjnego instytucji obliczonego na podstawie systemu PBN, mamy na myśli sumaryczną liczbę prac naukowców zatrudnionych przez tę instytucję na rok publikacji pracy naukowej. Przy obliczaniu dorobku publikacyjnego jednostek naukowych zastosowano zliczanie całkowite – każdej instytucji przypisano pełną publikację, jeśli naukowiec został przez nią zatrudniony na rok publikacji pracy. Jeśli publikacja została popełniona przez wielu autorów z tego samej instytucji została zliczana w dorobku publikacyjnym tej instytucji wyłącznie raz.

Dane z systemów PBN oraz bazy Nauka Polska zostały pobrane 1 października 2021. Nazwy instytucji zatrudniające autorów danych publikacji/rozpraw są oficjalnymi nazwami instytucji zarejestrowanymi w systemie POL-on według stanu na datę pobrania danych z systemów. W przypadku niektórych jednostek naukowych ich nazwy zostały zaktualizowane na podstawie analizy wpisów do Krajowego Rejestru Sądowego oraz uchwał Rady Centrum Łukasiewicz. Jeśli pomiędzy rokiem publikacji a momentem pobrania danych jednostka zmieniła nazwę lub została włączona w struktury innych instytucji, zostało to uwzględnione poprzez zaktualizowanie jej nazwy. W zestawieniach nie uwzględniono instytucji, które na moment pobrania danych zostały zlikwidowane lub postawione w stan likwidacji.

Bazy międzynarodowe: Web of Sciences i PATSTAT

Dane zgromadzone w bazie WoS wykorzystano do **oceny potencjału publikacyjnego** na podstawie **wielkości dorobku publikacyjnego** jednostek naukowych oraz **wpływu publikacji,** mierzonego za pomocą wskaźników cytowalności prac naukowych. Dane w bazie WoS wykorzystano także do wyznaczenia dorobku publikacyjnego wiodących naukowców oraz wpływu ich publikacji. Instytucja przypisana do publikacji w WoS stanowiła **miejsce afiliacji podanej przez** autora tej pracy.

Dane zgromadzone w bazie PATSTAT, agregującej dane m.in. z UPRP, wykorzystano do oceny aktywności patentowej jednostek naukowych. Opracowanie wskaźników patentowych na poziomie jednostek naukowych oraz naukowców wymagało powiązania danych w bazie PATSTAT z bazą danych o osobach zatrudnionych w polskich jednostkach naukowych (z systemu POL-on). Powiązania dokonano na podstawie imion, nazwisk oraz nazw instytucji (afiliacji). Należy zaznaczyć, że imiona, nazwiska oraz nazwy instytucji w bazie PATSTAT nie są w pełni ujednolicone, a zakres wykorzystania unikalnych identyfikatorów osób i organizacji jest ograniczony. Wobec tego konieczne było pracochłonne ujednolicanie i weryfikowanie poprawności danych.

Podobną procedurę zastosowano w odniesieniu do danych publikacyjnych. Na poziomie jednostek oraz naukowców ograniczono się do opracowania danych pochodzących z Web of Science, gdyż wykorzystanie Microsoft Academic Graph okazało się niecelowe – z powodu braku rozróżnienia w tej bazie instytutów Polskiej Akademii Nauk (wszystkie są przypisane do jednej afiliacji). Tak jak w przypadku danych patentowych, także w odniesieniu do danych publikacyjnych konieczne było pracochłonne ujednolicanie i weryfikowanie poprawności danych.

Materiał empiryczny dotyczący aktywności projektowej w ramach funduszy unijnych, krajowych oraz międzynarodowych

Analizę aktywności projektowej wykonano na podstawie materiału empirycznego dostarczonego przez Zamawiającego. Ze względu na zakres udostępnionego materiału analizę przeprowadzono jedynie dla jednostek naukowych. W tabeli 3.3.1 zestawiono konkursy, które Wykonawca uwzględnił w ramach analizy aktywności projektowej.

Tabela 3.3.1. *Zakres materiału empirycznego dotyczącego aktywności projektowej*

Źródło finansowania	Program	Instytucja wdrażająca
FUNDUSZE EUROPEJSKIE	Horyzont 2020	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju Dział Krajowego Punktu Kontaktowego
	POIR 1.1.1 Szybka ścieżka POIR 1.2 Sektorowe programy B+R POIR 4.1.1. Strategiczne programy badawcze dla gospodarki POIR 4.1.2. Regionalne agendy naukowo-badawcze POIR 4.1.4. Projekty aplikacyjne	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
	POIR 2.2 Otwarte innowacje – wspieranie transferu technologii*	Agencja Rozwoju Przemysłu
	POIR 2.3.2 Bony na innowacje dla MŚP*	Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości
	POIR 4.2 Rozwój nowoczesnej infrastruktury badawczej sektora nauki**	Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy
	POIR 4.3 Międzynarodowe agendy badawcze*	Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej

Źródło finansowania	Program	Instytucja wdrażająca
	POIR 4.4 Zwiększanie potencjału kadrowego sektora B+R*	
PROGRAMY MIĘDZYNARODOWE – III EDYCJA FUNDUSZY NORWESKICH i EOG	POLNOR POLNOR CCS	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
	IDEA LAB	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
FUNDUSZE KRAJOWE	Programy strategiczne: TECHMATSTRATEG, BIOSTRATEG, STRATEGMED	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
	Programy krajowe: Ścieżka dla Mazowsza, Tango	

** Program nieuwzględniony w dalszych analizach z uwagi na brak lub incydentalne wyniki przeszukiwania dostarczonego materiału pod kątem projektów dotyczących wyodrębnionych w badaniu obszarów technologicznych.*

*** Wyniki przeszukiwania materiału dotyczącego niniejszego programu omówiono w podrozdziale 5.14 dotyczącym infrastruktury.*

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, KPK, FNP oraz OPI PIB.

Do analizy włączono wszystkie **projekty z lat 2014–2021,** jeśli udostępnione tytuły, słowa kluczowe lub abstrakty zawierały przynajmniej jedno ze słów kluczowych, przyporządkowanych do danej technologii.

Aktywność projektową w poszczególnych obszarach przeanalizowano w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w innych programach ujętych w tabeli 6.3.1. W ramach analizy, szczególnie istotne wymiary stanowiły:
    a. **współpraca jednostek z instytucjami spoza systemu POL-on, w tym z przedsiębiorstwami**, w ramach konkursów: POIR (Poddziałanie 1.1.1 Szybka ścieżka, 1.2 Sektorowe programy B+R, 4.1.1 Strategiczne programy badawcze dla gospodarki, 4.1.2 Regionalne agendy naukowo-badawcze, 4.1.4 Projekty aplikacyjne), POLNOR oraz POLNOR CCS, Biostrateg, Strategmed, Techmatstrateg oraz Ścieżka dla Mazowsza.
    b. **stopień gotowości technologicznej rozwiązań opracowanych w ramach projektów** w następujących konkursach: POIR 1.1.1 Szybka ścieżka, POIR 1.2 Sektorowe programy B+R, POIR 4.1.1 Strategiczne programy badawcze dla gospodarki, POIR 4.1.2 Regionalne agendy naukowo-badawcze oraz POIR 4.1.4 Projekty aplikacyjne (nabory do 2018 lub – jak w przypadku Działania 1.2 – wybrane nabory z 2019 roku).

Baza aparatury badawczej

W analizie uwzględniono dostępność w jednostkach naukowych kosztownej aparatury strategicznej. Zastosowaną miarą była liczba aparatury strategicznej, o wartości zakupu przekraczającej 500 000 zł, posiadanej przez daną jednostkę naukową. Zagadnienie infrastruktury badawczej potraktowano łącznie dla wszystkich obszarów z uwagi na brak możliwości dopasowania aparatury do poszczególnych obszarów technologicznych.

(2) Obliczenie miar składowych i wskaźnika syntetycznego

Na podstawie rezultatów przeszukania baz administrowanych przez OPI PIB, WoS i PATSTAT oraz materiału empirycznego dotyczącego aktywności projektowej, przygotowano zestawienie wskaźników[5] na poziomie jednostek naukowych (por. tabela 3.3.2) oraz indywidualnych naukowców (por. tabela 3.3.3) w 13 obszarach technologicznych[6]. W przypadku jednostek naukowych, wskaźniki odzwierciedlały cztery wymiary potencjału naukowego: potencjał kadrowy, potencjał publikacyjny, aktywność patentową oraz aktywność projektową. W przypadku naukowców, wykorzystano miary obrazujące ich dorobek publikacyjny i wpływ prac mierzony wskaźnikami cytowalności.

Następnie, zarówno w przypadku jednostek naukowych, jak i naukowców, przystąpiono do konstrukcji wskaźnika syntetycznego. Po obliczeniu pełnego zestawu zdefiniowanych wyżej wskaźników, wartości każdego z nich zostały poddane normalizacji w przedziale 0–100[7]. Zrezygnowano z włączania do wskaźnika syntetycznego dwóch miar potencjału publikacyjnego: wskaźnika pokazującego lidera oraz wskaźnika konkurencyjności instytucji w danym obszarze. Za taką decyzją przemawiała bardzo wysoka wartość współczynnika korelacji między wyżej wspomnianymi wskaźnikami a pozostałymi miarami. Do rankingu wiodących naukowców w obszarze wliczono tylko te osoby, które w 2021 roku były w wieku produkcyjnym oraz w latach 2013–2019 afiliowały publikacje do polskich instytucji. W kolejnym kroku znormalizowane wartości wszystkich wskaźników zsumowano i ponownie przekształcono w taki sposób, by przyjmowały wartości z zakresu 0–100. W efekcie stworzono ujednolicone rankingi jednostek naukowych i naukowców w 13 obszarach technologicznych. Dla przejrzystości wyników wartości wskaźników zostały zaokrąglone do liczb całkowitych.

(3) Opis jednostek naukowych i naukowców w obszarze technologicznym

W ostatnim kroku scharakteryzowano wytypowane w rankingu wiodące jednostki naukowe oraz wiodących naukowców w 13 obszarach technologicznych. W opisie jednostek naukowych wykorzystano miary służące do obliczenia wskaźnika syntetycznego oraz informacje dodatkowe, takie jak dane o aktywności projektowej, w tym o współpracy z przedsiębiorstwami i stopniu gotowości technologicznej (TRL) rozwiązań tworzonych w ramach projektów; natomiast w opisie naukowców – dotyczące działalności patentowej.

[5] Przy wyborze wskaźników wykorzystano metody opisane w literaturze przedmiotu, m.in. Klincewicz K., Żemigała M., Mijal M. (2012). *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi.* Warszawa: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

[6] Ze względu na niejednorodny skład obszaru „Inne", zrezygnowano z wyznaczenia wiodących jednostek naukowych i naukowców w tym obszarze.

[7] Normalizacja polegała na przekształceniu każdej wartości tak, że jednostce naukowej/naukowcowi z największą wartością wskaźnika przypisywano wartość 100, a każdemu kolejnemu – wartość proporcjonalną do wartości lidera w tym wskaźniku.

Tabela 3.3.2. *Miary wykorzystane do obliczenia wskaźnika syntetycznego dla wiodących jednostek naukowych*

	Nazwa wskaźnika	Źródło danych	Okres	Definicja wskaźnika
Potencjał kadrowy	Liczba nadanych stopni naukowych	Nauka Polska	1999–2019	suma nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w danym obszarze technologicznym
	Liczba zatrudnionych ze stopniem doktora i doktora habilitowanego	Nauka Polska	2019	liczba zatrudnionych osób w 2019 roku ze stopniem doktora lub doktora habilitowanego uzyskanym w danym obszarze technologicznym (w EPC)
	Udział zatrudnionych w określonym obszarze w danej jednostce wśród wszystkich pracowników tej jednostki[8]	PBN	2019	udział pracowników naukowych z danego obszaru technologicznego (tj. takich, którzy opublikowali prace naukowe w danym obszarze technologicznym w latach 2013–2019) zatrudnionych w danej jednostce naukowej w 2019 roku wśród wszystkich pracowników naukowych tej jednostki naukowej
	Udział zatrudnionych w określonym obszarze w danej jednostce wśród wszystkich pracowników w tym obszarze w Polsce	PBN	2019	udział pracowników naukowych z danego obszaru technologicznego (tj. takich, którzy opublikowali prace naukowe w danym obszarze technologicznym w latach 2013–2019), zatrudnionych w danej jednostce naukowej w 2019 roku, wśród wszystkich pracowników naukowych z tego obszaru technologicznego w Polsce (tj. takich, którzy opublikowali prace naukowe w danym obszarze technologicznym w latach 2013–2019)
Potencjał publikacyjny	Sumaryczna liczba publikacji	PBN	2013–2019	sumaryczna liczba publikacji w danym obszarze technologicznym, których autorami byli naukowcy zatrudnieni w określonej jednostce naukowej – zliczanie całkowite
	Sumaryczna liczba publikacji[9]	WoS	2010–2019	sumaryczna liczba publikacji w danym obszarze technologicznym, których autorami byli naukowcy afiliujący do określonej jednostki naukowej – zliczanie całkowite
	Liczba publikacji na autora	PBN	2013–2019	stosunek liczby publikacji naukowych w danym obszarze technologicznym, których autorami byli naukowcy z określonej jednostki naukowej, do liczebności pracowników naukowych tej jednostki, którzy opublikowali co najmniej jedną pracę naukową w tym obszarze
	Specjalizacja	PBN		udział publikacji naukowych w danym obszarze technologicznym, których autorami byli naukowcy z danej jednostki naukowej wśród wszystkich publikacji naukowych, których współautorami byli pracownicy tej jednostki naukowej

[8] Dodatkowo w ramach opisu wiodących jednostek naukowych prezentujemy na wykresie liczbę pracowników naukowych (w EPC) z danego obszaru technologicznego (tj. takich, którzy opublikowali prace naukowe w danym obszarze technologicznym w latach 2013–2019), zatrudnionych w tych jednostkach w 2019 roku na podstawie danych PBN.

[9] Wskaźnik wykorzystany jako składowa wskaźnika syntetycznego w obszarze technologii chemicznych w związku ze zdecydowanie wyższymi wynikami osiągniętymi na podstawie przeszukiwania bazy WoS w porównaniu z analogicznym wskaźnikiem obliczonym na podstawie bazy PBN. W przypadku pozostałych obszarów sumaryczna liczba publikacji na podstawie WoS jest prezentowana na wykresach w powiązaniu z danymi dotyczącymi liczby i wskaźnika cytowań.

	Sumaryczna liczba cytowań	WoS	2010–2019	sumaryczna liczba cytowań publikacji w danym obszarze technologicznym, których autorami byli naukowcy afiliujący do określonej jednostce naukowej
	MNCS – znormalizowany wskaźnik wypływu	WoS		wskaźnik poziomu cytowań publikacji autorów afiliujących do określonej jednostki naukowej, w danym obszarze technologicznym, znormalizowany względem obszaru technologicznego i rocznika publikacji
Potencjał patentowy	Liczba zgłoszeń patentowych	PATSTAT	2010–2019	liczba zgłoszeń patentowych instytucji w danym obszarze technologicznym
Potencjał projektowy	Liczba projektów Horyzont 2020 (koordynacji i uczestnictw)	Materiał empiryczny – Krajowy Punkt Kontaktowy	2014–2021	liczba koordynowanych projektów oraz uczestnictw w projektach Horyzont 2020 w danym obszarze technologicznym

Źródło: Opracowanie własne OPI PIB.

***Tabela 3.3.3.** Miary wykorzystane do obliczenia wskaźnika syntetycznego dla wiodących naukowców*

Nazwa wskaźnika	Źródło danych	Okres	Definicja wskaźnika
Sumaryczna liczba publikacji	WoS	2010–2019	sumaryczna liczba publikacji określonego naukowca w danym obszarze technologicznym – zliczanie całkowite
Sumaryczna liczba cytowań			sumaryczna liczba cytowań publikacji określonego naukowca w danym obszarze technologicznym
MNCS – znormalizowany wskaźnik wypływu			wskaźnik poziomu cytowań publikacji danego naukowca w określonym obszarze technologicznym, znormalizowany względem obszaru technologicznego i rocznika publikacji
Indeks Hirscha			indeks Hirscha wynosi H, jeśli H publikacji danego autora w określonym obszarze technologicznym było cytowanych minimum H razy

Uwaga: Wartości wskaźników, prezentowane w dalszej części raportu, dotyczą osiągnieć publikacyjnych poszczególnych naukowców tylko w określonych obszarach technologicznych i nie są tożsame z wartościami analogicznych wskaźników obliczonych dla tych osób na podstawie całokształtu ich osiągnięć naukowych.

Źródło: Opracowanie własne OPI PIB.

3.4 Metoda przypisywania wyłonionych technologii do krajowych inteligentnych specjalizacji

Technologie określone na wcześniejszych etapach badania zostały przyporządkowane do KIS według listy obowiązującej na 1.01.2021 roku. Ich przypisanie nastąpiło w dwóch krokach. Krok pierwszy polegał na wstępnym przyporządkowaniu wyłonionych technologii do wiązek technologicznych ujętych w krajowych inteligentnych specjalizacjach przez członków zespołu badawczego na podstawie szczegółowego opisu poszczególnych KIS. W kolejnym kroku wstępne przyporządkowanie technologii do KIS zostało zweryfikowane przez ekspertów z Grup Roboczych ds. KIS. Każdy z ekspertów został poproszony o wykonanie następującego zakresu prac w ramach krajowej inteligentnej specjalizacji, którą reprezentuje:

- weryfikacja poprawności przyporządkowania poszczególnych technologii do określonej krajowej inteligentnej specjalizacji;
- przegląd technologii, które przyporządkowano do pozostałych krajowych inteligentnych specjalizacji w celu wyszukania technologii, które powinny zostać przyporządkowane również do KIS-u reprezentowanego przez eksperta;
- przegląd technologii, które nie zostały przypisane do żadnej z krajowych inteligentnych specjalizacji w celu wyszukania technologii, które powinny zostać przyporządkowane do KIS-u reprezentowanego przez eksperta.

Efektem pracy każdego z ekspertów był zweryfikowany zestaw technologii przyporządkowanych do krajowej inteligentnej specjalizacji, którą określony ekspert reprezentował. Po scaleniu wyników pracy ekspertów otrzymano tablicę konwersyjną zawierającą 95 technologii przyporządkowanych do 13 krajowych inteligentnych specjalizacji na poziomie obszarów KIS i podrozdziałów podobszarów. Rezultaty wykonanych prac omówiono w Rozdziale 9 *Przyporządkowanie technologii do KIS* w dwóch ujęciach: po pierwsze, pod kątem krajowych inteligentnych specjalizacji z najmniejszą i największą liczbą przypisanych technologii i obszarów technologicznych; po drugie, pod kątem technologii oraz obszarów technologicznych przypisanych do największej i najmniejszej liczby KIS.

4 Wybór technologii i określenie luki technologicznej

Na podstawie procedury opisanej w części 3.1 wybrano 100 technologii przypisanych do 14 obszarów technologicznych. Ich listę przedstawia tabela 4.1 (dodatkowo, w załączniku 1 zamieszczono tabelę z uszczegółowionym opisem zakresu danej technologii). Lista zawiera technologie – definiowane przez podklasy Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej – dla których w okresie 2010–2018 odnotowano największy przyrost zgłoszeń patentowych w skali światowej.

Tabela 4.1. *Wybrane technologie i obszary technologiczne*

Obszar technologiczny	Technologia – kod	Technologia – nazwa (podklasy Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej)
Nanotechnologia	B82Y	Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur
Technologie chemiczne	B01D	Oddzielanie
	B01F	Mieszanie, np. rozpuszczanie, emulgowanie, dyspergowanie
	B01J	Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu
	B01L	Laboratoryjne aparaty chemiczne lub fizyczne do ogólnego stosowania
	B08B	Czyszczenie ogólnie; zabezpieczanie przed zabrudzeniem, ogólnie
	C05G	Mieszaniny nawozów należących do różnych podklas klasy c05; mieszaniny jednego lub kilku nawozów z dodatkami niemającymi zdolności użyźniających; nawozy znamienne postacią
	C08K	Zastosowanie substancji nieorganicznych lub substancji organicznych innych niż wielkocząsteczkowe jako składników mieszaniny
	C08L	Mieszaniny związków wielkocząsteczkowych
	C09D	Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu
	D06B	Obróbka materiałów włókienniczych z zastosowaniem cieczy, gazów lub pary
	D06C	Wykańczanie, uszlachetnianie, rozciąganie na szerokość lub wyciąganie wyrobów włókienniczych
	F26B	Suszenie stałych materiałów lub przedmiotów przez usuwanie z nich cieczy
Technologie energetyczne	F24T	Kolektory geotermalne; systemy geotermalne
	H01M	Sposoby lub środki, np. baterie, do bezpośredniego przetwarzania energii chemicznej w energię elektryczną
	H02B	Rozdzielnice, stacje lub aparatura łączeniowa do zasilania lub rozdziału energii elektrycznej
	H02J	Obwody lub systemy zasilania lub rozdziału mocy elektrycznej; systemy do magazynowania energii elektrycznej
	H02S	Wytwarzanie energii elektrycznej poprzez przetwarzanie promieniowania podczerwonego, promieniowania widzialnego lub światła ultrafioletowego, np. z zastosowaniem modułów fotowoltaicznych
Technologie informacyjne i komunikacyjne	G06F	Elektryczne przetwarzanie danych cyfrowych
	G06K	Rozpoznawanie danych; przedstawianie danych; nośniki zapisu; obsługa nośników zapisu
	G06N	Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych
	G06Q	Systemy lub metody przetwarzania danych i specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania; systemy lub metody specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania, nie ujęte gdzie indziej
	G06T	Przetwarzanie lub generowanie danych obrazowych, ogólnie

	G10L	Analiza lub synteza mowy; rozpoznawanie mowy; przetwarzanie mowy lub głosu; kodowanie lub dekodowanie mowy lub dźwięku
	G16B	Bioinformatyka, tzn. technologie informacyjno-komunikacyjne [ict] specjalnie przystosowane do przetwarzania danych genetycznych lub dotyczących białek w komputacyjnej biologii molekularnej
	G16C	Chemia obliczeniowa; chemioinformatyka; obliczeniowa inżynieria materiałowa
	G16Y	Technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do internetu rzeczy [IoT]
	G16Z	Technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do określonych obszarów zastosowania, nieprzewidziane gdzie indziej
	H04L	Transmisja informacji cyfrowej, np. łączność telegraficzna
Technologie inżynierii cywilnej	E01H	Oczyszczanie ulic; oczyszczanie torów; oczyszczanie plaż; oczyszczanie terenu; rozpraszanie mgły ogólnie
	E04H	Budowle lub podobne konstrukcje o specjalnym przeznaczeniu; baseny pływackie, brodziki lub sadzawki; maszty; ogrodzenia; namioty lub daszki prowizoryczne, ogólnie
	F24F	Klimatyzacja; nawilżanie powietrza; wentylacja; zastosowanie prądów powietrznych jako ekranów
Technologie lotnicze	B64D	Instalacje i wyposażenie pokładowe statków powietrznych; ubiory lotnicze; spadochrony; układy lub zabudowa urządzeń napędowych lub układów przeniesienia napędu w statkach powietrznych
	B64F	Urządzenia na ziemi lub na lotniskowcach dla statków powietrznych specjalnie przystosowane do użycia w połączeniu ze statkiem powietrznym; projektowanie, wytwarzanie, montowanie, czyszczenie, konserwacja lub naprawa statków powietrznych, nieprzewidziane gdzie indziej; manipulowanie, transportowanie, testowanie lub kontrola elementów statków powietrznych, nieprzewidziane gdzie indziej
	B64C	Samoloty; śmigłowce
Technologie medyczne i farmaceutyczne	A61B	Diagnostyka; chirurgia; identyfikacja
	A61G	Środki transportowe, pojazdy osobiste, sprzęt specjalnie przystosowany dla osób niepełnosprawnych lub chorych; stoły lub fotele operacyjne; fotele dentystyczne; urządzenia pogrzebowe
	A61H	Aparatura fizykoterapeutyczna, np. przyrządy do lokalizowania lub pobudzania efektorów na ciele; sztuczne oddychanie; masaż; urządzenia kąpielowe do szczególnych celów leczniczych lub higienicznych lub do szczególnych części ciała
	A61K	Preparaty do celów farmaceutycznych, dentystycznych lub toaletowych
	A61L	Sposoby lub urządzenia do sterylizacji materiałów lub przedmiotów ogólnie; odkażanie, sterylizacja lub odwanianie powietrza; chemiczne aspekty opasek, materiałów opatrunkowych, wkładek chłonących lub artykułów chirurgicznych; materiały na opaski, materiały opatrunkowe, wkładki chłonne, lub artykuły chirurgiczne
	A61P	Właściwości lecznicze związków chemicznych lub preparatów medycznych
	G16H	Informatyka w opiece zdrowotnej, tj. technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do obsługi lub przetwarzania danych medycznych lub z zakresu opieki zdrowotnej
Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji	B07C	Sortowanie przesyłek pocztowych; sortowanie poszczególnych przedmiotów lub materiałów luzem, które mogą być sortowane po sztuce, np. ręcznie
	B65B	Maszyny, przyrządy, urządzenia lub sposoby pakowania przedmiotów lub materiałów; rozpakowywanie przedmiotów
	B65G	Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrz-zakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe
	B66F	Urządzenia do wyciągania, podnoszenia, holowania lub pchania nieprzewidziane gdzie indziej, np. urządzenia, w których siła podnosząca
Technologie pomiarowe	G01D	Pomiar nieprzystosowany specjalnie do szczególnej zmiennej; urządzenia
	G01M	Testowanie statycznego lub dynamicznego wyważenia maszyn lub konstrukcji; testowanie konstrukcji lub aparatury nieprzewidzianych gdzie indziej
	G01N	Badanie lub analiza materiałów przez określanie ich właściwości chemicznych lub fizycznych
	G01R	Pomiar zmiennych elektrycznych; pomiar zmiennych magnetycznych
	G01S	Radiowe określanie kierunku; radionawigacja; pomiar odległości lub prędkości

Technologie rolno-spożywcze	A01B	Uprawa gleby w rolnictwie lub leśnictwie; części, elementy lub osprzęt maszyn lub narzędzi rolniczych, ogólnie
	A01C	Sadzenie; siew; nawożenie
	A01G	Ogrodnictwo; uprawa warzyw, kwiatów, ryżu, owoców, winorośli, chmielu
	A01K	Zootechnika; hodowla ptactwa; pszczelarstwo; hodowla ryb; rybołówstwo; hodowla lub rozmnażanie zwierząt nieprzewidziane gdzie indziej; nowe rasy zwierząt
	A01M	Chwytanie zwierząt, chwytanie zwierząt w pułapki lub straszenie ; urządzenia do zwalczania szkodników zwierzęcych lub roślinnych
	A21C	Maszyny lub urządzenia do produkcji lub przetwarzania ciasta; obróbka ciasta przy wyrobie pieczywa
	A23F	Kawa; herbata; ich namiastki; przygotowanie lub zaparzanie
	A23K	Pasze specjalnie przystosowane dla zwierząt; metody specjalnie przystosowane do ich produkcji
	A23L	Żywność, środki spożywcze lub napoje bezalkoholowe nieobjęte przez podklasy a21d lub a23b-a23j; przygotowywanie ich lub obróbka, np. gotowanie, modyfikowanie właściwości odżywczych, obróbka metodami fizycznymi; konserwowanie żywności lub środków spożywczych, ogólnie
	A23N	Maszyny lub sprzęt do masowej obróbki zbiorów owoców, warzyw lub cebulek kwiatowych nieprzewidziane gdzie indziej; obieranie warzyw lub owoców
	A23P	Formowanie lub obróbka środków spożywczych nieobjęte w całości przez inną podklasę
Technologie środowiskowe	B09C	Regeneracja zanieczyszczonych gruntów
	B65F	Gromadzenie lub usuwanie śmieci lub podobnych odpadów
	C02F	Obróbka wody, ścieków przemysłowych, komunalnych lub osadów kanalizacyjnych
Technologie systemów kontroli i sterowania	G05B	Układy sterowania lub regulacji ogólnie; elementy funkcjonalne tych układów; monitorowanie lub testowanie tych układów lub elementów
	G05D	Układy do sterowania lub regulacji zmiennych nieelektrycznych
	G07C	Urządzenia do rejestrowania czasu lub obecności; rejestrowanie
	G08B	Układy sygnalizacyjne lub wywoławcze; telegrafy dyspozycyjne; układy alarmowe
	G08G	Układy sterowania ruchem drogowym
Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej	B02C	Kruszenie, proszkowanie lub rozdrabnianie ogólnie; mielenie ziarna
	B07B	Rozdzielanie ciał stałych przez przesiewanie lub za pomocą strumieni gazów; rozdzielanie innymi sposobami suchymi materiałów sypkich, np. Przedmiotów luzem, które można traktować jak materiał sypki
	B21F	Obróbka lub przetwarzanie drutu metalowego
	B23K	Lutowanie lub rozlutowywanie; spawanie lub zgrzewanie; powlekanie powierzchni lub platerowanie przez lutowanie, spawanie lub zgrzewanie; cięcie przez nagrzewanie miejscowe, np. cięcie palnikiem; obróbka za pomocą strumienia laserowego
	B23P	Obróbka metali nieprzewidziana gdzie indziej; operacje połączone; obrabiarki uniwersalne
	B23Q	Obróbka pomocnicza wyrobów przed lub w trakcie obróbki skrawaniem, mająca na celu poprawienie działania narzędzia lub stosowana w celu uzyskania wymaganego stanu końcowego wyrobu, np. usunięcia naprężeń wewnętrznych; obrabiarki ogólnie, znamienne konstrukcją poszczególnych elementów lub części; kombinacje lub zestawy do metali nie przeznaczone wyłącznie do uzyskania szczególnych efektów
	B24B	Maszyny, urządzenia lub sposoby szlifowania lub polerowania
	B25H	Wyposażenie warsztatowe, np. do trasowania; wyposażenie magazynowe
	B25J	Manipulatory; komory zaopatrzone w urządzenia do manipulowania
	B26D	Cięcie; wspólne elementy maszyn do dziurkowania, przebijania, wycinania, wykrawania lub rozdzielania
	B27C	Strugarki, wiertarki, frezarki, tokarki lub uniwersalne obrabiarki do drewna
	B27G	Pomocnicze maszyny lub urządzenia do obróbki drewna lub podobnych materiałów; narzędzia do obróbki drewna lub podobnych materiałów; urządzenia zabezpieczające do maszyn lub narzędzi do obróbki drewna
	B27J	Mechaniczna obróbka trzciny, korka lub podobnych materiałów
	B27K	Sposoby, urządzenia lub dobór materiałów do impregnacji, bejcowania, barwienia, bielenia drewna lub podobnych materiałów lub obróbka drewna

	B28C	Przygotowanie gliny; sporządzanie mieszanin zawierających glinę lub inne materiały podobne do cementu, np. Zaprawy tynkowe
	B29C	Formowanie lub łączenie tworzyw sztucznych; formowanie materiału w stanie plastycznym, nieprzewidziane gdzie indziej; obróbka następcza wyrobów formowanych np. naprawa
	B33Y	Wytwarzanie przyrostowe, tj. wytwarzanie obiektów trójwymiarowych [3D] poprzez depozycję przyrostową, aglomerowanie przyrostowe lub przyrostowe tworzenie warstw, np. poprzez drukowanie 3D, stereolitografię lub selektywne spiekanie laserem
	B42B	Trwałe łączenie arkuszy, składek lub sygnatur lub trwałe mocowanie do nich przedmiotów
	B44B	Maszyny, urządzenia lub narzędzia do prac artystycznych, np. do rzeźbienia, giloszowania, snycerstwa, wypalania lub inkrustacji
	C04B	Wapno palone; magnezyt kaustyczny; żużel; cement; ich mieszaniny, np. zaprawy, beton lub podobne materiały budowlane; sztuczny kamień; ceramika; materiały ogniotrwałe; obróbka kamienia naturalnego
	C14B	Mechaniczna obróbka lub przetwarzanie skórek lub skór surowych lub skóry wyprawionej, ogólnie; maszyny do strzyżenia skór futerkowych; maszyny
	D03J	Aparatura pomocnicza tkalni; narzędzia tkackie; czółenka tkackie
	D06H	Znakowanie, sprawdzanie, łączenie lub rozdzielanie materiałów włókienniczych
	D21J	Płyty pilśniowe; wytwarzanie wyrobów z celulozowej masy włóknistej
	F16M	Ramy, obudowy lub płyty fundamentowe do silników, maszyn lub urządzeń, nieograniczone do silników, maszyn lub aparatury przewidzianej gdzie indziej; stojaki; podpory
Inne	A24F	Przybory do palenia; pudełka do zapałek; urządzenia do symulowanego palenia
	A47B	Stoły; biurka; meble biurowe; szafki; szuflady; elementy konstrukcyjne mebli ogólnie
	B60F	Pojazdy przystosowane do poruszania się po szynach i drodze; pojazdy przystosowane do poruszania się po innych powierzchniach, np. amfibie
	B62B	Pojazdy napędzane ręcznie, np. wózki ręczne lub wózki dziecinne; sanie
	D06G	Mechaniczne lub ciśnieniowe czyszczenie dywanów, koców, worków, skór

Źródło: Opracowanie własne.

Wyróżnione obszary technologiczne są w dużej mierze spójne z polami badawczymi wskazanymi w dokumencie „Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030". Obszar „nanotechnologia" jest wprost spójny z polem badawczym „nanotechnologie". Obszar „technologie chemiczne" wpisuje się częściowo w pola „biotechnologie przemysłowe" oraz „zaawansowane systemy wytwarzania i materiały". Obszar „technologie energetyczne" wpisuje się w pole „technologie kogeneracji i racjonalizacji gospodarowania energią". Obszar „technologie informacyjne i komunikacyjne" jest spójny z polem „technologie informacyjne i telekomunikacyjne". Obszar „technologie medyczne i farmaceutyczne" wpisuje się w pole „zdrowe społeczeństwo". Obszar „technologie pomiarowe" częściowo dotyczy pola „technologie fotoniczne". Obszar „technologie rolno-spożywcze" częściowo wpisuje się w pole „biotechnologie przemysłowe". Obszar „technologie systemów kontroli i sterowania" jest powiązany z polem „technologie mikroelektroniczne", a obszar „technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej" z polem „zaawansowane systemy wytwarzania i materiały". Jedynie w przypadku trzech obszarów (bez uwzględniania obszaru „inne") trudno wskazać wyraźny związek z polami badawczymi wyróżnionymi w dokumencie „Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030. Są to: "technologie inżynierii cywilnej", „technologie lotnicze", oraz „technologie pakowania, magazynowania i manipulacji".

Podstawowym sposobem określenie luki technologicznej między Polską a wybranymi punktami odniesienia (świat, wybrane kraje, Unia Europejska) jest analiza na poziomie całego portfolio 100 wybranych technologii. Przeprowadzono ją w dwóch wariantach. Po pierwsze, na podstawie odległości cosinusowej, która jest miarą podobieństwa strukturalnego i przyjmuje wartości od -1 do 1,

przy czym im wartość wskaźnika bliżej 1 tym porównywane obiekty są bardziej podobne strukturalnie (ale mogą znacznie różnić się skalą, w tym przypadku liczbą publikacji lub zgłoszeń patentowych). Po drugie, na podstawie współczynnika podobieństwa, którego wartość zależy nie tylko od struktury, ale też od wolumenu (tu: liczba publikacji lub patentów). Współczynnik podobieństwa przyjmuje wartości od 0 do 1, gdzie 1 oznacza taka samą strukturę przy takim samym wolumenie.

Najbardziej ogólnym wnioskiem z analizy luki technologicznej jest to, że pod względem portfolio technologicznego w 100 zidentyfikowanych najbardziej rozwojowych technologii, Polska jest strukturalnie podobna zarówno w odniesieniu do światowego portfolio technologii, jak i do poszczególnych krajów i grup krajów uwzględnionych w porównaniu. Świadczą o tym wysokie wartości odległości cosinusowej (por. tabela 4.2). Natomiast, uwzględnienie skali krajów (a co za tym idzie skali gospodarek oraz rozwoju sektora nauki) pokazuje dużą odległość między polskim portfolio technologii a większością porównywanych krajów. Świadczą o tym niskie albo bardzo niskie współczynniki podobieństwa (najwyższe współczynniki podobieństwa zaobserwowano w przypadku krajów o zbliżonym do Polski potencjale ludnościowym: Czechy, Węgry, Szwecja, Niemcy). Zaobserwowane różnice w skali potencjału technologicznego są obserwacją dość trywialną (zwłaszcza w przypadku porównywania Polski z dużo większymi krajami, takimi jak USA, Chiny, nie mówiąc o porównaniu z globalnym portfolio technologii). Jednak zestawienie tego wymiaru z miarą podobieństwa strukturalnego (odległość cosinusowa) daje jednak dość optymistyczny obraz. Okazuje się bowiem, że luka technologiczna dzieląca Polskę od porównywanych krajów ma przede wszystkim charakter ilościowy, a nie strukturalny.

Tabela 4.2. *Luka technologiczna Polski na tle światowym i wybranych krajów w latach 2010–2019*

Wymiar	ŚWIAT	CZ	HU	SE	DE	EU	UK	CN	US
Odległość cosinusowa									
Patenty	0,714	0,902	0,696	0,399	0,785	0,824	0,598	0,540	0,504
Publikacje WOS	0,992	0,988	0,977	0,980	0,977	0,988	0,976	0,896	0,975
Publikacje MAG	0,979	0,974	0,978	0,942	0,961	0,981	0,934	0,916	0,942
Współczynnik podobieństwa									
Patenty	0,005	0,372	0,190	0,140	0,086	0,037	0,173	0,069	0,008
Publikacje WOS	0,014	0,599	0,317	0,944	0,237	0,049	0,182	0,093	0,049
Publikacje MAG	0,010	0,530	0,348	0,825	0,238	0,047	0,136	0,051	0,031

Źródło: Opracowanie własne.

Jednocześnie, widoczne jest znaczne zróżnicowanie sytuacji pod względem zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych. O ile w przypadku publikacji naukowych można powiedzieć, że polska produkcja naukowa jest strukturalnie bardzo podobna do produkcji globalnej i do porównywanych krajów (odległość cosinusowa zbliżona do 1), o tyle w przypadku zgłoszeń patentowych widoczna jest istotna luka. W relacji do wartości globalnych wskaźnik wynosi 0,714 (dla całego okresu 2010–2019), w relacji do USA i Chin około 0,5. Również w przypadku współczynnika podobieństwa wartości obliczone na podstawie zgłoszeń patentowych są dużo niższe niż te wyliczone na podstawie publikacji naukowych. Na tej podstawie można postawić hipotezę, że luka technologiczna dzieląca Polską od technologicznych liderów dotyczy przede wszystkim technologii znajdujących się bliżej rynku, mających potencjał komercyjny (ponieważ są warte opatentowania). W efekcie, pojawia się wyraźna

rysa na optymistycznym obrazie nakreślonym w akapicie wyżej. Okazuje się bowiem, że największa luka technologiczna lokuje się w tym wymiarze potencjału technologicznego, który w największym stopniu może przekładać się na rozwój gospodarczy i jakość życia. Ta obserwacja wpisuje się w diagnozowany wielokrotnie w Polsce niezadowalający poziom rozwoju potencjału badawczo-rozwojowego w sektorze przedsiębiorstw oraz niezadowalającą intensywność transferu wiedzy i technologii ze sfery nauki do gospodarki.

Należy zaznaczyć, że omawiane wskaźniki – odległość cosinusowa oraz współczynnik podobieństwa – pozostawały mniej więcej na tym samym poziomie w całym okresie 2010–2019 (por. załącznik 2). Dotyczy to zwłaszcza wskaźników opartych na publikacjach. Jedynie w przypadku wskaźników opartych na zgłoszeniach patentowych można zauważyć niewielką tendencję wzrostową. Może to sugerować pozytywny wniosek o stopniowym – choć wolnym – zmniejszaniu się luki technologicznej między Polską a kluczowymi dla niej punktami odniesienie (UE, USA). Potwierdzenie tej hipotezy wymagałoby jednak prześledzenie danych dla dłuższego okresu.

Innym, bardziej szczegółowym, sposobem uchwycenia luki technologicznej jest analiza wskaźników na poziomie poszczególnych obszarów technologicznych (a nie całego portfolio technologii). W tym ujęciu należy znormalizować wskaźniki tak, aby móc porównywać kraje (i grupy krajów) o różnej skali. W tabelach 4.3 i 4.4 zaprezentowano liczbę zgłoszeń patentowych oraz liczbę publikacji naukowych w podziale na obszary technologiczne oraz kraje (i grupy krajów) w przeliczeniu na 1 mln mieszkańców. W takim ujęciu widoczne jest to, że pozycja Polski względem przeciętnej światowej jest bardzo dobra (należy jednak pamiętać, że w tym ujęciu wliczamy do mianownika ludność wielu krajów będących na niskim poziomie rozwoju gospodarczego). Widoczna jest też przewaga w stosunku do Chin (należy pamiętać, że Chiny mają około prawie 40 razy więcej mieszkańców niż Polska). We wskaźnikach zrelatywizowanych liczbą ludności Polska jest na mniej więcej podobnym poziomie co Czechy i Węgry. Jednak w porównaniu z pozostałymi uwzględnionymi krajami (Szwecja, Niemcy, Wielka Brytania, Unia Europejska, USA) widoczna jest już znacząca luka (por. tabele 4.3 i 4.4).

Tabela 4.3. *Zgłoszenia patentowe per capita 2010–2019 (PATSTAT)*

OBSZAR TECHNOLOGICZNY	ŚWIAT	PL	CZ	HU	SE	DE	EU	UK	CN	US
Nanotechnologia	1,17	7,22	14,06	0,51	6,42	4,36	4,67	2,05	0,13	7,96
Technologie chemiczne	22,03	91,32	53,32	24,15	145,83	205,42	89,99	40,82	4,15	91,50
Technologie energetyczne	14,96	17,49	13,87	9,82	115,87	232,14	66,77	29,27	2,98	56,78
Technologie informacyjne i komunikacyjne	97,87	66,80	123,50	127,72	1557,27	506,37	256,12	331,77	37,33	1085,23
Technologie inżynierii cywilnej	6,03	17,99	17,80	6,14	44,56	37,19	21,15	15,29	0,69	18,82
Technologie lotnicze	4,46	8,72	10,78	2,25	30,55	45,67	23,29	20,60	1,11	37,48
Technologie medyczne i farmaceutyczne	32,61	91,85	93,05	66,62	180,66	261,26	127,80	73,64	6,65	168,36
Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji	5,86	20,18	11,15	4,09	74,62	107,06	36,43	11,10	0,38	22,60
Technologie pomiarowe	27,03	74,33	75,81	32,44	262,77	400,79	132,49	69,24	3,79	132,60
Technologie rolno-spożywcze	16,53	39,83	29,52	28,66	75,11	65,88	43,58	25,20	1,22	43,68
Technologie środowiskowe	4,76	20,02	16,21	10,03	27,53	23,55	15,40	9,05	0,54	11,90
Technologie systemów kontroli i sterowania	14,95	16,65	41,42	19,45	230,57	205,26	66,08	35,50	3,27	113,22
Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej	24,30	80,57	49,19	24,87	217,34	375,36	123,99	42,18	2,85	113,31
Inne	3,69	9,64	4,22	1,23	32,49	32,05	13,58	18,61	1,53	18,21

Źródło: Opracowanie własne.

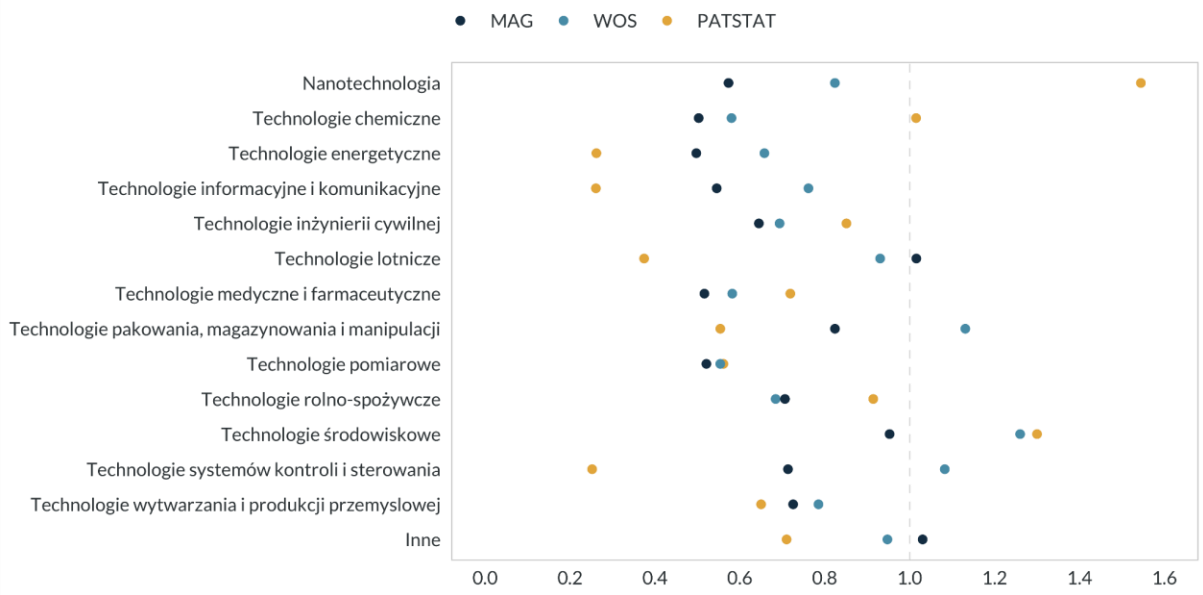
Tabela 4.4. *Publikacje naukowe na 1 mln mieszkańców 2010–2019*

OBSZAR TECHNOLOGICZNY	ŚWIAT	PL	CZ	HU	SE	DE	EU	UK	CN	US
WOS										
Nanotechnologia	44,80	124,98	247,57	96,82	308,98	189,98	151,74	185,08	80,69	160,91
Technologie chemiczne	202,78	574,47	1196,14	583,86	2667,90	1212,34	990,22	2041,88	189,68	1226,85
Technologie energetyczne	64,85	167,10	335,37	114,52	561,44	336,12	254,10	362,86	98,49	286,33
Technologie informacyjne i komunikacyjne	76,31	230,63	433,29	193,22	564,65	336,01	302,93	504,47	109,91	330,00
Technologie inżynierii cywilnej	2,86	8,40	18,18	5,73	23,64	8,89	12,12	16,88	3,45	13,37
Technologie lotnicze	8,88	37,53	63,06	19,45	71,51	59,28	40,35	85,76	11,11	51,77
Technologie medyczne i farmaceutyczne	385,59	1113,70	1715,73	1196,28	4678,91	2345,51	1913,90	3679,23	241,37	2641,67
Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji	1,11	7,64	10,78	3,27	13,13	6,13	6,76	4,77	1,17	3,45
Technologie pomiarowe	17,36	45,80	69,25	30,29	167,14	117,90	82,73	131,26	22,73	104,30
Technologie rolno-spożywcze	92,99	334,22	620,70	307,33	1200,23	477,80	488,58	794,39	56,47	519,62
Technologie środowiskowe	9,16	54,47	67,00	22,00	92,81	29,51	43,24	42,79	14,40	29,93
Technologie systemów kontroli i sterowania	18,75	85,81	132,59	62,53	152,06	82,23	79,29	98,02	30,11	62,08
Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej	91,33	343,44	695,29	231,50	855,83	546,12	437,54	632,78	111,02	408,59
Inne	0,86	2,61	1,78	2,46	4,48	2,80	2,75	10,85	0,25	10,04
MAG										
Nanotechnologia	60,0	122,6	237,7	120,3	525,3	320,0	213,9	342,2	92,6	371,6
Technologie chemiczne	51,3	101,2	201,4	123,7	607,1	251,5	201,2	474,1	55,2	348,1
Technologie energetyczne	31,4	52,5	96,2	39,3	234,9	138,5	105,6	161,7	50,9	173,6
Technologie informacyjne i komunikacyjne	157,0	326,8	602,8	348,4	1399,8	747,4	599,3	1157,0	207,0	967,2
Technologie inżynierii cywilnej	4,3	11,4	20,2	11,1	44,0	9,6	17,7	30,0	6,6	16,9
Technologie lotnicze	3,5	13,0	17,5	5,9	24,2	15,4	12,8	31,2	5,5	20,1
Technologie medyczne i farmaceutyczne	305,0	593,2	758,9	714,1	3372,1	1295,3	1149,0	2982,3	206,9	2421,5
Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji	0,8	3,3	5,4	1,9	6,2	2,6	4,1	3,0	1,2	2,4
Technologie pomiarowe	14,6	32,0	54,4	20,0	132,4	86,3	61,5	98,3	20,5	95,5
Technologie rolno-spożywcze	64,7	195,6	236,7	150,4	674,3	213,7	277,1	425,7	52,2	368,2
Technologie środowiskowe	5,7	22,1	28,6	12,3	56,3	13,8	23,2	23,1	9,3	21,8
Technologie systemów kontroli i sterowania	59,4	139,1	228,5	135,8	397,7	195,5	195,1	271,6	119,2	218,1
Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej	46,8	134,6	275,3	107,2	392,5	227,0	185,5	270,4	66,7	221,9
Inne	0,3	0,8	0,6	0,2	0,7	0,5	0,8	3,4	0,1	3,7

Źródło: Opracowanie własne.

Najważniejszymi punktami odniesienia dla oceny luki technologicznej dla Polski są Unia Europejska (najważniejszy partner gospodarczy Polski) oraz USA (światowy lider rozwoju technologii). Dorobek Polski w wyróżnionych obszarach technologicznych jest ogólnie rzecz biorąc niższy niż USA oraz Unii Europejskiej. Stanowi około 60–70% średniej UE oraz 30–50% średniej USA – w zależności od obszaru technologicznego (por. tabele 4.3 i 4.4 oraz wykresy 4.1 i 4.2). Jednocześnie w niektórych obszarach technologicznych dorobek technologiczny Polski jest porównywalny lub nawet przewyższa potencjał UE lub USA (po zrelatywizowaniu liczbą ludności). W tym przypadku widoczne są jednak znaczące różnice między wynikami analiz opartych na patentach oraz analiz opartych na publikacjach. Na podstawie analizy patentowej wyróżniają się: nanotechnologia, technologie chemiczne, technologie inżynierii cywilnej, oraz technologie rolno-spożywcze. Na podstawie analizy publikacji wyróżniają się z kolei technologie lotnicze, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji oraz technologie systemów kontroli i sterowania. Jedynie technologie środowiskowe wyróżniają się w dwóch analizowanych wymiarach, tzn. w zgłoszeniach patentowych oraz w publikacjach. Ponadto, należy zwrócić uwagę w jakich obszarach technologicznych zidentyfikowanych jako intensywnie rozwijające się w ostatnich latach w skali światowej dorobek Polski wydaje się mieć deficyty w porównaniu do UE i USA (z uwzględnieniem skali gospodarek mierzonej liczbą ludności). Są to: technologie energetyczne, technologie informacyjne i komunikacyjne, technologie medyczne i farmaceutyczne, technologie pomiarowe, oraz technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej. W tych 5 obszarach luka technologiczna między Polską a USA jest największa.

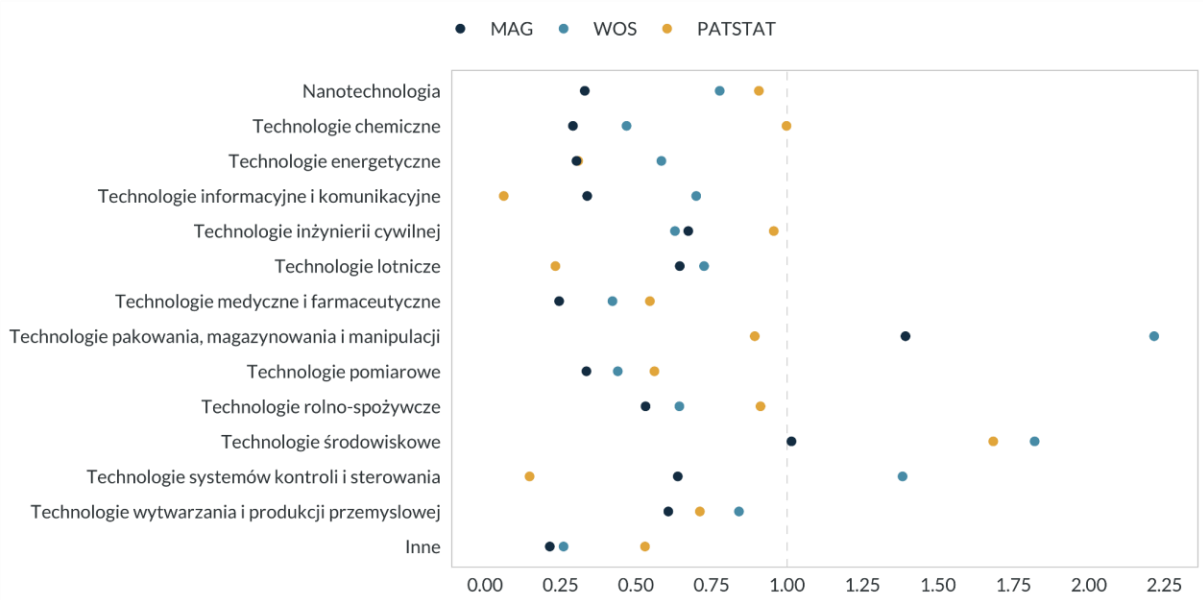
Wykres 4.1. *Pozycja Polski względem Unii Europejskiej w liczbie zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych per capita, średnia dla UE = 1**



**Wskaźnik poniżej 1 oznacza mniejszą relatywną liczbę zgłoszeń i publikacji, wskaźnik powyżej 1 oznacza wyższą relatywną liczbę zgłoszeń i publikacji.*

Źródło: Opracowanie własne.

Wykres 4.2. *Pozycja Polski względem USA w liczbie zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych per capita, średnia dla USA = 1**



**Wskaźnik poniżej 1 oznacza mniejszą relatywną liczbę zgłoszeń i publikacji, wskaźnik powyżej 1 oznacza wyższą relatywną liczbę zgłoszeń i publikacji.*

Źródło: Opracowanie własne.

Dalsza część rozdziału jest poświęcona analizie potencjału Polski pod względem wyróżnionych obszarów technologicznych. Należy zauważyć, że jest to inny wymiar analizy niż luka technologiczna. Analiza luki technologicznej pozwala zidentyfikować obszary, w których dystans kraju do liderów jest największy lub najmniejszy, co może przekładać się na rekomendację wspierania potencjału w danym zakresie (tam gdzie dystans jest mały – w celu wykorzystania szans rozwojowych, tam gdziem dystans jest duży – w celu nadrabiania zaległości). Niezależnie od tego, ocena potencjału rozwojowego poszczególnych obszarów technologicznych powinna uwzględniać analizę wolumenu („masy krytycznej"), relatywnego wkładu kraju w rozwój danej technologii, a także wskaźników świadczących o specjalizacji w danym zakresie. Syntetyczny obraz Polski pod względem potencjału na poziomie obszarów technologicznych przedstawia tabela 4.5 (ponadto w załączniku 3 uwzględniono wskaźniki udziału i specjalizacji na poziomie obszarów technologicznych dla wybranych krajów, a w załączniku 4 na poziomie poszczególnych technologii).

Całościowa ocena potencjału rozwoju wyróżnionych technologii w Polsce wymaga uwzględnienia zarówno liczby publikacji i patentów, jak również wskaźników udziału oraz specjalizacji. O znacznym potencjale technologicznym świadczyć może zwłaszcza stosunkowo wysoki udział patentów w ich globalnej liczbie (osiągnięty przy dużym wolumenie) oraz większa od przeciętnej specjalizacja (wskaźnik powyżej 1), której towarzyszy dodatkowo duża aktywność publikacyjna. W latach 2010–2019 takimi osiągnięciami charakteryzowały się w Polsce następujące obszary:

1. Obszar **technologii chemicznych** z 3 467 zgłoszeniami patentowymi, których udział wyniósł 2,05% w ogólnej liczbie zgłoszeń w tym obszarze, a współczynnik specjalizacji – 2,04. Na podstawie WoS można stwierdzić, że w obszarze technologii chemicznych powstało 21 810 publikacji, których udział wyniósł 1,40%, a specjalizacja – 0,92. Na podstawie MAG wskaźniki są niższe: 3 842 publikacje, co oznacza udział na poziomie 0,98% i specjalizację na poziomie

0,92. Można tym samym stwierdzić, że w zakresie technologii chemicznych większa specjalizacja dotyczyła zgłoszeń patentowych niż publikacji naukowych.

2. Obszar **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej**, w którym odnotowano 3 059 zgłoszeń patentowych w bazie PATSTAT; ich udział wyniósł 1,64% w ogólnej liczbie zgłoszeń w tym obszarze, a współczynnik specjalizacji kształtował się na poziomie 1,63. W omawianym obszarze przygotowano również 13 039 publikacji indeksowanych w bazie WoS, których udział stanowił 1,86% publikacji ogółem w tym obszarze, a współczynnik specjalizacji wyniósł 1,22. Natomiast w bazie MAG zaindeksowano 5 109 publikacji, których udział wyniósł 1,42%, a specjalizacja 1,32.
3. Obszar **technologii medycznych i farmaceutycznych**, dla którego zidentyfikowano 3 487 zgłoszeń patentowych w PATSTAT; ich udział wyniósł 1,39%, a współczynnik specjalizacji – 1,38. Jednocześnie według danych pozyskanych z bazy WoS w obszarze tym powstały 42 282 prace naukowe, co pozwoliło osiągnąć udział w ogólnej liczbie publikacji na poziomie 1,43% oraz współczynnik specjalizacji równy 0,94. W przypadku bazy MAG wskaźniki są niższe: 22 521 publikacji, udział na poziomie 0,96%, a specjalizacja 0,9.
4. Obszar **technologii rolno-spożywczych**, w którym wystąpiło 1 512 zgłoszeń patentowych; ich udział wyniósł 1,19%, a współczynnik specjalizacji – 1,18. W omawianym obszarze przygotowano ponadto 12 689 publikacji indeksowanych w WoS, których udział osiągnął poziom 1,78%, a współczynnik specjalizacji – 1,17. Z kolei w bazie MAG zaindeksowano 7 426 publikacje, których udział to 1,5%, przy współczynniku specjalizacji na poziomie 1,39.

Tabela 4.5. *Wskaźniki udziału i specjalizacji dla Polski w podziale na obszary technologiczne (2010–2019)*

OBSZAR TECHNOLOGICZNY	PATSTAT			WOS			MAG		
	Liczba	Udział	Specjalizacja	Liczba	Udział	Specjalizacja	Liczba	Udział	Specjalizacja
Nanotechnologia	274	3,04%	3,02	4745	1,38%	0,91	4654	1,01%	0,94
Technologie chemiczne	3467	2,05%	2,04	21810	1,40%	0,92	3842	0,98%	0,91
Technologie energetyczne	664	0,58%	0,57	6344	1,27%	0,84	1994	0,83%	0,77
Technologie informacyjne i komunikacyjne	2536	0,34%	0,34	8756	1,50%	0,98	12407	1,03%	0,96
Technologie inżynierii cywilnej	683	1,48%	1,46	319	1,45%	0,96	432	1,31%	1,22
Technologie lotnicze	331	0,97%	0,96	1425	2,09%	1,37	492	1,85%	1,72
Technologie medyczne i farmaceutyczne	3487	1,39%	1,38	42282	1,43%	0,94	22521	0,96%	0,90
Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji	766	1,70%	1,69	290	3,42%	2,24	127	2,20%	2,05
Technologie pomiarowe	2822	1,36%	1,35	1739	1,31%	0,86	1216	1,08%	1,01
Technologie rolno-spożywcze	1512	1,19%	1,18	12689	1,78%	1,17	7426	1,50%	1,39
Technologie środowiskowe	760	2,08%	2,06	2068	2,94%	1,93	839	1,93%	1,79
Technologie systemów kontroli i sterowania	632	0,55%	0,55	3258	2,26%	1,49	5281	1,16%	1,08
Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej	3059	1,64%	1,63	13039	1,86%	1,22	5109	1,42%	1,32
Inne	366	1,29%	1,28	99	1,50%	0,99	30	1,48%	1,38

Źródło: Opracowanie własne.

Drugą kategorię stanowią obszary, które co prawda osiągnęły wysokie wartości wskaźników udziału i specjalizacji pod względem zgłoszeń patentowych, ale odbyło się to zwykle przy stosunkowo małej liczbie zgłoszonych patentów, a także zazwyczaj niewielkiej aktywności publikacyjnej. Do tej grupy należą wymienione niżej obszary technologiczne:

1. Obszar **nanotechnologii**, w którym zgłoszenia patentowe stanowiły 3,04% ogólnej liczby zgłoszeń w obszarze i wskazywały na silną specjalizację (3,02). W tym przypadku liczba publikacji jest dość duża: 4 745 (WoS) oraz 4 654 (MAG), podobnie ich udział: 1,38% (WoS) oraz 1,1% (MAG), ale przy dość niskim współczynniku specjalizacji: 0,91 (WoS) oraz 0,94 (MAG).
2. Obszar **technologii środowiskowych** z udziałem zgłoszeń patentowych równym 2,08% i specjalizacją na poziomie 2,06. Dodatkowo w tym obszarze odnotowano stosunkowo wysoki udział publikacji (2,94% w WoS oraz 1,93% w MAG) oraz ich ponadprzeciętną specjalizację (1,93 według WoS oraz 1,79 według MAG).
3. Obszar **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji**, w którym udział zgłoszeń wyniósł 1,7%, a specjalizacja – 1,69. W obszarze tym wystąpił też najwyższy udział publikacji (3,42% według WoS oraz 2,2% według MAG) i ich ponadprzeciętna specjalizacja (2,24 według WoS oraz 2,05 według MAG), co osiągnięto jednak przy niskim wolumenie prac naukowych (290 publikacji w WoS oraz 127 publikacji w MAG).
4. Obszar technologii **inżynierii cywilnej** z udziałem zgłoszeń patentowych na poziomie 1,48% i specjalizacją równą 1,46. Ponadto wyróżnia się w tym przypadku udział publikacji (1,45% według WoS oraz 1,31% według MAG). Liczba publikacji jest jednak niewielka (319 w WoS oraz 432 w MAG), a współczynniki specjalizacji są na raczej średnim poziomie (0,96 według WoS oraz 1,22 według MAG).
5. Obszar **technologii pomiarowych**, w którym odnotowano stosunkowo wysoką liczbę zgłoszeń patentowych (2 822), co przełożyło się na ich udział na poziomie 1,36% i specjalizację równą 1,35. Ponadto w tym obszarze odnotowano znaczącą liczbę publikacji (1 739 w WoS oraz 1 216 w MAG) oraz ich udziału (1,31% według WoS, 1,08% według MAG), jednak przy dość niskich współczynnikach specjalizacji (0,86 według WoS, 1,01 według MAG).

Do trzeciej kategorii obszarów technologicznych należały, z kolei, te z nich, które osiągnęły zarówno niski udział, jak i niższą niż przeciętna specjalizację w zakresie zgłoszeń patentowych. Co więcej, z reguły, te słabsze wyniki uzyskiwane były przy względnie niskich wolumenach zgłoszonych patentów i opublikowanych prac naukowych. Wśród tych obszarów należy wymienić: (1) **technologie lotnicze**, (2) **technologie energetyczne**, (3) **technologie systemów kontroli i sterowania** oraz (4) **technologie informacyjne i komunikacyjne** (te ostatnie stanowią wyjątek, gdyż jako jedyne z tej grupy odnotowały znaczny wolumen zgłoszeń patentowych – ponad 2,5 tys. oraz publikacji ponad 8,7 tys. w WoS oraz około 12,4 tys. w MAG).

5 Wiodące jednostki naukowe oraz wiodący naukowcy w obszarach technologicznych

W poniższym rozdziale zaprezentowano wyniki odnoszące się do celu zamówienia dotyczącego wskazania wiodących ośrodków naukowych, a także najlepszych naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych.

W każdym z podrozdziałów 5.1–5.13 zaprezentowano rankingi wiodących jednostek naukowych oraz naukowców, uzyskujących najwyższe noty we wskaźniku syntetycznym w poszczególnych obszarach technologicznych. Następnie, wytypowane jednostki i naukowców opisano za pomocą miar zastosowanych do obliczenia wskaźnika syntetycznego, a także za pomocą danych o pozostałej aktywności projektowej. Uzupełnieniem informacji przedstawionych w rozdziale na poziomie obszarów, są tabele zamieszone w załączniku 5, w których zawarto statystyki odnoszące się do osiągnięć publikacyjnych i patentowych najlepszych instytucji z każdego obszaru w najbardziej znaczących technologiach. Dodatkowo w załączniku 7. *Wykaz projektów finansowanych z programu Horyzont 2020 oraz pozostałych funduszy unijnych, programów krajowych i międzynarodowych z przyporządkowaniem do wytypowanych wiodących technologii na świecie* przedstawiono szczegółowe informacje na temat projektów wytypowanych w poszczególnych technologiach.

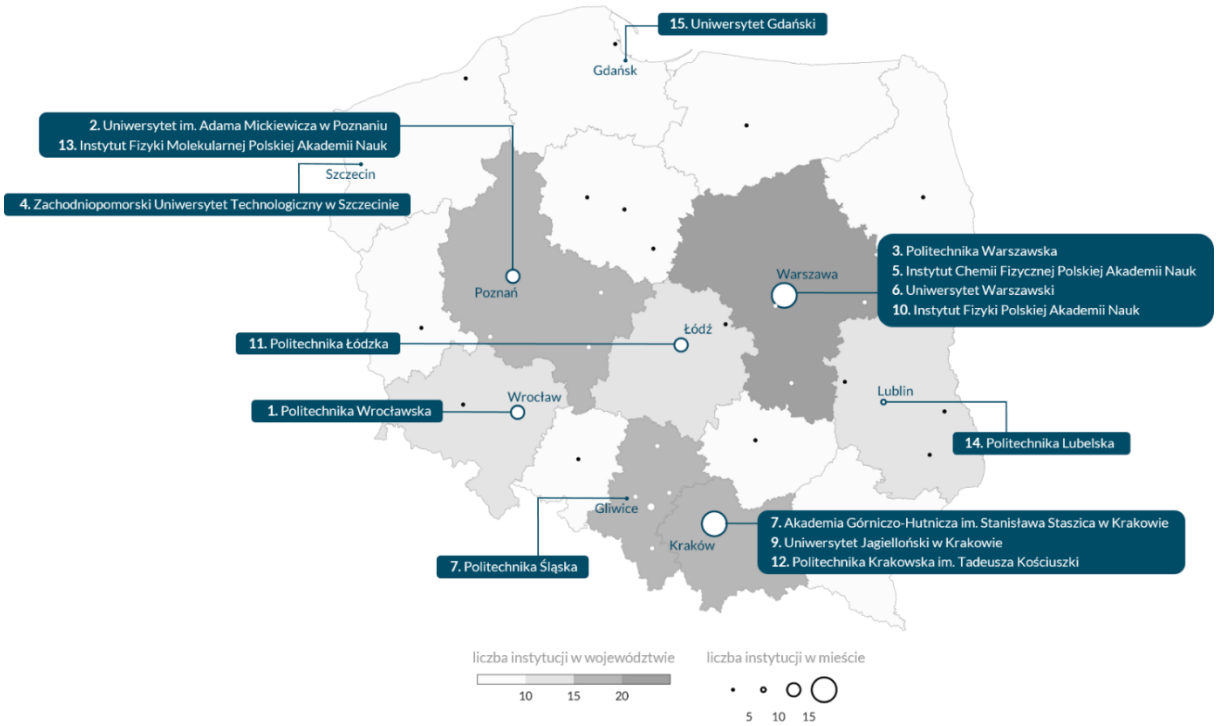
W podrozdziale 5.14 przedstawiono zaś wyniki analizy danych dotyczących infrastruktury badawczej.

5.1 Nanotechnologia

5.1.1 Wiodące jednostki

Obszar nanotechnologii objął jedną podklasę IPC, tj. **B82Y** – Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur. Zdecydowanie najwięcej jednostek naukowych z obszaru nanotechnologii (ponad 20) zlokalizowanych jest w województwie mazowieckim. Wiodące jednostki naukowe w tym obszarze działają przede wszystkim w stolicach województw (por. mapa 5.1.1). Wyjątkiem są Gliwice, gdzie zlokalizowana jest Politechnika Śląska. Wśród instytucji ujętych w rankingu wskaźnika syntetycznego, aż cztery znajdują się na Mazowszu. Trzy instytucje funkcjonują w Krakowie oraz dwie w Poznaniu. Lokalizacje pozostałych jednostek z rankingu topowych instytucji to: Gdańsk, Szczecin, Wrocław, Łódź i Lublin.

Mapa 5.1.1. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze nanotechnologii według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Wśród wiodących jednostek w obszarze nanotechnologii pierwsze miejsce należało do Politechniki Wrocławskiej (por. tabela 5.1.1). Jednostka ta, podobnie jak kolejna instytucja w rankingu – Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu – uzyskała najwyższą notę w aktywności projektowej. Na trzecim miejscu znalazła się Politechnika Warszawska, która choć nie osiągnęła maksymalnej wartości żadnego ze składowych wskaźników, była aktywna na wszystkich polach, uzyskując wysokie wartości w każdym z nich. W latach 2010–2019 najwięcej patentów zostało zgłoszonych przez Zachodni Uniwersytet Technologiczny w Poznaniu, który w omawianym rankingu zajął wysoką, czwartą lokatę. Szósta jednostka zestawienia, Uniwersytet Warszawski, otrzymała maksymalną liczbę punktów zarówno w potencjale kadrowym, jak i publikacyjnym. W latach 1999–2019 instytucja ta nadała

Tabela 5.1.1. *Ranking instytucji w obszarze nanotechnologii według wskaźnika syntetycznego*

	Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0–100)				
		Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1	Politechnika Wrocławska	90	48	68	100	**100**
2	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	64	86	13	100	**86**
3	Politechnika Warszawska	60	84	65	50	**84**
4	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	62	85	100	-	**81**
5	Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk	42	65	77	50	**77**
6	Uniwersytet Warszawski	100	100	26	-	**74**
7	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	97	82	26	-	**67**
8	Politechnika Śląska	52	59	32	50	**63**
9	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	66	60	13	50	**62**
10	Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk	84	52	29	-	**54**
11	Politechnika Łódzka	84	51	29	-	**53**
12	Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	21	44	77	-	**47**
13	Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk	54	30	-	50	**44**
14	Politechnika Lubelska	15	61	-	50	**41**
15	Uniwersytet Gdański	28	40	3	50	**39**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

największą liczbę stopni doktorskich i habilitacyjnych w obszarze oraz w 2019 roku zatrudniała najwięcej osób, które uzyskały stopień naukowy w omawianym obszarze (por. Załącznik 5.1, Z5.1.1). Pomimo drugiego co do wielkości, według bazy PBN, dorobku publikacyjnego z lat 2013–2019 naukowców zatrudnionych w Uniwersytecie Warszawskim (por. Załącznik 5.1, Z5.1.2), prace ich autorstwa stanowiły niewielki odsetek wszystkich publikacji jednostki, a sami publikujący w obszarze stanowili niski udział zatrudnionych w jednostce. Była to również jednostka, której prace naukowe z obszaru były cytowane najwięcej razy. Największą specjalizację kadry w 2019 roku osiągnął Instytut Fizyki Molekularnej PAN, jednostka z 13 miejsca w rankingu według wskaźnika syntetycznego.

Najwięcej autorów publikujących prace z omawianego obszaru w latach 2013–2019 było zatrudnionych w Politechnice Warszawskiej, co przełożyło się na największy dorobek publikacyjny tej instytucji w obszarze nanotechnologii według systemu PBN. W przypadku pozostałych miar potencjału publikacyjnego – liczba prac na autora, MNCS oraz specjalizacja publikacyjna – największą notę otrzymały jednostki spoza rankingu 15 wiodących instytucji i były to podmioty o niewielkiej liczbie prac naukowych z obszaru.

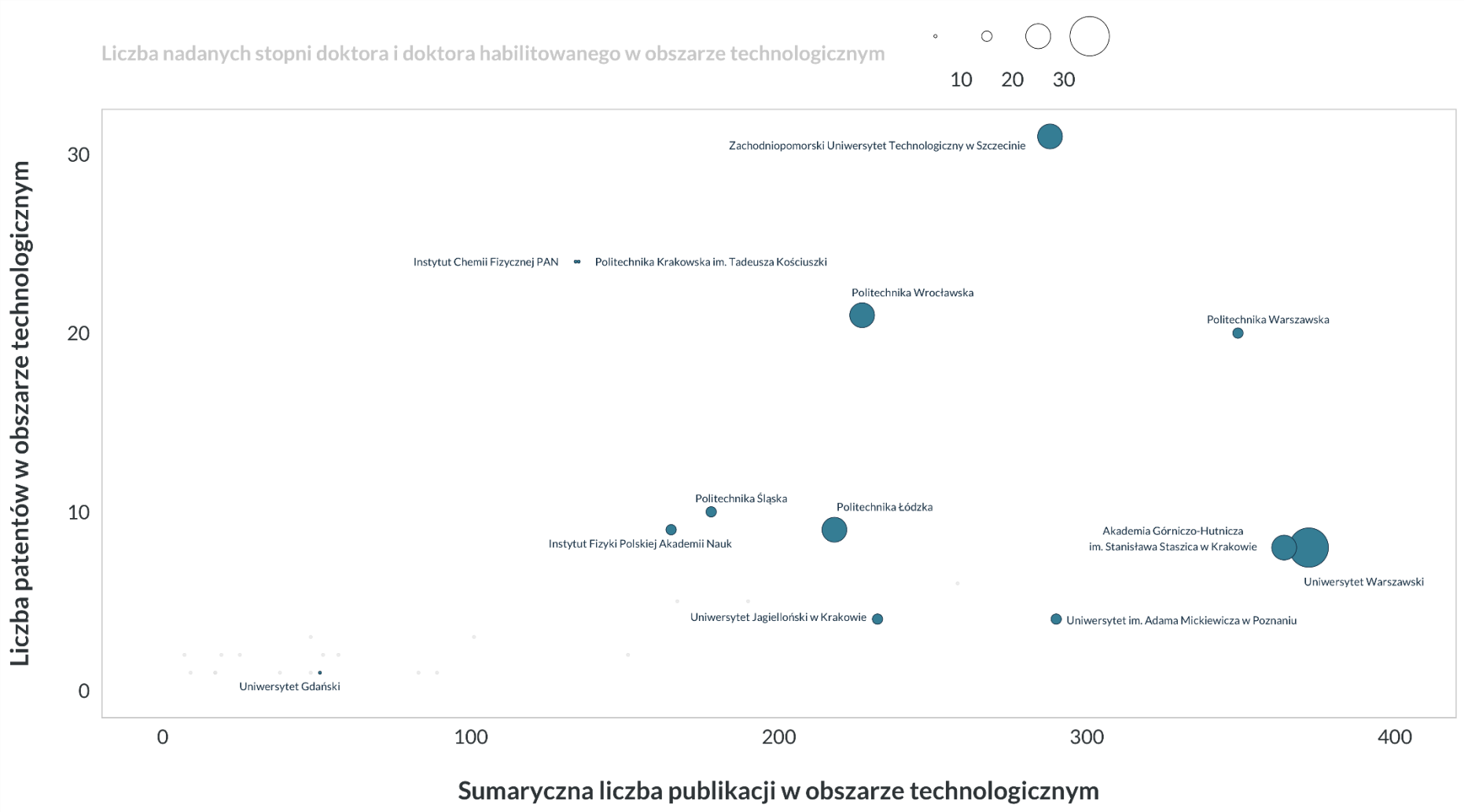
W latach 1999–2019 w obszarze nanotechnologii przyznano łącznie 111 stopni naukowych, w tym 89 stopni doktora i 22 doktora habilitowanego. Najwięcej z nich (32) nadano na Uniwersytecie Warszawskim (por. Załącznik 5.1, Z5.1.5), instytucji zajmującej pierwsze miejsce w potencjale kadrowym oraz szóstą lokatę w rankingu wiodących jednostek naukowych w obszarze nanotechnologii. Drugie miejsce przypadło Politechnice Wrocławskiej oraz Politechnice Łódzkiej, w których nadano po 29 stopni naukowych. Pomimo identycznej liczby uzyskanych stopni naukowych, ich struktura była odmienna. Na Politechnice Wrocławskiej, będącej liderem rankingu wskaźnika syntetycznego, prawie wszystkie prace były pracami doktorskimi. W przypadku Politechniki Łódzkiej proporcja ta była bardziej zrównoważona – 17 doktoratów oraz 12 habilitacji. Na trzecim miejscu z 25 doktoratami oraz 2 habilitacjami uplasowała się AGH w Krakowie. Wśród 17 jednostek naukowych, w których nadano więcej niż 2% stopni naukowych w obszarze, 11 z nich to instytucje z rankingu topowych instytucji. Pozostałe jednostki to jednostki spoza pierwszej 15 rankingu, z których najwięcej stopni naukowych przyznano na UMCS w Lublinie (7 doktoratów, 4 habilitacje).

Instytucją z największą liczbą pracowników, którzy w latach 2013–2019 opublikowali przynajmniej jedną pracę naukową o tematyce z obszaru nanotechnologii była Politechnika Warszawska, zatrudniająca w 2019 roku 149 autorów (por. Załącznik 5.1, Z5.1.3). Kolejne miejsca w zestawieniu zajęły: AGH w Krakowie oraz Uniwersytet Warszawski, jednostki zatrudniające odpowiednio 134 oraz 104 osoby. Naukowcy pracujący w tych trzech instytucjach stanowili łącznie 17% wszystkich autorów publikujących w obszarze nanotechnologii we wspomnianym okresie. Politechnika Wrocławska – lider rankingu wiodących jednostek naukowych – uplasowała się na piątej lokacie, zatrudniając w 2019 roku 94 naukowców.

Wśród 15 wiodących instytucji, największym (4,6%) udziałem prac z zakresu nanotechnologii w całym dorobku publikacyjnym jednostki charakteryzował się Instytut Fizyki PAN (por. Załącznik 5.1., Z5.1.6). Wysoka specjalizacja publikacyjna szła w parze ze stosunkowo wysokim udziałem jednostki w całkowitej liczbie publikacji z obszaru nanotechnologii (3,7%) oraz istotnym udziałem pracowników w niej zatrudnionych wśród wszystkich naukowców z omawianego obszaru w Polsce w 2019 roku (4%).

Kolejnymi wiodącymi jednostkami charakteryzującymi się wysoką specjalizacją publikacyjną były dwie jednostki Polskiej Akademii Nauk: Instytut Chemii Fizycznej (4,1%) oraz Instytut Fizyki Molekularnej (2,7%). Udział prac z obszaru w ich całkowitym dorobku publikacyjnym był większy od udziału pracowników w nich zatrudnionych w liczbie wszystkich badaczy w obszarze, który wynosił odpowiednio 2,3% oraz 1,5%. Przełożyło się to na przeciętny udział publikacji ich autorstwa w całkowitej liczbie prac w obszarze (odpowiednio 2,3% i 0,9%). Pomimo osiągnięcia czwartego co do wielkości, według systemu PBN, dorobku publikacyjnego w obszarze przez Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (5,9%), w 2019 roku zatrudniał on niewielki odsetek publikujących w obszarze (2,6%), a jego prace z obszaru stanowiły zaledwie 1,7% całego dorobku publikacyjnego instytucji w latach 2013–2019. Jeszcze mniejszą specjalizacją publikacji cechowały się jednostki z pierwszej trójki rankingu wskaźnika syntetycznego. Pomimo zatrudnienia w 2019 roku

Wykres 5.1.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze nanotechnologii*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

największej liczby publikujących osób w obszarze oraz osiągniecia w latach 2013–2019 największych dorobków publikacyjnych z obszaru, prace o tematyce nanotechnologii stanowiły mniej niż 1% wszystkich prac tych jednostek.

W obszarze nanotechnologii, aż siedem instytucji z zestawienia wiodących jednostek cechowało się ponadprzeciętnym wpływem publikacji (por. Załącznik 5.1, Z5.1.7). Należały do nich: Instytut Chemii Fizycznej PAN (1,62), Uniwersytet Gdański (1,55), Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (1,30), Uniwersytet Jagielloński w Krakowie (1,12), Uniwersytet Warszawski (1,11), Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (1,09) oraz Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki (1,02). Według bazy WoS, w latach 2010–2019 największy dorobek publikacyjny w obszarze zgromadził Uniwersytet Warszawski, a prace autorstwa naukowców afiliujących do tej instytucji otrzymały największa liczbę cytowań – 372 publikacje były cytowane około 5,6 tys. razy. Z czołówki rankingu wskaźnika syntetycznego największym wpływem cechowały się publikacje naukowców afiliujących do Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, zajmującego drugą lokatę.

Naukowcy Politechniki Wrocławskiej, będącej liderem ogólnego rankingu wskaźnika syntetycznego w obszarze, przygotowali łącznie 227 publikacji, które zgromadziły około 2,1 tys. cytowań. Były to jednak prace, który zanotowały jedną z najniższych wartości wpływu (MNCS = 0,71). Najniższa znormalizowana średnia liczba cytowań cechowała prace naukowców afiliujących do jednostki z najwyższym poziomem specjalizacji publikacyjnej – Instytutu Fizyki PAN (MNCS = 0,57). Badacze z tej jednostki w latach 2010–2019 przygotowali 165 publikacji z zakresu nanotechnologii, które zgromadziły 1,3 tys. cytowań.

Pod względem zgłoszeń patentowych (por. Załącznik 5.1, Z5.1.4) prym wiodły: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (31 zgłoszeń), Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki i Instytut Chemii Fizycznej PAN (po 24 zgłoszenia), Politechnika Wrocławska (21) i Politechnika Warszawska (20). Instytucje te zajęły odpowiednio czwarte, dwunaste, piąte oraz pierwsze i trzecie miejsce w rankingu wiodących jednostek. Spośród jednostek spoza rankingu wiodących instytucji, najwięcej patentów (8) zgłosił Instytut Chemii Przemysłowej im. Profesora Ignacego Mościckiego, należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Lider rankingu według zgłoszeń patentowych – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie – w latach 2010–2019 opublikował 288 prac naukowych z obszaru i nadał w nim 21 stopni naukowych (por. wykres 5.1.1). Z kolei jednostka o największym potencjale publikacyjnym w obszarze, w której nadano najwięcej stopni doktora i doktora habilitowanego (łącznie 32) – Uniwersytet Warszawski – charakteryzowała się relatywnie niewielką liczbą zgłoszonych patentów (8). Identyczną liczbę patentów zgłoszono przez siódmą jednostkę w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie. Na uczelni tej nadano 27 stopni naukowych, a naukowcy opublikowali w latach 2010–2019 ponad 300 prac w obszarze.

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze nanotechnologii w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli 3.3.1.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze nanotechnologii odnotowano aktywność w 14 projektach Horyzont 2020 (5 koordynacji, 11 uczestnictw). Po dwa projekty zrealizowali badacze z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz Politechniki Wrocławskiej. Każda z tych instytucji koordynowała po jednym z dwóch prowadzonych projektów. Po jednym projekcie koordynował także: Instytut Genetyki Roślin PAN, Politechnika Lubelska oraz Instytut Chemii Fizycznej PAN.

Z kolei po jednym projekcie zrealizowali badacze z: Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Politechniki Białostockiej, Instytutu Fizyki Molekularnej PAN, Instytutu Chemii Organicznej PAN, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Uniwersytetu Gdańskiego, Politechniki Śląskiej, Politechniki Warszawskiej i Politechniki Częstochowskiej. Te dwie ostatnie jednostki uczestniczyły w ramach jednego projektu.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach finansowanych z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**.

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod względem (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (zob. tabela 5.1.2).

W **9 projektach** o łącznej wartości **72 099 399 zł** uczestniczyło **18 jednostek naukowych.**

- W **4 projektach** finansowanych z funduszy europejskich uczestniczyły **4 instytucje naukowe**. Wartość projektów wynosiła **28 827 456 zł.**
- W **4 projektach** finansowanych z programów krajowych udział wzięło **12 jednostek naukowych,** a 4 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **36 743 589 zł.**
- W **1 projekcie** finansowanym z programów międzynarodowych (Funduszy Norweskich i EOG) uczestniczyły 3 podmioty, wśród których jedna pełniła funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **6 528 354 zł.**

Tabela 5.1.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze nanotechnologii*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące – konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące – wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	4	4	0	28 827 456
Programy krajowe	4	12	4	36 743 589
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	1	3	1	6 528 354
Sumarycznie	**9**			**72 099 399**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Po dwa projekty w ramach funduszy europejskich zrealizowały Ośrodek Badawczo-Rozwojowy – Wojewódzki Szpital Specjalistyczny we Wrocławiu oraz Politechnika Warszawska. Łączna wartość tych przedsięwzięć wyniosła odpowiednio **10 016 812 zł** oraz **18 810 643 zł**. Z kolei po jednym projekcie wykonało Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN (**5 010 625 zł**) oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji (**11 665 607 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Tylko jeden podmiot – Politechnika Warszawska – wykonał 2 projekty w ramach funduszy krajowych, a ich łączna wartość stanowiła **28 849 870 zł**. Trzy instytucje – Instytut Fizyki PAN, Instytut Łączności PIB oraz Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, uczestniczyły jako konsorcjanci w jednym projekcie o wartości **14 522 140 zł.**

Wspólnie jeden projekt o wartości **14 327 730 zł** zrealizowały: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych (jako wnioskodawca) oraz Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN, Uniwersytet w Białymstoku i Politechnika Warszawska.

Jeden projekt jako wnioskodawca zrealizowała również Politechnika Śląska razem z Instytutem Technologii Bezpieczeństwa MORATEX oraz Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia (**7 732 944 zł**), a także KUL w Lublinie (**160 775 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Uniwersytet Warszawski i Warszawski Uniwersytet Medyczny wykonały jeden projekt finansowany z funduszy międzynarodowych o wartości **6 528 354 zł**.

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

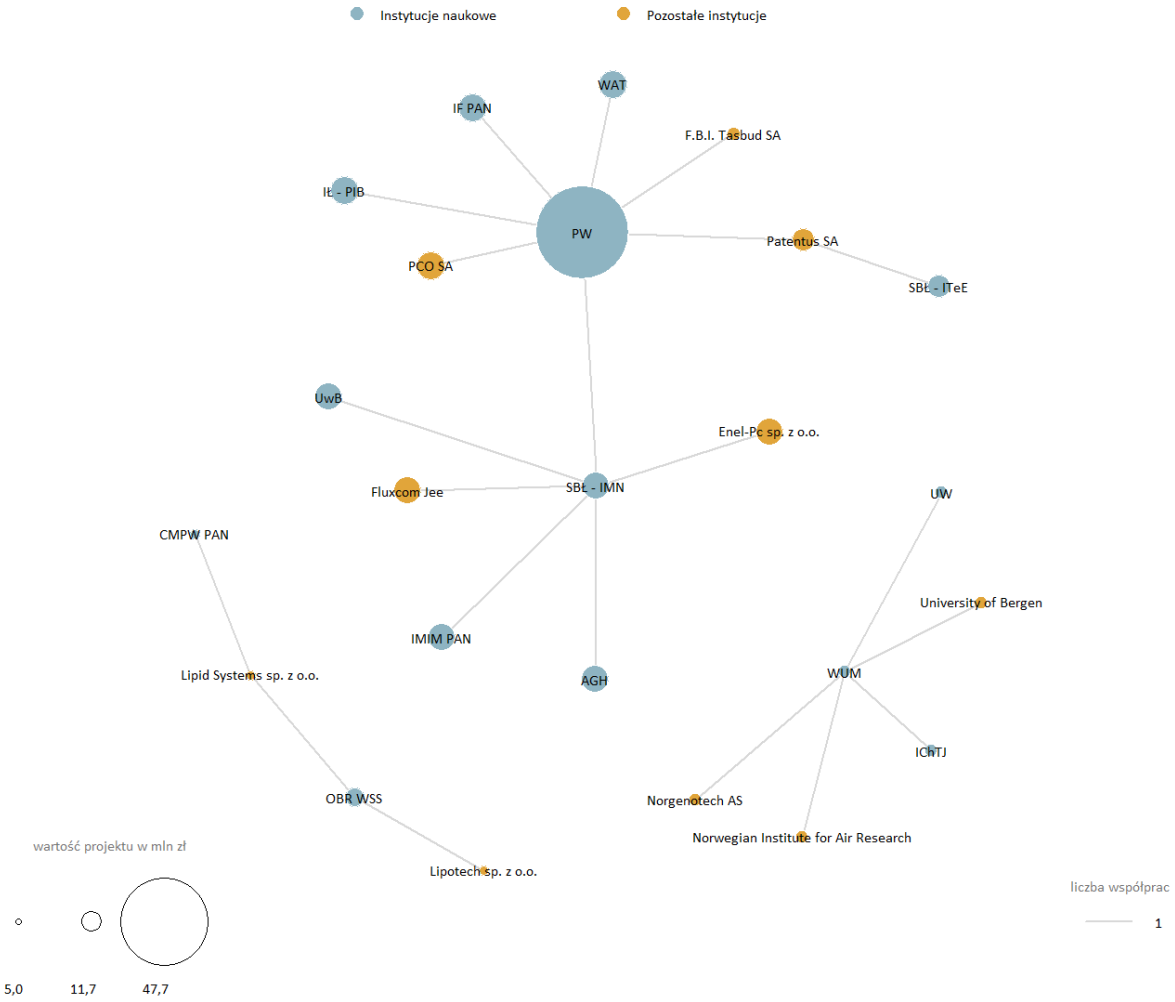
Na wykresie 5.1.2 przedstawiono **projekty** finansowane w ramach programów wskazanych powyżej, realizowane we współpracy z instytucjami spoza systemu POL-on. **Łącznie 14 jednostek z systemu POL-on zrealizowało 7 takich projektów o wartości 64 205 680 zł.**

Projekty o największej wartości wykonała Politechnika Warszawska (łącznie **47 660 513 zł)**. Wspomniane w paragrafie dotyczącym funduszy krajowych projekty o sumach **14 522 140 zł** oraz **14 327 730 zł** były kolejnymi co do wartości realizowanymi z podmiotami spoza systemu POL-on. Po trzy współprace z innymi podmiotami odnotowano w przypadku Politechniki Warszawskiej oraz Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Politechnika współpracowała z firmą F.B.I. Tasbud S.A., PCO S.A. oraz Patentus S.A. Z kolei Warszawski Uniwersytet Medyczny kooperował z NorgenoTech AS, University of Bergen i Norwegian Institute for Air Research.

Stopień gotowości technologicznej

W obszarze nanotechnologii nie zidentyfikowano projektów, w ramach których opracowano rozwiązania, dla których możliwe było wskazanie stopnia gotowości technologicznej.

Wykres 5.1.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze nanotechnologii*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

5.1.2 Wiodący naukowcy

Wśród 15 wiodących naukowców w obszarze nanotechnologii znalazło się sześć osób zatrudnionych w czterech jednostkach spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze: prof. dr hab. Teofil Jesionowski z Politechniki Poznańskiej, który został liderem rankingu wiodących naukowców, dr Krzysztof Formela z Politechniki Gdańskiej, trzech naukowców z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu – dr hab. Igor Iatsunskyi, dr Grzegorz Nowaczyk i dr Karol Załęski oraz dr Jacek Wojnarowicz z Instytutu Wysokich Ciśnień PAN (por. tabela 5.1.3). Drugie i trzecie miejsce w rankingu wiodących naukowców zajęli prof. dr hab. Ewa Mijowska z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie i dr hab. Tomasz Kołtunowicz z Politechniki Lubelskiej. Te dwie jednostki naukowe uplasowały się odpowiednio na czwartym i czternastym miejscu w rankingu wiodących jednostek.

Najczęściej cytowanymi pracami w obszarze był te popełnione przez prof. dr. hab. Teofila Jesionowskiego (1 911 cytowań); największy dorobek publikacyjny w obszarze zgromadziła prof. dr hab. Ewa Mijowska (67 prac), natomiast najwyższy indeks Hirscha odnotowano dla dr hab. Tomasza

***Tabela 5.1.3**. Ranking naukowców w obszarze nanotechnologii według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Teofil Jesionowski	Politechnika Poznańska	65	1 911	2,10	19	**100**
2	prof. dr hab. Ewa Mijowska	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	67	1 208	1,48	19	**84**
3	dr hab. Tomasz Kołtunowicz	Politechnika Lubelska	57	756	0,83	22	**70**
4	dr Dariusz Grzesiak	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	22	850	3,40	12	**58**
5	dr hab. Tomasz Antosiewicz	Uniwersytet Warszawski	24	867	3,16	12	**57**
6	prof. dr hab. Grzegorz Sulka	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	33	850	1,66	16	**55**
7	dr Krzysztof Formela	Politechnika Gdańska	24	586	2,80	15	**54**
8	prof. dr hab. Krzysztof Pielichowski	Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	51	680	0,91	14	**52**
9	dr hab. Igor Iatsunskyi	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	24	636	2,33	16	**52**
10	dr Grzegorz Nowaczyk		30	624	1,66	17	**51**
11	dr Karol Załęski		22	554	1,87	13	**40**
12	dr Jacek Wojnarowicz	Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk*	18	406	2,07	14	**39**
13	dr hab. Sandra Paszkiewicz	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	44	399	0,70	12	**38**
14	dr hab. Anna Szymczyk		38	402	0,75	12	**35**
15	prof. dr hab. Tomasz Puzyn	Uniwersytet Gdański	18	472	1,90	12	**35**

** Ostatnie miejsce zatrudnienia według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

Kołtunowicza (h = 22). Największy średni poziom wpływu osiągnęły prace dr. Dariusza Grzesiaka w Szczecinie (MNCS = 3,4). Z kolei największą liczbę patentów (15) zgłosił dr hab. Marcin Banach z Politechniki Krakowskiej, który zajął dwunaste miejsce w rankingu wiodących jednostek w obszarze (por. tabela 5.1.1). Drugie miejsce pod kątem zgłoszeń patentowych uzyskał dr Paweł Pięta z Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu (11), a trzecie – prof. dr hab. Roberta Hołysta z Instytutu Chemii Fizycznej PAN (10), czyli piątej jednostki rankingu wiodących instytucji. Wśród 15 najlepszych naukowców największą aktywnością patentową wykazała się prof. dr hab. Ewa Mijowska, która zgłosiła sześć patentów.

5.2 Technologie chemiczne

5.2.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii chemicznych, obejmującym 12 podklas IPC:

1. **B01D** – Oddzielanie;
2. **B01F** – Mieszanie, np. rozpuszczanie, emulgowanie, dyspergowanie;
3. **B01J** – Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu;
4. **B01L** – Laboratoryjne aparaty chemiczne lub fizyczne do ogólnego stosowania;
5. **B08B** – Czyszczenie ogólnie; zabezpieczanie przed zabrudzeniem, ogólnie;
6. **C05G** – Mieszaniny nawozów należących do różnych podklas klasy c05; mieszaniny jednego lub kilku nawozów z dodatkami niemającymi zdolności użyźniających; nawozy znamienne postacią;
7. **C08K** – Zastosowanie substancji nieorganicznych lub substancji organicznych innych niż wielkocząsteczkowe jako składników mieszaniny;
8. **C08L** – Mieszaniny związków wielkocząsteczkowych;
9. **C09D** – Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu;
10. **D06B** – Obróbka materiałów włókienniczych z zastosowaniem cieczy, gazów lub pary;
11. **D06C** – Wykańczanie, uszlachetnianie, rozciąganie na szerokość lub wyciąganie wyrobów włókienniczych;
12. **F26B** – Suszenie stałych materiałów lub przedmiotów przez usuwanie z nich cieczy.

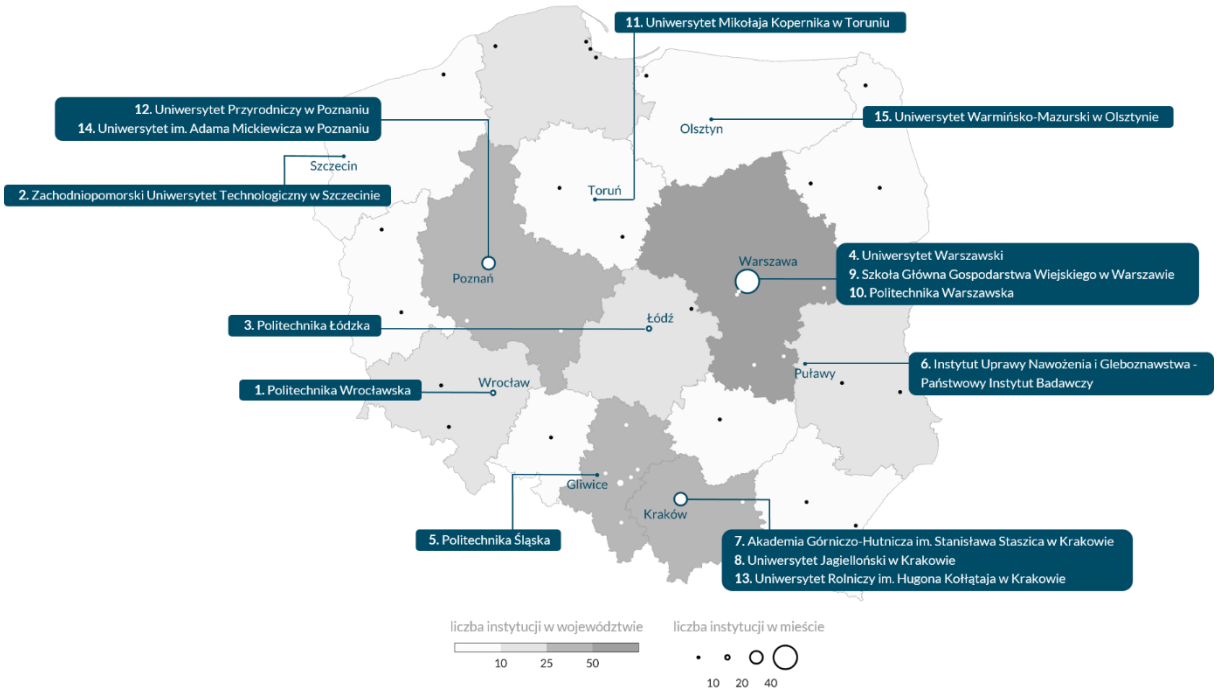
Zdecydowanie najwięcej jednostek naukowych z obszaru technologii chemicznych (ponad 50) jest zlokalizowanych w województwie mazowieckim. W województwie śląskim, małopolskim oraz wielkopolskim działa między 25 a 50 jednostek (por. mapa 5.2.1).

Wyłonione wiodące jednostki w obszarze technologii chemicznych są rozproszone w 10 miastach na terenie 10 województw i są zlokalizowane przede wszystkim w ich stolicach. Wyjątkiem są Gliwice oraz Puławy, w których mieszczą się odpowiednio: Politechnika Śląska oraz Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy. Najwięcej z nich – po trzy – znajduje się w Warszawie oraz Krakowie. Jednak oprócz Uniwersytetu Warszawskiego, plasującego się na czwartym miejscu, są to instytucje, które znalazły się w drugiej połowie zestawienia wiodących jednostek naukowych w obszarze. Dalsze lokaty przypadły również dwóm jednostkom z Poznania – Uniwersytetowi Przyrodniczemu oraz Uniwersytetowi im. Adama Mickiewicza. Czołowe miejsca zajęły instytucje zlokalizowane w miastach o stosunkowo małej liczbie jednostek naukowych zajmujących się technologiami chemicznymi – we Wrocławiu, Szczecinie oraz Łodzi.

Maksymalną liczbę punktów w rankingu wskaźnika syntetycznego otrzymała Politechnika Wrocławska, jednostka aktywna we wszystkich czterech składowych wskaźnika, wyróżniająca się największą aktywnością projektową oraz wysokim potencjałem kadrowym (por. tabela 5.2.1). Drugie miejsce przypadło Zachodniopomorskiemu Uniwersytetowi Technologicznemu w Szczecinie, który osiągnął

najwyższe noty zarówno w potencjale kadrowym, jak i aktywności patentowej. Największym potencjałem publikacyjnym charakteryzował się Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, osiągając równocześnie dość niskie wyniki w innych składowych wskaźnika syntetycznego, co uplasowało go w połowie zestawienia, na ósmym miejscu. Jednocześnie była to ostatnia jednostka o wartości wskaźnika syntetycznego przekraczającej 50 punktów. Wśród 15 wyłonionych wiodących jednostek najmniejszym potencjałem kadrowym charakteryzował się Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, a publikacyjnym Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, który podobnie jak lider rankingu osiągnął najwyższe noty w aktywności projektowej. Zaledwie pięć wiodących instytucji uczestniczyło w projektach z programu Horyzont 2020 związanych z obszarem technologii chemicznych.

Mapa 5.2.2. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii chemicznych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

W przypadku technologii chemicznych, potencjał kadrowy wyznaczono na podstawie dwóch miar składowych[10] (por. Załącznik 5.2, Z5.2.1). W latach 1999–2019 w polskich jednostkach naukowych nadano łącznie około 2,9 tys. stopni doktora i doktora habilitowanego w tematyce związanej z technologiami chemicznymi. Najwięcej z nich przyznano w drugiej instytucji według wskaźnika syntetycznego – Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie, na którym

[10] Zrezygnowano z obliczenia pozostałych dwóch miar potencjału kadrowego wyznaczanych na podstawie danych pochodzących z systemu PBN, tj. udziału zatrudnionych w określonym obszarze w danej jednostce wśród wszystkich pracowników tej jednostki oraz udziału zatrudnionych w określonym obszarze w danej jednostce wśród wszystkich pracowników w tym obszarze w Polsce. Podyktowane było to znacząco mniejszą liczbą publikacji z obszaru technologii chemicznych wyszukanych w bazie PBN w stosunku do wyników otrzymanych na podstawie Web of Science. Wszystkie statystyki dotyczące publikacji w niniejszym rozdziale zostały przygotowane wyłącznie na podstawie wyników WoS.

Tabela 5.2.2. *Ranking instytucji w obszarze technologii chemicznych według wskaźnika syntetycznego*

	Nazwa jednostki	Ranking (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0–100)				
		Potencjał kadrowy	Potencjał publikacyjny	Aktywność patentowa	Aktywność projektowa	Instytucje
1	Politechnika Wrocławska	82	49	28	100	**100**
2	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	100	24	100	-	**87**
3	Politechnika Łódzka	76	41	57	-	**67**
4	Uniwersytet Warszawski	30	87	7	50	**67**
5	Politechnika Śląska	47	40	24	50	**62**
6	Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy	29	7	1	100	**53**
7	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	72	48	13	-	**51**
8	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	21	100	9	-	**50**
9	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie	91	26	2	-	**46**
10	Politechnika Warszawska	38	51	22	-	**43**
11	Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu	12	35	7	50	**40**
12	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu	76	26	3	-	**40**
13	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	81	14	3	-	**38**
14	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	31	49	17	-	**38**
15	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	63	20	4	-	**34**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

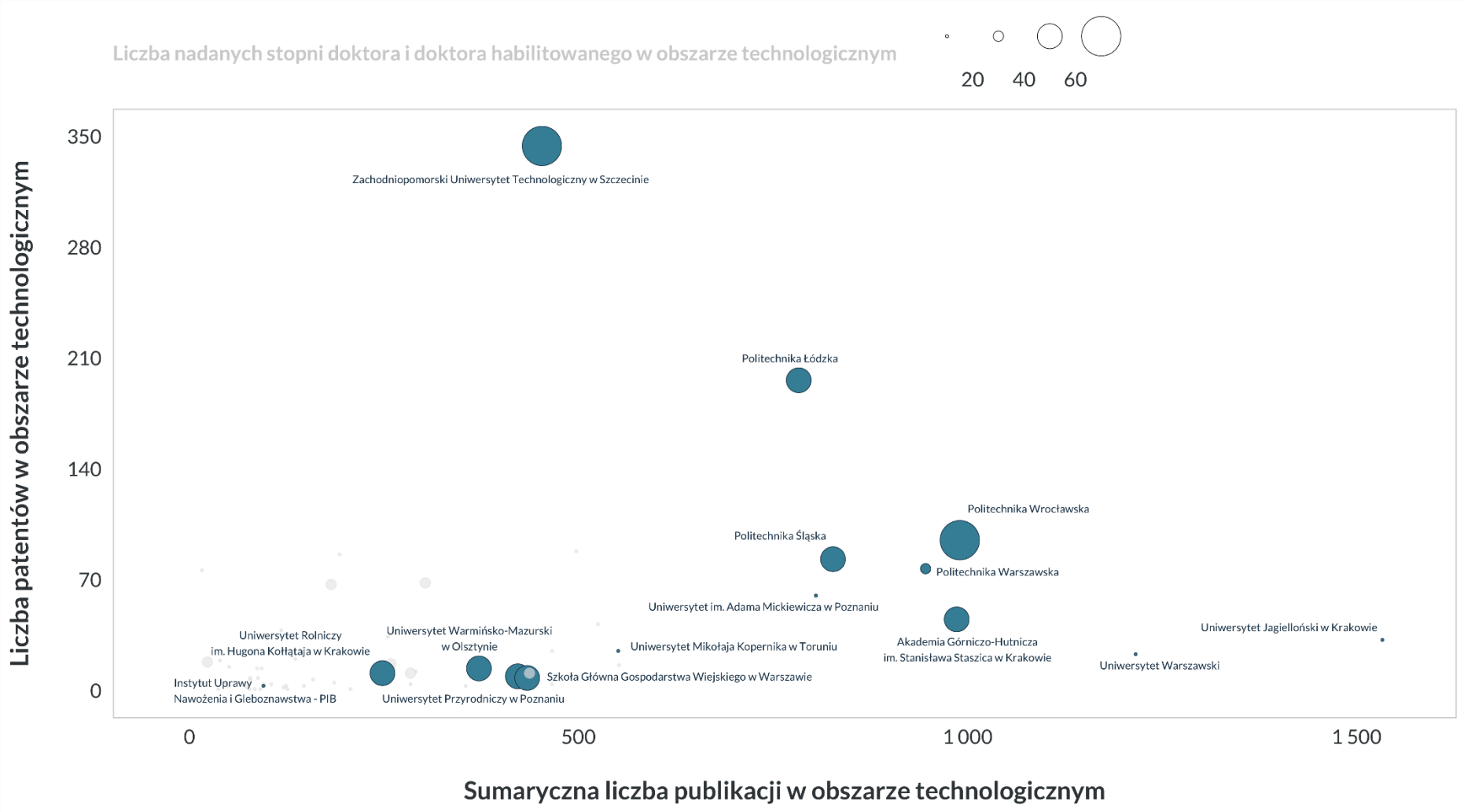
obroniono 63 prace doktorskie oraz 18 habilitacyjnych w omawianym obszarze (por. Załącznik 5.2, Z5.2.3). Drugie miejsce przypadło liderowi rankingu wiodących jednostek – Politechnice Wrocławskiej, na której 67 osób uzyskało stopień naukowy w obszarze technologii chemicznych. Kolejne miejsce zajęła uczelnia zatrudniająca w 2019 roku najwięcej osób, które zdobyły dyplom w obszarze – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W latach 1999–2019 na uczelni tej nadano najwięcej stopni doktora habilitowanego w obszarze technologii chemicznych. W tych trzech instytucjach nadano łącznie około 20% stopni naukowych w obszarze w analizowanym okresie. Wśród 16 podmiotów, w których przyznano więcej niż 2% wszystkich stopni naukowych

w obszarze, sześć to instytucje spoza rankingu 15 wiodących jednostek naukowych. Najwięcej stopni naukowych spośród nich nadano na Politechnice Częstochowskiej – 36.

Potencjał publikacyjny określono w oparciu o trzy miary składowe (por. Załącznik 5.2, Z5.2.2) – dorobek publikacyjny jednostki naukowej w obszarze i dwa wskaźniki wpływu – absolutną oraz średnią liczbę cytowań znormalizowaną względem obszaru oraz roku publikacji. Jednostką naukową, która osiągnęła maksymalną liczbę punktów w potencjale publikacyjnym, była ósma instytucja zestawienia według wskaźnika syntetycznego – Uniwersytet Jagielloński w Krakowie. Naukowcy afiliujący do tej instytucji opublikowali w latach 2010–2019 najwięcej prac naukowych o tematyce związanej z obszarem technologii chemicznych, a ich prace otrzymały największą liczbę cytowań – 1 533 publikacje ich autorstwa cytowano około 23,9 tys. razy, co przełożyło się na ich ponadprzeciętny wpływ w obszarze mierzony znormalizowaną średnią liczbą cytowań równy 1,43 (por. Załącznik 5.2, Z5.2.5). Największym poziomem cytowań (MNCS = 10,58) charakteryzowały prace badaczy z jednostki spoza rankingu wskaźnika syntetycznego – Instytutu Matematycznego PAN, którzy w ciągu 10 lat opublikowali zaledwie siedem prac naukowych z obszaru technologii chemicznych. Wśród pierwszej 15 rankingu wiodących jednostek naukowych najlepszym wpływem cechowały się publikacje naukowców afiliujących do Uniwersytetu Warszawskiego (MNCS = 1,68), jednostki z drugim co do wielkości dorobkiem publikacyjnym w obszarze, zajmującej wysoką, czwartą lokatę w rankingu według wskaźnika syntetycznego. Pozostałymi wiodącymi instytucjami, których publikacje charakteryzowały się ponadprzeciętnym wpływem, były: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (1,22) oraz Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (1,17). Prace naukowe autorstwa badaczy ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie osiągnęły wpływ zbliżony do przeciętnego w obszarze. Czołówka rankingu według wskaźnika syntetycznego wypadła nieco słabiej w potencjale publikacyjnym, osiągając niskie wartości poziomu cytowań prac, poniżej średniej w obszarze. Wielkość dorobku publikacyjnego naukowców afiliujących do Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie była zbliżona do lidera rankingu wiodących jednostek – Politechniki Wrocławskiej.

Najwięcej patentów zgłosiły uczelnie z pierwszej trójki wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii chemicznych (por. Załącznik 5.2, Z5.2.4) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (344), Politechnika Łódzka (196) oraz Politechnika Wrocławska (95). Wśród jednostek spoza grupy 15 najlepszych instytucji, najwięcej patentów złożyła Politechnika Poznańska (88). Instytucja o największej liczbie zgłoszonych patentów – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie – cechowała się także najwyższą liczbą nadanych stopni naukowych w obszarze technologii chemicznych (81), a naukowcy do niej afiliujący opublikowali 453 prace naukowe w tym obszarze (por. wykres 5.2.1). To około trzech razy mniej publikacji niż przygotowali naukowcy z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Pomimo największego dorobku publikacyjnego w obszarze tej ostatniej instytucji, osiągnęła ona niskie wartości w pozostałych wymiarach wskaźnika syntetycznego, zgłaszając zaledwie 32 patenty i nadając 19 stopni naukowych w obszarze. Lider obszaru – Politechnika Wrocławska wykazała się nie tylko trzecią co do wielkości liczbą zgłoszeń patentowych, ale również trzecim dorobkiem publikacyjnym w obszarze (990) oraz znaczną liczbą nadanych stopni naukowych (67).

Wykres 5.2.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii chemicznych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii chemicznych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1.**

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii chemicznych zidentyfikowano 13 projektów finansowanych z prestiżowego programu Horyzont 2020, które zrealizowało 11 jednostek. Żaden z projektów nie był koordynowany przez polską instytucję. Po dwa uczestnictwa w programie zgromadziły Politechnika Wrocławska oraz Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy. Podmioty te zajęły odpowiednio pierwsze oraz szóste miejsce w rankingu wiodących jednostek według wskaźnika syntetycznego. Inne instytucje posiadały na swoim koncie po jednym projekcie, w tym trzy wiodące jednostki: Uniwersytet Warszawski, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz Politechnika Śląska, zajmujące odpowiednio czwarte, jedenaste oraz piąte miejsce w ogólnym zestawieniu.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**.

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (zob. tabela 5.2.2).

Tabela 5.2.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii chemicznych*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące - konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące - wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	18	22	13	126 996 199
Programy krajowe	17	19	10	181 820 676
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	5	6	5	37 877 844
Sumarycznie	**40**			**346 694 719**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

W **40 projektach** o łącznej wartości **346 694 719 zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów uczestniczyło łącznie **40 jednostek naukowych.**

- W **18 projektach** finansowanych z funduszy europejskich uczestniczyły **22 instytucje naukowe,** spośród których 13 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wyniosła **126 996 199 zł.**

- W **17 projektach** finansowanych z programów krajowych udział wzięło **19 jednostek naukowych,** a 10 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **181 820 676 zł**.
- W **5 projektach** finansowanych z programów międzynarodowych (Fundusze Norweskie i EOG) uczestniczyło **6 podmiotów**, wśród których 5 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **37 877 844 zł**.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Biorąc pod uwagę aktywność projektową w ramach **funduszy europejskich,** na pierwszym miejscu pod względem **liczby uczestnictw w projektach** znalazły się **4 instytucje**, z których każda realizowała po **2 projekty**. Należały do nich: Politechnika Warszawska (wartość projektów **35 808 062 zł**), Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych (**19 549 216 zł**), Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Nowych Syntez Chemicznych (**8 907 697 zł**) oraz Politechnika Wrocławska (**6 141 840 zł**).

Pozostałe instytucje zrealizowały po jednym projekcie. Wśród nich, projekty o największej wartości wykonało Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A.[11] (**31 621 138 zł**) oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa (**15 830 142 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

W największej liczbie projektów w ramach programów krajowych uczestniczyła Politechnika Śląska. Uczelnia ta zrealizowała **trzy projekty** o łącznej wartości **10 169 567 zł**.

Po **dwa projekty** wykonały Politechnika Rzeszowska, Politechnika Łódzka oraz Politechnika Warszawska. Wartość przedsięwzięć realizowanych przez te podmioty kształtowała się odpowiednio na poziomie: **45 104 875 zł, 3 898 656 zł** oraz **3 149 500 zł**.

Pozostałe jednostki zrealizowały po jednym projekcie. Wśród nich, projekt o największej wartości wykonała Politechnika Częstochowska we współpracy z Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie (**52 613 320 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

Dwa projekty o łącznej wartości **14 027 685 zł** zrealizowała Politechnika Śląska. Z kolei po jednym przedsięwzięciu finansowanym w ramach funduszy międzynarodowych miały na koncie: Politechnika Krakowska (**8 930 394 zł**), AGH w Krakowie (**8 518 748 zł**), Politechnika Gdańska i Poznańska (**6 871 859 zł**) oraz Fundacja Partnerstwa Technologicznego Technology Partners[12] (**6 401 015 zł**).

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

Współpracę w obszarze technologii chemicznych przeanalizowano w ramach wybranych programów wskazanych w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (s. 24).

[11] Jednostka o statusie „inna instytucja naukowa" w systemie POL-on.
[12] j.w.

Na wykresie 5.2.2 przedstawiono projekty finansowane w ramach programów wskazanych powyżej, realizowane we współpracy z instytucjami spoza systemu POL-on. **Łącznie 25 jednostek z systemu POL-on zrealizowało 25 unikatowych projektów o wartości 315 238 540 zł.**

Projekty o największej, łącznej wartości (**53 346 217 zł**) wykonano na **Politechnice Rzeszowskiej**, we współpracy z Termo Eco Energia sp. z o.o. oraz Uniwersytetem Rzeszowskim (**44 632 875 zł**) i Seco/Warwick sp. z o.o. **(8 713 342 zł)**. Następny co do wartości projekt zrealizowano we współpracy dwóch jednostek naukowych – Politechniki Częstochowskiej oraz Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z firmą Bioelektrownie Świętokrzyskie MK-Stoki Duże sp. z o.o. (**52 613 320 zł**).

Z kolei Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Techniki i Aparatury Medycznej ITAM współpracowały ze Śląskim Centrum Chorób Serca przy projekcie o wartości **36 386 300 zł.** Politechnika Warszawska wspólnie z przedsiębiorstwami: HPT Innovation sp. z o.o, Protechnika Grzegorz Kowalczyk i Limba sp. z o.o. oraz Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A wykonała projekty o wartości **35 808 062 zł**. Pozostałe 17 jednostek zrealizowało przedsięwzięcia o wartości mniejszej niż 30 mln zł.

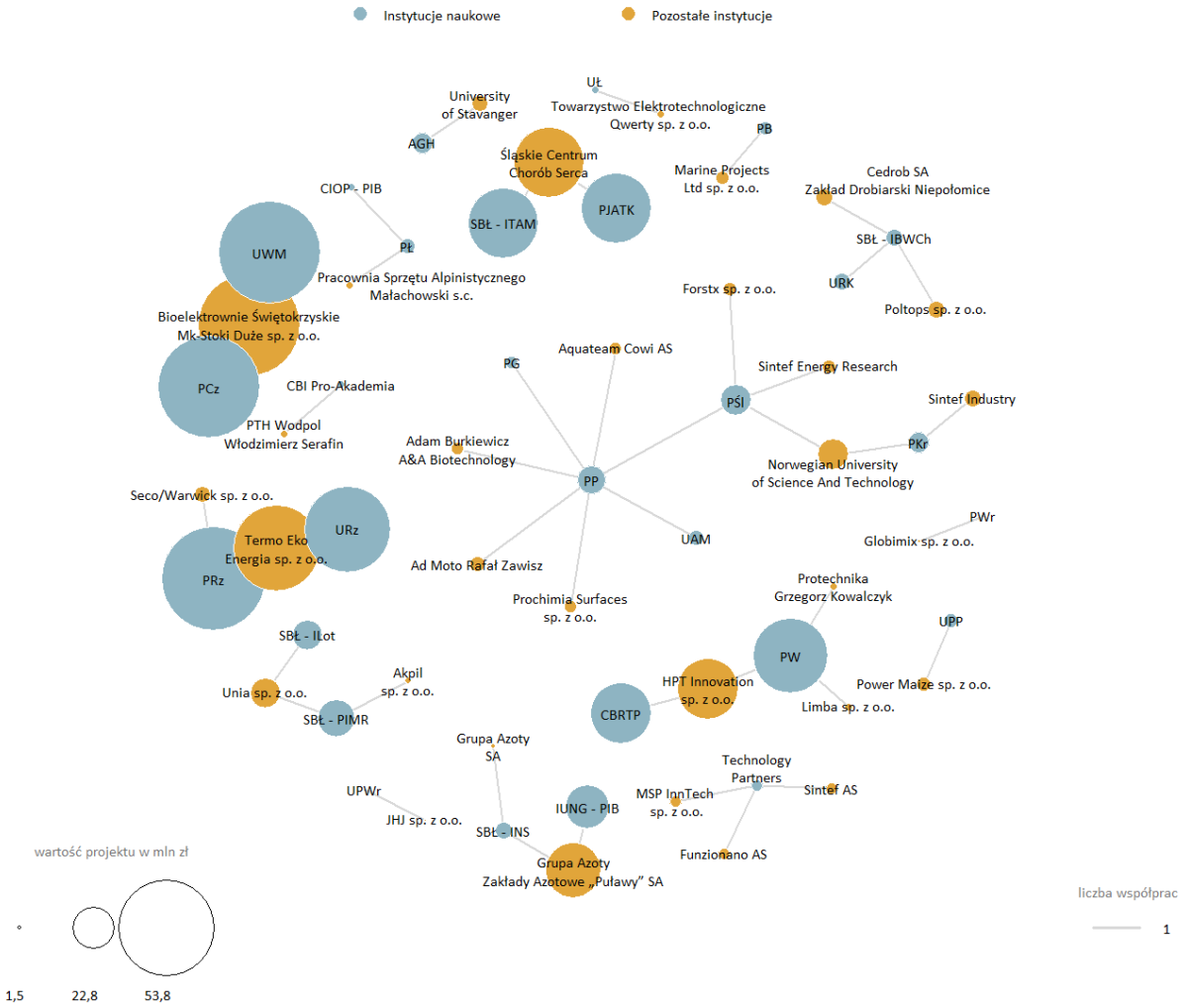
Jednostką współpracującą z **największą liczbą instytucji** była Politechnika Poznańska (**4 instytucje współpracujące spoza systemu POL-on**), która w tej formule zrealizowała projekty o wartości **14 787 602 zł**.

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w ramach 11 projektów realizowanych w obszarze technologii chemicznych. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL od VII do IX:

- **Dwa projekty** zakończyły się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Do tej grupy należały projekty realizowane w ramach konkursów POIR 04.01.02 przez następujące jednostki: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu oraz Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia.
- **Trzy projekty** zakończyły się **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. W tej grupie projekty realizował: w ramach konkursów POIR 04.01.01 – Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN; w ramach konkursów POIR.04.01.02 – Uniwersytet Łódzki, a w ramach konkursów POIR 04.01.04 – Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych.
- **Sześć projektów** zakończyło się **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursów POIR 04.01.01 przez Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; w ramach POIR 04.01.02 przez Politechnikę Warszawską, Politechnikę Poznańską oraz Politechnikę Białostocką oraz w ramach konkursów POIR 04.01.04 przez Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu i Politechnikę Łódzką.

Wykres 5.2.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii chemicznych*



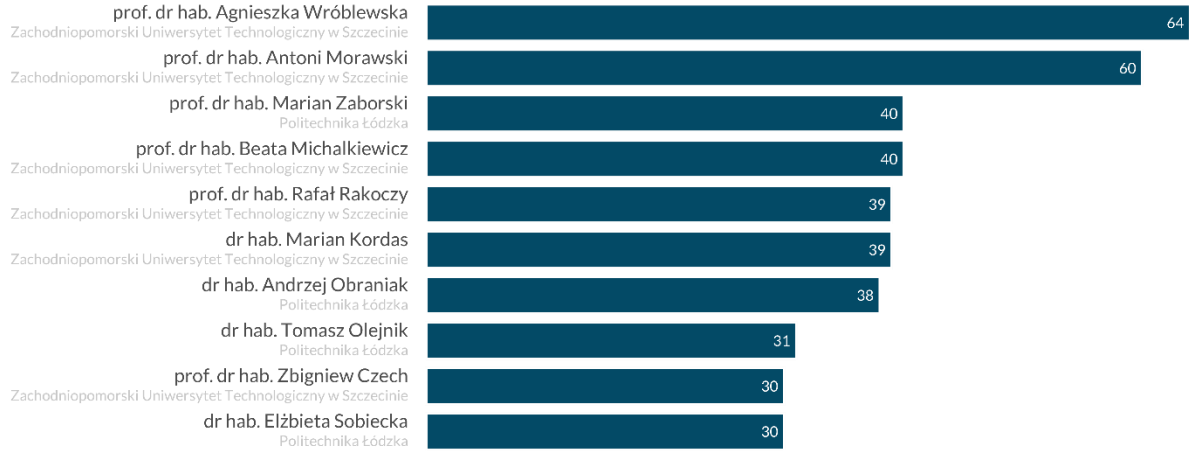
Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

5.2.2 Wiodący naukowcy

Wśród 15 wiodących naukowców, aż siedem osób było zatrudnionych w instytucjach, które nie znalazły się wśród 15 najlepszych jednostek w obszarze technologii chemicznych (por. tabela 5.2.3). Do tej grupy należeli badacze, którzy zajęli dwa pierwsze miejsca w rankingu wiodących naukowców: prof. dr hab. Maciej Banach z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi oraz dr Krzysztof Formel z Politechniki Gdańskiej. Na trzecim miejscu w zestawieniu badaczy znalazły się dwie osoby zatrudnione na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, czyli w jednostce o największym potencjale publikacyjnym w obszarze, zajmującej ósme miejsce rankingu według wskaźnika syntetycznego: prof. dr hab. Anetta Undas oraz dr hab. Michał Rams.

Wykres 5.2.3. *Naukowcy z największą liczbą zgłoszeń patentowych w obszarze technologii chemicznych w okresie 2010–2019*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring).

Prace naukowe popełnione w latach 2010–2019 przez lidera zestawiania wiodących naukowców w obszarze technologii chemicznych – prof. dr hab. Macieja Banacha osiągnęły najwyższe wartości dwóch wskaźników wpływu: sumarycznej liczby cytowań (277 prac naukowych autorstwa tego badacza cytowano 1 644 razy) i znormalizowanej średniej liczbie cytowań (MNCS = 10). Największy dorobek publikacyjny zgromadziło dwóch naukowców: prof. dr hab. Katarzyna Chojnacka oraz dr Krzysztof Formela (po 47 prac w obszarze). Ten ostatni badacz osiągnął jednocześnie najwyższy indeks Hirscha w obszarze równy 18, co oznaczało, że 18 publikacji jego autorstwa cytowano przynajmniej 18 razy.

W zakresie liczby zgłoszeń patentowych, największą ich liczbę odnotowano dla osób spoza rankingu wiodących naukowców, tj. dla: prof. dr hab. Agnieszki Wróblewskiej (64) i prof. dr. hab. Antoniego Morawskiego (60) z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (por. wykres 5.2.3), jednostki z drugiego miejsca w ogólnym zestawieniu według wskaźnika syntetycznego o największej aktywności patentowej i potencjale kadrowym w obszarze technologii chemicznych. Spośród 10 naukowców z największą liczbą patentów aż połowa była zatrudniona na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie.

Tabela 5.2.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii chemicznych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Maciej Banach	Uniwersytet Medyczny w Łodzi	27	1 664	10,00	11	**100**
2	dr Krzysztof Formela	Politechnika Gdańska	47	791	2,40	18	**94**
3	prof. dr hab. Anetta Undas	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	35	748	1,48	14	**66**
4	dr hab. Michał Rams		26	750	2,53	17	**66**
5	dr hab. Łukasz Śliwczyński	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	43	551	0,98	11	**63**
6	prof. dr hab. Daniel Gryko	Instytut Chemii Organicznej Polskiej Akademii Nauk	36	498	1,50	14	**62**
7	dr hab. Przemysław Krehlik	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	43	521	0,94	10	**60**
8	prof. dr hab. Alina Sionkowska	Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu	32	582	1,71	13	**58**
9	prof. dr hab. Katarzyna Chojnacka	Politechnika Wrocławska	47	293	0,55	9	**57**
10	prof. dr hab. Marcin Wojnar	Warszawski Uniwersytet Medyczny	35	459	1,14	13	**57**
11	prof. dr hab. Adam Figiel	Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu	24	732	2,54	14	**56**
12	prof. dr hab. Wojciech Święszkowski	Politechnika Warszawska	22	528	3,58	14	**53**
13	prof. dr hab. Anna Jakubowska	Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie	21	602	3,97	13	**53**
14	dr hab. Damian Pociecha	Uniwersytet Warszawski	31	441	1,33	13	**52**
15	dr hab. Maciej Podgórski	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie	24	461	1,72	14	**48**

Uwaga: Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

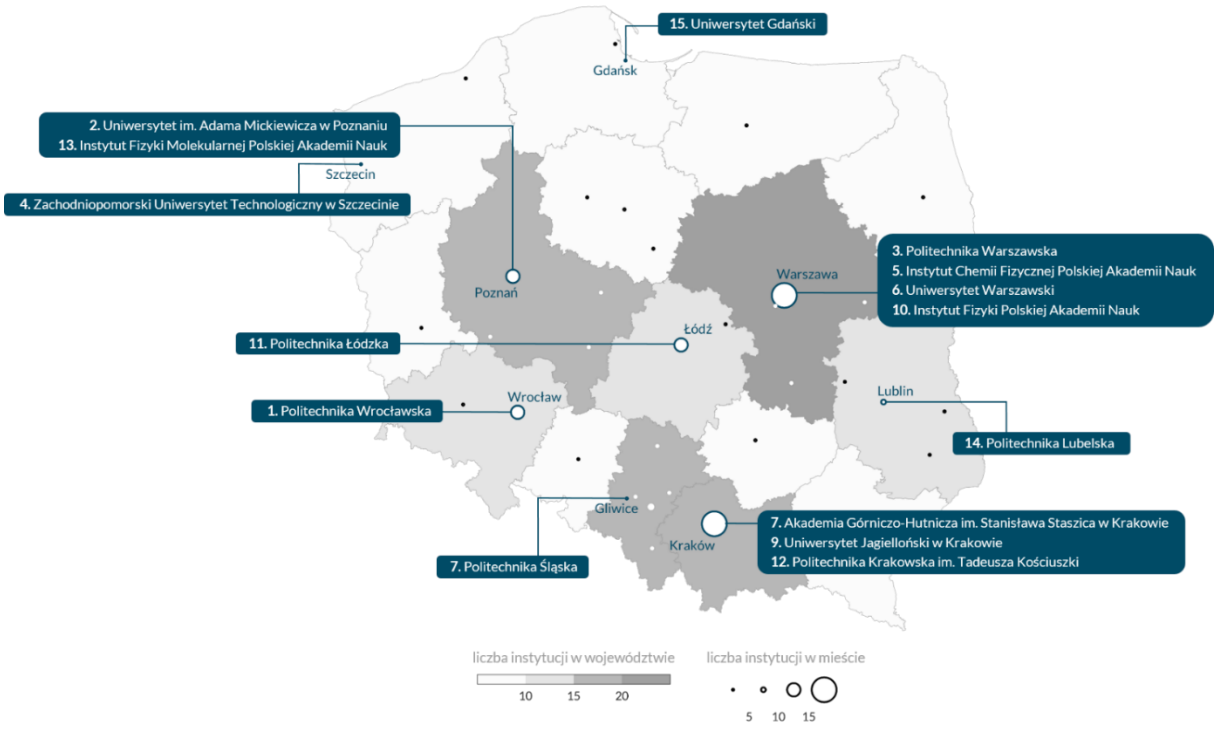
5.3 Technologie energetyczne

5.3.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii energetycznych, który objął pięć podklas IPC:

1. **F24T** – Kolektory geotermalne; systemy geotermalne;
2. **H01M** – Sposoby lub środki, np. baterie, do bezpośredniego przetwarzania energii chemicznej w energię elektryczną;
3. **H02B** – Rozdzielnice, stacje lub aparatura łączeniowa do zasilania lub rozdziału energii elektrycznej;
4. **H02J** – Obwody lub systemy zasilania lub rozdziału mocy elektrycznej; systemy do magazynowania energii elektrycznej;
5. **H02S** – Wytwarzanie energii elektrycznej poprzez przetwarzanie promieniowania podczerwonego, promieniowania widzialnego lub światła ultrafioletowego, np. z zastosowaniem modułów fotowoltaicznych.

Mapa 5.3.3. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii energetycznych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Zdecydowanie najwięcej instytucji z obszaru technologii energetycznych jest zlokalizowanych w województwie mazowieckim (por. mapa 5.3.1). Wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii energetycznych działają przede wszystkim w stolicach województw. Wyjątkiem są Gliwice, gdzie zlokalizowana jest Politechnika Śląska oraz Zabrze, w którym mieści się Centrum Materiałów

Tabela 5.3.3. *Ranking instytucji w obszarze technologii energetycznych według wskaźnika syntetycznego*

Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0–100)				
	Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1 Politechnika Warszawska	100	98	100	71	**100**
2 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	94	100	71	29	**79**
3 Politechnika Poznańska	14	85	68	71	**64**
4 Politechnika Śląska	45	46	21	100	**57**
5 Uniwersytet Warszawski	58	70	35	29	**52**
6 Politechnika Łódzka	63	53	18	29	**44**
7 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	13	36	26	71	**40**
8 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	20	35	9	71	**36**
9 Politechnika Wrocławska	57	61	-	14	**36**
10 Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk	27	62	26	14	**35**
11 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Elektrotechniki	37	77	9	-	**33**
12 Politechnika Gdańska	41	53	29	-	**33**
13 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL	32	52	18	-	**27**
14 Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk	23	77	-	-	**27**
15 Politechnika Lubelska	40	38	18	-	**26**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Polimerowych i Węglowych PAN. Cztery podmioty funkcjonują na Mazowszu, trzy na Śląsku, a kolejne dwa w Krakowie. Lokalizacje pozostałych wiodących jednostek naukowych to: Gdańsk, Lublin, Łódź, Poznań, Szczecin oraz Wrocław.

Na pierwszym miejscu w rankingu wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii energetycznych uplasowała się Politechnika Warszawska, uczelnia o najwyższym potencjale kadrowym, z największą liczbą zgłoszonych patentów w obszarze (por. tabela 5.3.1). Druga jednostka w zestawieniu – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie – osiągnęła najwyższy potencjał publikacyjny. Wysoka wyniki Politechniki Poznańskiej we wszystkich czterech składowych

wskaźnika syntetycznego przyczyniły się do zajęcia przez nią trzeciego miejsca. Największą aktywnością projektową cechowała się czwarta uczelnia w rankingu wiodących jednostek – Politechnika Śląska. Uniwersytet Warszawski był piątą i ostatnią jednostką o wartości wskaźnika syntetycznego powyżej 50 punktów.

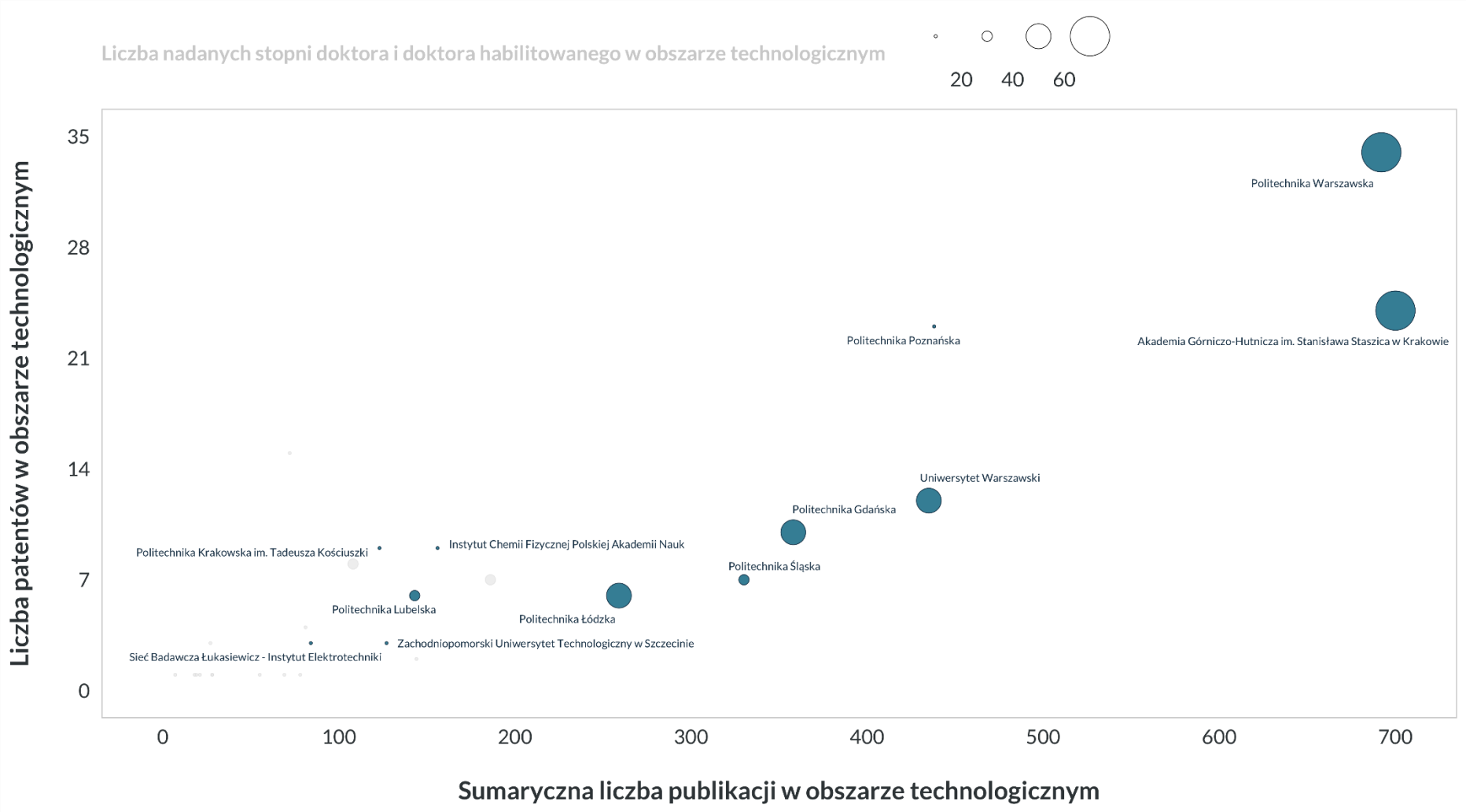
Potencjał kadrowy jednostek naukowych w obszarze technologii energetycznych, zbudowany na podstawie czterech miar składowych, był skoncentrowany w pierwszych dwóch instytucjach według wskaźnika syntetycznego (por. Załącznik 5.3, Z5.3.1). Największy potencjał kadrowy osiągnęła Politechnika Warszawska, lider ogólnego rankingu, na której w 2019 roku zatrudnionych było zarówno najwięcej osób z nadanym stopniem naukowym w obszarze, jak i osób, które w latach 2013–2019 opublikowały przynajmniej jedną pracę naukową z obszaru technologii energetycznych. W 2019 roku Politechnika Warszawska zatrudniała 371 pracowników z przynajmniej jedną pracą naukową z obszaru, co stanowiło 10% wszystkich publikujących w tym obszarze (por. Załącznik 5.3, Z5.3.4). Nieco mniej, 319 naukowców pracowało w drugiej jednostce w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. O połowę mniej badaczy zatrudniała czwarta jednostka w rankingu – Politechnika Śląska. Spośród 10 instytucji zatrudniających w 2019 roku więcej niż 2% autorów publikujących w obszarze tylko jedna – Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego – znalazła się poza rankingiem 15 najlepszych instytucji w obszarze technologii energetycznych, zatrudniając w 2019 roku 102 autorów prac naukowych z tego obszaru.

W latach 1999–2019 w polskich jednostkach naukowych nadano łącznie około 4,6 tys. stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze technologii energetycznych. Najwięcej z nich przyznano w drugiej jednostce w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, na której obroniono 76 prac doktorskich i 14 habilitacyjnych (por. Załącznik 5.3, Z5.3.3). Drugie miejsce, z podobną liczbą nadanych stopni (71 doktoratów i 16 habilitacji) przypadło Politechnice Warszawskiej. Na trzecim miejscu uplasował się Uniwersytet Warszawski z 63 doktoratami i 10 habilitacjami. W tych trzech jednostkach przyznano ponad 27% wszystkich stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze technologii energetycznych.

Największą specjalizacją pracowników w 2019 roku charakteryzował się Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który znalazł się w drugiej dziesiątce zestawienia, na 13. miejscu. Był to jedyny wskaźnik potencjały kadrowego, wyróżniający ten instytut na tle innych podmiotów – w pozostałych miarach uzyskał on zerowe lub bardzo niskie wartości.

Maksymalne wartości wskaźników potencjału publikacyjnego rozłożyły się równomiernie pomiędzy pięć instytucji, z czego cztery z nich zostały osiągnięte przez podmioty z pierwszej 15 zestawienia wiodących jednostek naukowych w obszarze. Pomimo to, że Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie nie uzyskała maksymalnej wartości w żadnej ze składowych omawianego wskaźnika, cechowała się największym potencjałem publikacyjnym, osiągając wysokie wyniki, szczególnie odnoszące się do liczby publikacji i cytowań. Według bazy PBN w latach 2013–2019 największy dorobek publikacyjny w obszarze osiągnęły osoby zatrudnione na Politechnice Warszawskiej (por. Załącznik 5.3, Z5.3.2). Najczęściej cytowanymi publikacjami w obszarze były prace naukowe badaczy z Politechniki Poznańskiej, a najwyższym wpływem (MNCS) cechowały się prace naukowców afiliujących do Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN. Z kolei największą specjalizację publikacyjną osiągnął Instytut Elektrotechniki z Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Wykres 5.3.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii energetycznych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Wśród pierwszej 15 wiodących jednostek naukowych, wysoką specjalizację publikacyjną osiągnęła również inna jednostka należąca do Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, podmiot o największej specjalizacji kadry w obszarze. Publikacje dotyczące obszaru technologii energetycznych tych dwóch jednostek stanowiły odpowiednio 14% oraz 11% ich całkowitego dorobku publikacyjnego z lat 2013–2019 (por. Załącznik 5.3, Z5.3.6). Spośród tych dwóch podmiotów większym udziałem prac w obszarze (2,65%) oraz większym odsetkiem zatrudnionych w 2019 roku naukowców publikujących prace w obszarze (1,16%) cechował się Instytut Elektrotechniki. Instytucje z największym dorobkiem publikacyjnym w obszarze, zatrudniające najwięcej osób, które opublikowały prace naukowe z obszaru technologii energetycznych – Politechnika Warszawska oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie – cechowały się dość niską specjalizacją publikacji na poziomie 2–2,5%.

Wśród 15 wiodących jednostek naukowych, ponadprzeciętnym wpływem cechowały się prace badaczy z aż dziewięciu instytucji (por. Załącznik 5.3, Z5.3.7). Spośród nich najwyższy poziom cytowań osiągnęły publikacje naukowców afiliujących do Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN (MNCS=4). Wysoki wpływ tej instytucji został osiągnięty przy niewielkiej liczbie publikacji w obszarze. Ostatecznie zajęła ona jedno z ostatnich miejsc w rankingu 15 wiodących jednostek. Największą liczbę cytowań osiągnęły prace naukowców afiliujących do trzeciej jednostki w zestawieniu według wskaźnika syntetycznego, tj. Politechniki Poznańskiej. Dorobek publikacyjny z obszaru technologii energetycznych tej uczelni, na który składało się 438 prac naukowych, był cytowany ponad 8,3 tys. razy. Pomimo największych dorobków publikacyjnych dwóch wiodących instytucji w obszarze – Politechniki Warszawskiej (692 prace) i AGH w Krakowie (700 prac) – ich prace cytowano nieco rzadziej niż średnio (MNCS równy odpowiednio: 0,89 i 0,97).

Największą liczbę zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 zanotowały uczelnie z pierwszej trójki rankingu wiodących jednostek: Politechnika Warszawska (34), Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (24) i Politechnika Poznańska (23). Na czwartym miejscu tego zestawienia znalazła się instytucja spoza rankingu 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie z 15 zgłoszeniami patentowymi.

Dwie jednostki o największej liczbie zgłoszeń patentowych nadały jednocześnie najwięcej stopni doktora i doktora habilitowanego, a także przygotowały najwięcej publikacji w obszarze (por. wykres 5.3.1). Pomimo uplasowania się Politechniki Poznańskiej na trzecim miejscu w rankingu aktywności patentowej, nadano w niej mało stopni naukowych w obszarze. Według bazy WoS w latach 2010–2019 naukowcy afiliujący do tej uczelni przygotowali 438 prac naukowych w obszarze energetycznym, co było trzecim dorobkiem publikacyjnym w obszarze. Niewiele mniej publikacji powstało na zajmującym piątą lokatę w rankingu ogólnym Uniwersytecie Warszawskim (435). W przypadku tej uczelni odnotowano również dużą liczbę nadanych stopni doktora (63) i doktora habilitowanego (10) oraz 12 zgłoszeń patentowych.

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii energetycznych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1.**

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii energetycznych zidentyfikowano 34 projekty w ramach prestiżowego programu Horyzont 2020. Koordynacją projektu wykazały się 4 jednostki z rankingu: Politechnika Śląska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Politechnika Poznańska i Politechnika Krakowska. Z kolei pod względem liczby uczestnictw w projektach, na pierwszym miejscu znalazła się Politechnika Warszawska (5 uczestnictw). Następna w zestawieniu Politechnika Śląska zrealizowała, jako wnioskodawca lub konsorcjant, łącznie 3 projekty. Kolejne 5 instytucji wykonało po 2 projekty: Uniwersytet Warszawski, Politechnika Łódzka, AGH w Krakowie oraz dwie jednostki spoza rankingu: Instytut Energetyki – Instytut Badawczy i Przemysłowy Instytut Motoryzacji należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz. Dodatkowo po jednym uczestnictwie (w roli wnioskodawcy lub konsorcjanta) w programie Horyzont 2020 odnotowano dla 18 instytucji, z których większość (13) nie znalazła się w rankingu wiodących jednostek.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**. Wykaz programów, które były analizowane pod tym kątem, zamieszczono w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (s. 24)

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod względem (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (zob. tabela 5.3.2).

Tabela 5.3.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii energetycznych*

Typ funduszy	Liczba projektów	Instytucje uczestniczące – konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące – wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	33	28	14	191 297 237
Programy krajowe	7	12	7	82 070 832
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	4	4	3	22 522 353
Sumarycznie	**44**			**295 890 422**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

W **44 projektach** o łącznej wartości **295 890 422 zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów uczestniczyło łącznie **37 jednostek naukowych.**

- W **33 projektach** finansowanych z funduszy europejskich uczestniczyło **28 instytucji naukowych,** spośród których 14 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **191 297 237 zł.**
- W **7 projektach** finansowanych z programów krajowych udział wzięło **12 jednostek naukowych,** a 7 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **82 070 832 zł**.
- W **4 projektach** finansowanych z programów międzynarodowych (Fundusze Norweskie i EOG) uczestniczyły **4 podmioty**, wśród których 3 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **22 522 353 zł.**

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Biorąc pod uwagę aktywność projektową w ramach funduszy europejskich, na pierwszym miejscu pod względem liczby uczestnictw w projektach znalazł się Instytut Metali Nieżelaznych z Sieci Badawczej Łukasiewicz. Instytut ten zrealizował **sześć projektów** o łącznej wartości **34 914 707,23 zł.**

Po dwa projekty zrealizowało kolejne 8 instytucji: AGH w Krakowie, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Instytut Kolejnictwa, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Politechnika Gdańska, Politechnika Poznańska, Politechnika Warszawska oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technik Innowacyjnych EMAG. Wartość tych projektów zrealizowanych przez poszczególne jednostki kształtowała się między **7 198 478,34 zł** (Politechnika Warszawska) a **14 981 813,49 zł** (Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla).

Pozostałe instytucje wykonały po jednym projekcie z funduszy europejskich. Wśród nich, projekt o największej wartości zrealizował Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL z Sieci Badawczej Łukasiewicz (**7 467 001 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Każda z 12 instytucji uczestniczących w programach krajowych zrealizowała po **jednym projekcie** w ramach tych funduszy. Wśród nich projekt o największej wartości **(32 606 424 zł)** wykonał Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN wspólnie z Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A. i firmą Hanplast sp z o.o. Drugi co do wielkości projekt (**28 723 743 zł**) zrealizowało konsorcjum złożone z Wojskowego Instytutu Techniki Inżynieryjnej PAN, który był wnioskodawcą oraz Instytutu Fizyki PAN, Uniwersytetu Warszawskiego i firmy ML System S.A.

Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

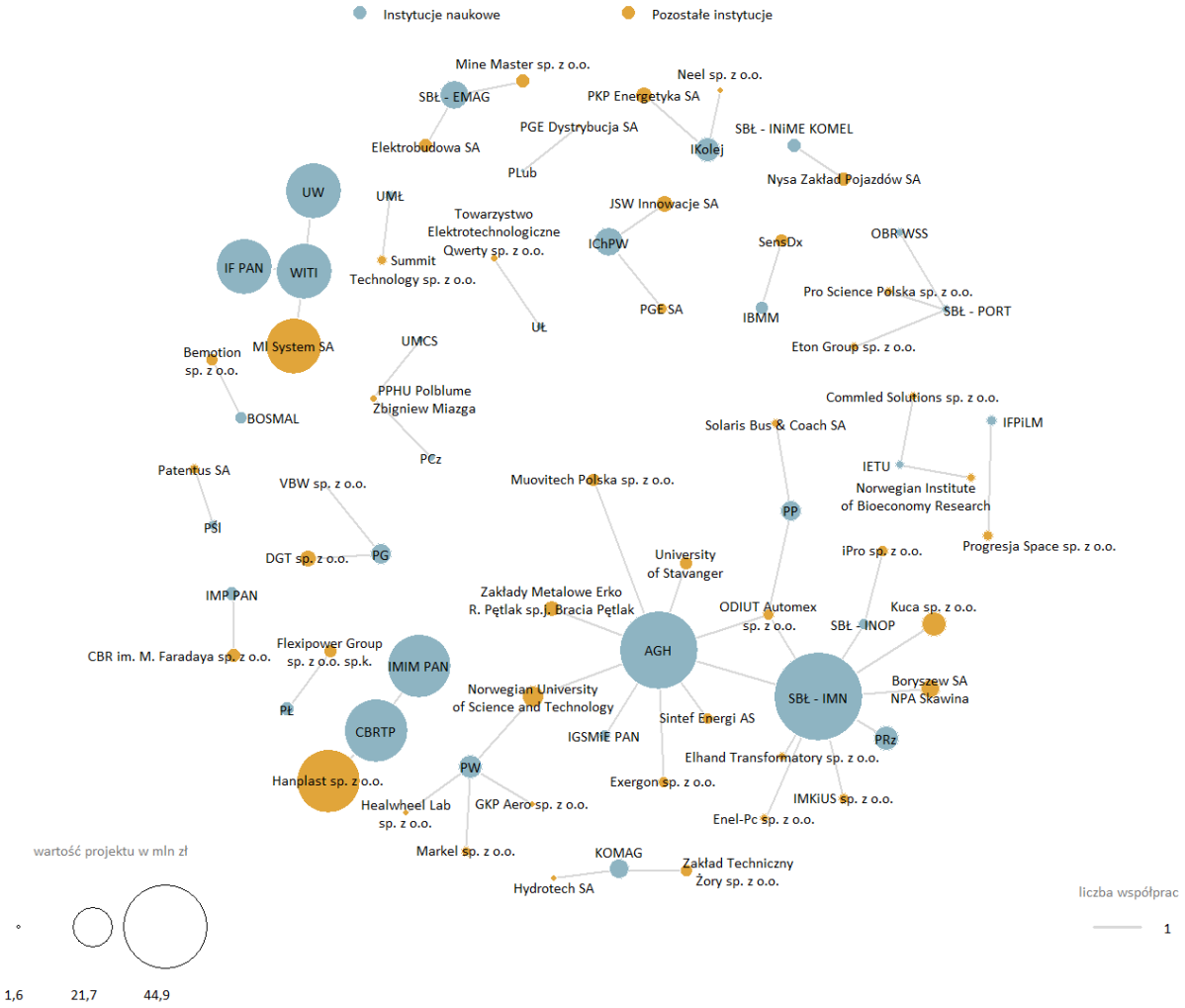
Dwa projekty o łącznej wartości **12 852 086,75 zł** wykonała Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Z kolei po jednym przedsięwzięciu finansowanym w ramach funduszy międzynarodowych zrealizowały: Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych **(4 484 257,88 zł),** Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN **(5 932 700 zł)** oraz Politechnika Warszawska **(5 186 008,31 zł).**

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

Na wykresie 5.3.2 przedstawiono projekty finansowane w ramach programów wskazanych powyżej i realizowane we współpracy z instytucjami spoza systemu POL-on. **Łącznie 34 jednostki z systemu POL-on zrealizowały 38 unikatowych projektów o wartości 281 123 023 zł.**

Wśród wszystkich instytucji występujących w systemie POL-on, **projekty o największej, łącznej wartości** (**47 499 304 zł**) wykonał Instytut Metali Nieżelaznych z Sieci Badawczej Łukasiewicz, we współpracy z następującymi instytucjami spoza systemu POL-on: Kuca sp. z o.o. w Stargardzie, Boryszew S.A. Oddział Nowoczesne Produkty Aluminiowe Skawina, Inżynieria Maszyn Klimatycznych i Urządzeń Specjalistycznych sp. z o.o., Enel Pc sp. z o.o., ODiUT Automex sp. z o.o. oraz Elhand Transformatory sp. z o.o. Kolejne co do wartości projekty zrealizowano na Akademii Górniczo-Hutniczej (**40 006 423 zł**). Uczelnia ta, oprócz wspólnych realizacji z Instytutem Metali Nieżelaznych z SBŁ oraz z Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, współpracowała z licznymi jednostkami spoza systemu POL-on.

Wykres 5.3.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii energetycznych*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Projekty o znaczącej wartości wdrażały we współpracy również: Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN (**36 627 224 zł**) i Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A. (**32 605 424 zł**), współpracujące z Hanplast sp. z o.o., a także Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej (**31 312 273 zł**), współpracujący z MI System SA oraz z Uniwersytetem Warszawskim i Instytutem Fizyki PAN.

Pozostałe jednostki zrealizowały przedsięwzięcia o wartości mniejszej niż 30 mln zł.

Do **jednostek naukowych**, które współpracowały z **największą liczbą instytucji**, zaliczają się: Akademia Górniczo-Hutnicza (9 instytucji) oraz Instytut Metali Nieżelaznych z Sieci Badawczej Łukasiewicz (9 instytucji).

W sieci współpracy jednostek naukowych w obszarze technologii energetycznych znalazły się **instytucje zagraniczne,** m.in.: Norwegian Institute of Bioeconomy, Norvegian University of Science and Technology i University of Stavanger w Norwegii.

TRL określono dla 14 projektów realizowanych w obszarze technologii energetycznych. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL od VII do IX:

- **Dwa projekty** zakończyły się **na poziomie VII,** na którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Do tej grupy należały projekty realizowane w ramach konkursu POIR 04.01.04 przez jednostki z Sieci badawczej Łukasiewicz: PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii oraz Instytut Metali Nieżelaznych.
- **Sześć projektów** zakończyło się **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. W tej grupie projekty realizował: w ramach konkursu POIR 01.02 Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla; w ramach konkursu POIR 04.01.01 – Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, natomiast w ramach konkursów POIR 04.01.02 – Politechnika Gdańska, Uniwersytet Łódzki, Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej oraz Instytut Techniki Górniczej KOMAG.
- **Sześć projektów** zakończyło się **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursów: POIR 04.01.01 przez Instytut Kolejnictwa, POIR 04.01.02 przez Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych, Politechnikę Lubelską i Politechnikę Poznańską, POIR 04.01.04 przez Instytut Biotechnologii i Medycyny Molekularnej oraz Instytut Obróbki Plastycznej.

5.3.2 Wiodący naukowcy

Wśród wiodących naukowców w obszarze technologii energetycznych, tylko jedna osoba – prof. dr hab. Agnieszka Iwan – pracowała w jednostce, która nie znalazła się wśród 15 najlepszych instytucji w obszarze, tj. na Akademii Wojsk Lądowych im. gen. Tadeusza Kościuszki. Prof. Iwan zajęła piąte miejsce w zestawieniu wiodących naukowców (zob. tabela 5.3.3).

Pierwsze miejsce w rankingu wiodących naukowców w omawianym obszarze należało do prof. dr. hab. Konrada Świerczka z AGH w Krakowie. Z niewiele niższym wynikiem, drugą lokatę zajął dr hab. Krzysztof Fic z Politechniki Poznańskiej, a trzecią – prof. dr hab. Grzegorz Lota, również z Politechniki Poznańskiej. Jednostki zatrudniające wspomnianych naukowców zajęły odpowiednio drugie i trzecie miejsce w klasyfikacji instytucji w tym obszarze.

Prof. dr hab. Konrad Świerczek osiągnął największy indeks Hirscha wśród wiodących naukowców (18). Niewiele niższy indeks (17) odnotowano dla prof. dr hab. Agnieszki Iwan z piątego miejsca zestawienia. Z kolei w przypadku dr hab. Krzysztofa Fica odnotowano najwięcej cytowań (1 399) oraz największy poziom wpływu (MNCS=4,12). Największa liczba publikacji należała zaś do prof. dr hab. Barbary Tomaszewskiej z AGH w Krakowie, która zajęła dziewiąte miejsce w zestawieniu naukowców.

W zakresie liczby zgłoszeń patentowych, najlepszy wynik odnotowano dla prof. dr hab. Elżbiety Frąckowiak i dr. hab. Krzysztofa Fica z Politechniki Poznańskiej (po 16 zgłoszeń). Tylko o jedno zgłoszenie mniej złożył prof. dr hab. Grzegorza Lota z tej samej uczelni (15). Dziesięć lub więcej patentów zgłosił również dr Andrzej Lange z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego (12) oraz prof. dr hab. Andrzej Czerwiński z Uniwersytetu Warszawskiego (10), czyli jednostki z piątego miejsca rankingu

Tabela 5.3.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii energetycznych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Konrad Świerczek	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	35	1 115	3,66	18	**100**
2	dr hab. Krzysztof Fic	Politechnika Poznańska	29	1 399	4,12	16	**99**
3	prof. dr hab. Grzegorz Lota		33	1 023	2,40	14	**80**
4	dr hab. Robert Bogdanowicz	Politechnika Gdańska	38	639	1,67	16	**75**
5	prof. dr hab. Agnieszka Iwan	Akademia Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki	35	691	1,61	17	**75**
6	prof. dr hab. Władysław Wieczorek	Politechnika Warszawska	33	754	1,93	16	**74**
7	dr hab. Jacek Ryl	Politechnika Gdańska	33	626	1,81	16	**71**
8	prof. dr hab. Krzysztof Maksymiuk	Uniwersytet Warszawski	42	530	1,19	14	**71**
9	prof. dr hab. Barbara Tomaszewska	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	43	405	0,94	13	**65**
10	dr hab. Xuecheng Chen	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	26	619	2,66	13	**64**
11	prof. dr hab. Ewa Mijowska		33	465	1,71	13	**61**
12	dr hab. Leszek Niedzicki	Politechnika Warszawska	22	647	2,29	15	**61**
13	dr Michał Sobaszek	Politechnika Gdańska*	20	436	2,16	14	**51**
14	prof. dr hab. Marek Marcinek	Politechnika Warszawska	20	521	2,14	13	**51**
15	dr hab. Grzegorz Milczarek	Politechnika Poznańska	16	636	3,05	10	**51**

** Wskazane miejsce zatrudnienia nie jest podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r., oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

instytucji. Spośród wymienionych osób, tylko dr hab. Krzysztof Fic oraz prof. dr hab. Grzegorz Lota znaleźli się w rankingu wiodących naukowców. Wśród piętnastu najlepszych badaczy, poza wyżej wspomnianymi osobami, zgłoszenia patentowe odnotowano dla trzech osób z Politechniki Warszawskiej: dr. hab. Leszka Niedzickiego (8), prof. dr. hab. Władysława Wieczorka (7) oraz prof. dr. hab. Marka Marcinka (6).

5.4 Technologie informacyjne i komunikacyjne

5.4.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych, który objął 11 podklas IPC:

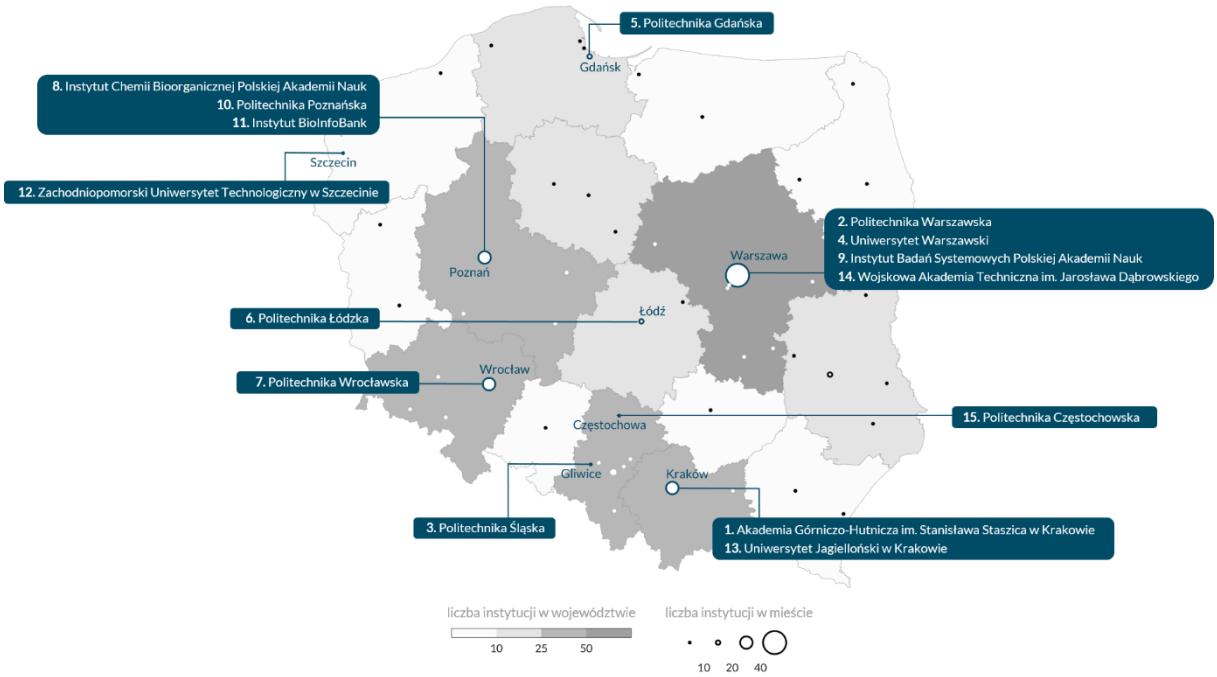
1. **G06F** – Elektryczne przetwarzanie danych cyfrowych;
2. **G06K** – Rozpoznawanie danych; przedstawianie danych; nośniki zapisu; obsługa nośników zapisu;
3. **G06N** – Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych;
4. **G06Q** – Systemy lub metody przetwarzania danych i specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania; systemy lub metody specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania, nie ujęte gdzie indziej;
5. **G06T** – Przetwarzanie lub generowanie danych obrazowych, ogólnie;
6. **G10L** – Analiza lub synteza mowy; rozpoznawanie mowy; przetwarzanie mowy lub głosu; kodowanie lub dekodowanie mowy lub dźwięku;
7. **G16B** – Bioinformatyka, tzn. technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do przetwarzania danych genetycznych lub dotyczących białek w komputacyjnej biologii molekularnej;
8. **G16C** – Chemia obliczeniowa; chemioinformatyka; obliczeniowa inżynieria materiałowa;
9. **G16Y** – Technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do internetu rzeczy [IoT];
10. **G16Z** – Technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do określonych obszarów zastosowania, nieprzewidziane gdzie indziej;
11. **H04L** – Transmisja informacji cyfrowej, np. łączność telegraficzna.

Zdecydowanie najwięcej jednostek naukowych z obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ponad 50) zlokalizowanych jest w województwie mazowieckim. Wśród 15 jednostek wyłonionych metodą wskaźnika syntetycznego większość rozmieszczona jest w stolicach województw (por. mapa 5.4.1). Wyjątkiem są Gliwice, w których zlokalizowana jest trzecia jednostka w zestawieniu – Politechnika Śląska, oraz Częstochowa, w której znajduje się Politechnika Częstochowska, zajmująca ostatnie, 15 miejsce w rankingu najlepszych jednostek w obszarze. Najwięcej wiodących instytucji (4) mieści się w Warszawie, trzy – w Poznaniu, zaś dwie – w Krakowie. Lokalizacje pozostałych jednostek naukowych to: Gdańsk, Szczecin, Wrocław i Łódź.

Pierwsze miejsce w rankingu wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych zajęła Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (por. tabela 5.4.1), wyróżniając się największym potencjałem kadrowym oraz największą aktywnością patentową. Drugie miejsce przypadło Politechnice Warszawskiej, która pomimo to, że nie osiągnęła maksymalnych wartości w żadnej ze składowej wskaźnika syntetycznego, działała aktywnie na wszystkich czterech analizowanych polach, cechując się zarówno wysokim poziomem potencjału kadrowego, jak i publikacyjnego. W tym ostatnim wymiarze, najlepiej wypadła jednostka z 11 miejsca zestawienia – Instytut BioInfoBank. Z kolei największą aktywnością projektową charakteryzowała się ósma jednostka w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Instytut Chemii Bioorganicznej PAN. Spośród siedmiu

wiodących uczelni z wartościami wskaźnika syntetycznego przekraczającymi 50 punktów, pięć to Politechniki.

Mapa 5.4.4. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

W latach 1999–2019 nadano łącznie około 2,1 tys. stopni naukowych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych. Najwięcej z nich (233) przyznano w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, będącej liderem zestawienia według potencjału kadrowego. W AGH nadano 194 stopni doktora oraz 39 – doktora habilitowanego (por. Załącznik 5.4, Z5.4.3). Dodatkowo był to podmiot, który w 2019 roku zatrudniał największą liczbę osób ze stopniem naukowym uzyskanym w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych (por. Załącznik 5.4, Z5.4.1). W analizowanym okresie, obejmującym 20 lat, jedną trzecią dysertacji w obszarze przedstawiono na pięciu Politechnikach: Warszawskiej (192), Łódzkiej (161), Wrocławskiej (148), Gdańskiej (109) i Śląskiej (108). Wśród 11 jednostek, w których nadano więcej niż 2% stopni naukowych w obszarze, dwie znalazły się poza rankingiem wiodących instytucji. Spośród tych dwóch podmiotów najwięcej stopni doktora (45) i doktora habilitowanego (10) przyznano na Politechnice Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki.

W kolejnej składowej potencjału kadrowego, obliczonej na podstawie danych z bazy PBN, dotyczącej liczby zatrudnionych osób w określonej jednostce naukowej, które w latach 2013–2019 opublikowały przynajmniej jedną pracę w obszarze, największą wartość wskaźnika osiągnęła druga uczelnia w rankingu wiodących jednostek – Politechnika Warszawska. W 2019 roku w tej szkole wyższej pracowało 450 autorów prac naukowych z obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych (por. Załącznik 5.4, Z5.4.4). Razem z autorami zatrudnionymi w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, będącej liderem rankingu według wskaźnika syntetycznego, stanowili oni ponad 16% wszystkich

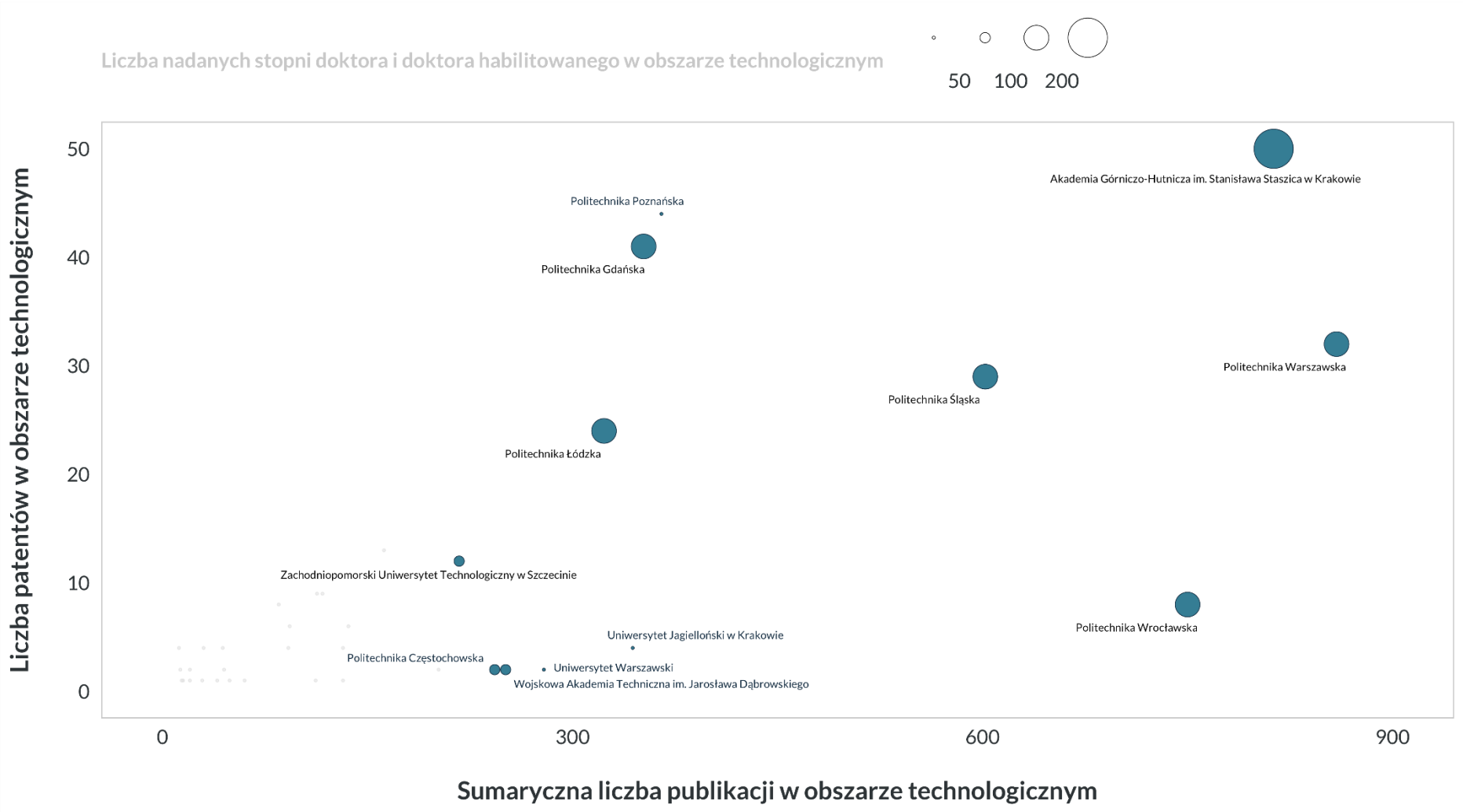
Tabela 5.4.4. *Ranking instytucji w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych według wskaźnika syntetycznego*

	Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
		Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	100	95	100	10	**100**
2	Politechnika Warszawska	96	94	64	48	**99**
3	Politechnika Śląska	59	64	58	33	**70**
4	Uniwersytet Warszawski	22	65	4	95	**61**
5	Politechnika Gdańska	41	31	82	29	**60**
6	Politechnika Łódzka	67	45	48	-	**53**
7	Politechnika Wrocławska	61	64	16	10	**50**
8	Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk	17	33	-	100	**49**
9	Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk	30	88	-	29	**48**
10	Politechnika Poznańska	12	40	88	-	**46**
11	Instytut BioInfoBank	33	100	4	-	**45**
12	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	35	32	24	-	**30**
13	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	23	50	8	10	**30**
14	Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego	39	37	4	10	**30**
15	Politechnika Częstochowska	40	40	4	-	**28**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

publikujących w obszarze pracujących w polskich jednostkach. Wśród instytucji spoza rankingu 15 wiodących jednostek, najwięcej takich osób zatrudniał Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (150). Z kolei największą specjalizacją zarówno kadry, jak i publikacji charakteryzował się Instytut BioinfoBank, który pomimo niewielkiej liczby prac naukowych z obszaru osiągnął największy ich wpływ mierzony znormalizowaną średnią liczbą cytowań. Najwyższe wartości we wspomnianych dwóch miarach publikacyjnych przełożyły się na zdobycie przez ten podmiot pierwszego miejsca w rankingu potencjału publikacyjnego

Wykres 5.4.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych (por. Załącznik 5.4, Z5.4.2). Największy dorobek publikacyjny zgromadzili zaś naukowcy zatrudnieni na Politechnice Warszawskiej, a najczęściej cytowanym pracami z obszaru były publikacje naukowców afiliujących do Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Spośród 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze, oprócz Instytutu BioInfoBank, wysoką specjalizacją publikacji cechował się również Instytut Badań Systemowych PAN, jednostka zajmująca dziewiąte miejsce w zestawieniu według wskaźnika syntetycznego. Niewielki dorobek publikacyjny z obszaru tych dwóch instytucji stanowił odpowiednio 18% oraz 9,56% wszystkich prac naukowych opublikowanych w latach 2013–2019 przez naukowców w nich pracujących (por. Załącznik 5.4, Z5.4.6). Były to również jednostki zatrudniające w 2019 roku niewielki odsetek publikujących w obszarze. Instytucje z czołówki rankingu wiodących jednostek w obszarze – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie oraz Politechnika Warszawska – cechowały się największym odsetkiem zarówno osób zatrudnionych w 2019 roku, którzy w latach 2013–2019 opublikowali przynajmniej jedną pracę naukową z obszaru (odpowiednio 9,03% oraz 7,45%), jak i publikacji w całkowitej liczbie prac naukowych powstałych w omawianym obszarze (odpowiednio 8,51% oraz 12,28%). Publikacje z obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych autorstwa naukowców z tych dwóch instytucji stanowiły niewielki odsetek ich dorobku publikacyjnego, który wyniósł 2,78% dla Politechniki Warszawskiej oraz 2,64% dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Wśród 15 wiodących jednostek naukowych, ponadprzeciętnym wpływem cechowały się prace badaczy tylko z sześciu instytucji, z których najwyższy poziom cytowań (MNCS=4,6) osiągnęły publikacje naukowców z Instytutu BioInfoBank (por. Załącznik 5.4, Z5.4.7). Prace naukowców afiliujących do Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytutu Badań Systemowych PAN charakteryzowały się takim samym wpływem równym 2,1. Ponadprzeciętnym poziomem cytowań wyróżnił się jeszcze: Uniwersytet Jagielloński (1,3), Instytut Chemii Bioorganicznej PAN (1,2) oraz Akademia Górniczo-Hutnicza (1,04). Wśród tych sześciu podmiotów, najwięcej cytowań (5 860) zgromadziły prace naukowców z Akademii Górniczo-Hutniczej, której badacze w latach 2010–2019 opublikowali 813 prac naukowych w obszarze. Największy dorobek publikacyjny z zakresu technologii informacyjnych i komunikacyjnych wypracowali naukowcy Politechniki Warszawskiej, publikując 859 prac naukowych, które cytowano ponad 4,3 tys. razy. Jednak publikacje ich autorstwa, podobnie jak prace powstałe na Politechnice Wrocławskiej (750 prac cytowanych ponad 5,5 tys. razy), odznaczały się niskim wskaźnikiem wpływu równym odpowiednio 0,7 oraz 0,9.

Największa liczba patentów została zgłoszona przez lidera rankingu według wskaźnika syntetycznego – Akademię Górniczo-Hutniczą, która w latach 2010–2019 zgłosiła 50 patentów z obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych (por. Załącznik 5.4, Z5.4.5). Kolejne dwa miejsca przypadły dziesiątej i piątej jednostce w rankingu – Politechnice Poznańskiej (44) oraz Politechnice Gdańskiej (41). Druga w rankingu wiodących jednostek Politechnika Warszawska znalazła się w tej klasyfikacji na czwartym miejscu z liczbą 32 zgłoszeń patentowych.

Lider obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie – to podmiot, w którym nie tylko zgłoszono największą liczbę patentów (50), ale również nadano najwięcej stopni naukowych (194 doktoraty i 39 habilitacji) Co więcej, dorobek publikacyjny AGH był drugim co do wielkości dorobkiem w omawianym obszarze (por. wykres 5.4.1). Czwarta pod względem liczby zgłoszonych patentów Politechnika Warszawska (32) przygotowała najwięcej

publikacji w omawianym obszarze (859) oraz przyznała 152 stopnie doktora i 40 – doktora habilitowanego. Druga w rankingu zgłoszeń patentowych Politechnika Poznańska (44), na której nadano zaledwie 3 stopnie doktora i 2 – doktora habilitowanego, cechowała się według danych z bazy WoS piątym dorobkiem publikacyjnym z obszaru. Ponadto jej pracownicy naukowi w latach 2010–2019 przygotowali 356 publikacji o tematyce związanej z technologiami informacyjnymi i komunikacyjnymi. Podobną liczbę patentów i prac naukowych odnotowano dla Politechniki Gdańskiej (odpowiednio: 41 i 352), która, z kolei, osiągnęła znacznie lepsze wyniki pod względem liczby nadanych stopni naukowych w obszarze (89 doktoratów i 20 habilitacji).

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1.**

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych zidentyfikowano 51 projektów w ramach prestiżowego programu Horyzont 2020. Koordynacją projektów wykazało się 6 instytucji. Trzy z nich znalazły się w rankingu wiodących jednostek w omawianym obszarze: Instytut Chemii Bioorganicznej PAN (1 koordynacja), Uniwersytet Warszawski (2) i Politechnika Śląska (1). Ponadto po jednym projekcie koordynowały trzy jednostki spoza rankingu: Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku i Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu. Pod względem liczby uczestnictw w projektach na pierwszym miejscu znalazł się Instytut Chemii Bioorganicznej PAN (8 uczestnictw, w tym jedna koordynacja); kolejne miejsca należały zaś do: Politechniki Warszawskiej (5 uczestnictw) i Uniwersytetu Warszawskiego (5 uczestnictw, w tym 2 koordynacje), Politechniki Gdańskiej i Instytutu Badań Systemowych PAN (po 3 uczestnictwa).

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**. Wykaz programów, które były analizowane pod tym kątem, zamieszczono w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (s. 24).

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (zob. Tabela 5.4.2).

W **41 projektach** o łącznej wartości **311 458 850 zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów uczestniczyło łącznie **30 jednostek naukowych.**

- W **33 projektach** finansowanych z funduszy europejskich uczestniczyło **21 instytucji naukowych,** spośród których 10 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **250 673 542 zł.**
- W **5 projektach** finansowanych z programów krajowych udział wzięło **10 jednostek naukowych,** a 5 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **42 575 950 zł**.
- W **3 projektach** finansowanych z programów międzynarodowych (Fundusze Norweskie i EOG) uczestniczyły **4 podmioty**, wśród których 3 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **18 209 358 zł.**

Tabela 5.4.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące - konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące - wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	33	21	10	250 673 542
Programy krajowe	5	10	5	42 575 950
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	3	4	3	18 209 358
Sumarycznie	**41**			**311 458 850**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Biorąc pod uwagę aktywność projektową w ramach **funduszy europejskich**, na pierwszym miejscu pod względem **liczby uczestnictw w projektach** znalazła się Politechnika Świętokrzyska, która zrealizowała **5 projektów** o łącznej wartości **29 722 960 zł.** Na drugim miejscu uplasowała się Politechnika Warszawska z **4 projektami** o łącznej wartości **23 730 294 zł.** Kolejne trzy instytucje zrealizowały po **3 projekty** w ramach funduszy europejskich: Akademia Górniczo-Hutnicza (wartość projektów **13 336 303 zł**), Politechnika Gdańska (**18 055 263 zł**) i Politechnika Śląska (**16 986 270 zł**). Natomiast **2 projekty** o łącznej wartości **60 795 080 zł** wykonała Politechnika Wrocławska. Pozostałe instytucje zrealizowały po 1 projekcie finansowanym z funduszy europejskich, a spośród nich projektami o największej wartości mogły poszczycić się Uniwersytet Medyczny w Łodzi (**11 876 273 zł**) i Politechnika Białostocka (**10 343 437 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Każda z instytucji realizujących projekty w ramach funduszy krajowych uczestniczyła w 1 projekcie. Projekt o najwyższej wartości (**37 434 900 zł**) zrealizowało wspólnie 6 instytucji: Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie (jako wnioskodawca) oraz Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN, Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Drugi pod względem wartości projekt wykonała Akademia Górniczo-Hutnicza (**2 195 800 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

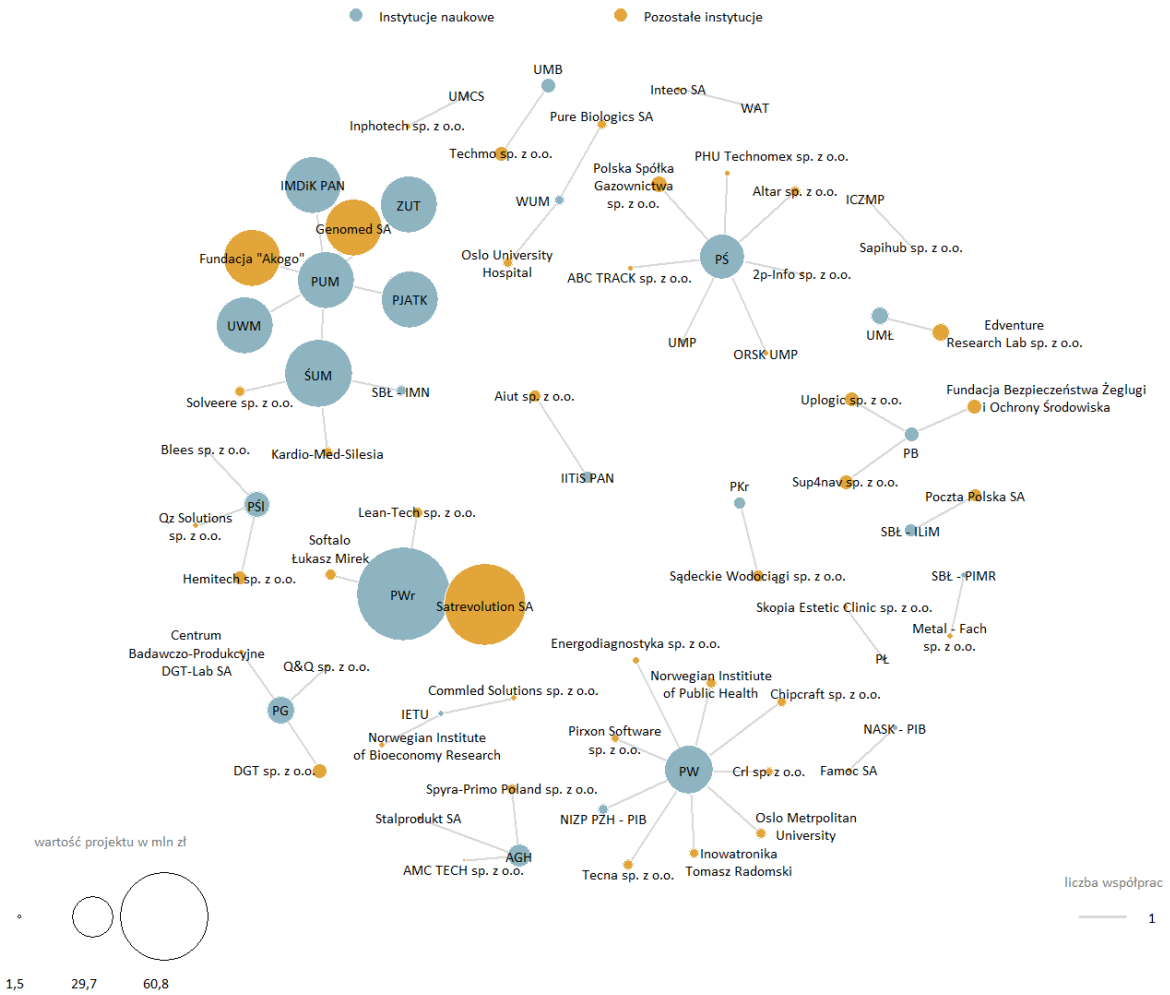
Spośród 3 projektów realizowanych w ramach funduszy międzynarodowych, projekt o najwyższej wartości zrealizowała Politechnika Warszawska wspólnie z Narodowym Instytutem Zdrowia Publicznego – Państwowym Zakładem Higieny **(7 069 850 zł)**. Drugi co do wartości projekt wykonał

Warszawski Uniwersytet Medyczny (**6 655 250 zł**). Na trzecim miejscu znalazł się również Instytut Ekologii i Terenów Uprzemysłowionych z projektem o wartości **4 484 257 zł**.

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

Spośród wymienionych wyżej projektów, we współpracy z instytucjami spoza systemu POL-on zrealizowano 37, które opiewały na łączną kwotę **306 317 800 zł.** W ich wykonanie zaangażowanych było 29 jednostek naukowych. Wykres 5.4.2 ukazuje, jak kształtowała się ta współpraca.

Wykres 5.4.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Wśród wszystkich instytucji występujących w systemie POL-on, projekt o największej łącznej wartości (**60 795 080 zł**) zrealizowano na Politechnice Wrocławskiej, we współpracy z następującymi podmiotami: Satrevolution SA, Lean Tech sp. z o.o. i Softalo Łukasz Mirek. Drugi w klasyfikacji według wartości realizowanych projektów był Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach (**44 385 748 zł**). Instytucja ta współpracowała z Instytutem Metali Nieżelaznych, należącym do Sieci Badawczej Łukasiewicz oraz dwoma instytucjami spoza systemu: Kardio-Med Silesia i Solveere sp. z o.o. Ponadto Śląski Uniwersytet Medyczny, razem z Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie,

Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie, Polsko-Japońską Akademią Technik Komputerowych i Instytutem Medycyny Doświadczalnej Klinicznej PAN, uczestniczył jako konsorcjant w projekcie o wartości **37 434 900 zł**, pozyskanym przez Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie. W tym ostatnim przedsięwzięciu uczestniczyły również dwie instytucje spoza systemu POL-on: Fundacja „Akogo" i Genomed SA.

Projekty o dużej wartości (**30 800 144 zł**) wdrażała też Politechnika Warszawska razem z 8 instytucjami spoza systemu POL-on oraz Politechnika Świętokrzyska (**29 722 960 zł**) wspólnie z 7 instytucjami niesprawozdającymi się do systemu POL-on. Te dwie **jednostki naukowe wyróżniły się również największą liczbą instytucji**, z którymi współpracowały. W przypadku Politechniki Warszawskiej było to 9 podmiotów, a w przypadku Politechniki Świętokrzyskiej – 7.

W sieci współpracy jednostek naukowych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych znalazły się **instytucje zagraniczne**: Oslo Metropolitan University, Norwegian Institut of Public Health i Oslo University Hospital.

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w ramach 10 projektów realizowanych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL od VI do IX:

- **Jeden projekt** zakończył się **na poziomie VI**, na którym dokonywana jest demonstracja prototypu lub modelu systemu albo podsystemu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Był to projekt realizowany w ramach konkursu POIR 04.01.02 przez Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach.
- **Jeden projekt** ukończono **na poziomie VII,** na którym dokonywana jest demonstracja prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Ten projekt realizowała Politechnika Wrocławska w ramach konkursu POIR 04.01.04.
- **Jeden projekt** zakończył się **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. Był to projekt wykonany w ramach konkursu POIR 04.01.04 przez Politechnikę Warszawską.
- **Siedem projektów** zakończyło się **na poziomie IX**, co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursu POIR 04.01.01 przez Politechnikę Warszawską, w konkursach POIR 04.01.02 – przez Wojskową Akademię Techniczną i Politechnikę Świętokrzyską, a także wykonywane w ramach konkursów POIR 04.01.04 przez: Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN, Politechnikę Białostocką, Politechnikę Krakowską i Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych z Sieci Badawczej Łukasiewicz.

5.4.2 Wiodący naukowcy

Wśród wiodących naukowców w obszarze technologii informacyjno-komunikacyjnych zidentyfikowano siedem osób, które nie były zatrudnione w jednostkach z rankingu wiodących instytucji w obszarze (por. tabela 5.4.3). Do tej grupy należeli: dr hab. Maciej Zaborowicz i dr hab. Krzysztof Koszela z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, którzy zajęli odpowiednio siódme i ósme miejsce, dr Grzegorz Kłosowski z Politechniki Lubelskiej, zajmujący dziesiąte miejsce, prof. dr hab

Tabela 5.4.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Michał Woźniak	Politechnika Wrocławska	94	1 202	1,25	14	**100**
2	dr hab. Adam Głowacz	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	29	979	6,92	16	**98**
3	dr Bartosz Krawczyk	Politechnika Wrocławska	61	921	1,77	13	**78**
4	prof. dr hab. Rafał Scherer	Politechnika Częstochowska	81	506	0,67	12	**67**
5	dr hab. Marcin Woźniak	Politechnika Śląska	56	421	1,49	13	**60**
6	dr hab. Marcin Korytkowski	Politechnika Częstochowska	66	406	0,65	12	**57**
7	dr hab. Maciej Zaborowicz	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu	34	415	1,48	14	**52**
8	dr hab. Krzysztof Koszela		39	425	1,41	13	**52**
9	dr hab. Łukasz Sadowski	Politechnika Wrocławska	19	372	2,85	13	**49**
10	dr Grzegorz Kłosowski	Politechnika Lubelska	20	355	4,30	10	**49**
11	prof. dr hab. Andrzej Bojarski	Instytut Farmakologii im. Jerzego Maja Polskiej Akademii Nauk	29	338	1,62	12	**44**
12	prof. dr hab. Piotr Popik		17	341	2,78	11	**42**
13	prof. dr hab. Robert Koprowski	Uniwersytet Śląski w Katowicach	29	317	1,04	11	**38**
14	prof. dr hab. Bogusław Cyganek	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*	35	412	1,37	8	**38**
15	prof. dr hab. Janusz Bujnicki	Międzynarodowy Instytut Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie	18	408	2,19	9	**37**

** Wskazane miejsce zatrudnienia nie jest podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

Andrzej Bojarski i prof. dr hab. Piotr Popik z Instytutu Farmakologii im. Jerzego Maja PAN, zajmujący odpowiednio jedenaste i dwunaste miejsce, prof. dr hab. Robert Koprowski z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, plasujący się na trzynastej pozycji i prof. dr hab. Janusz Bujnicki z Międzynarodowego Instytutu Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie, który zajął piętnaste miejsce wśród wiodących naukowców.

Pierwsze miejsca w rankingu najlepszych badaczy w omawianym obszarze zajęli: prof. dr hab. Michał Woźniak i dr Bartosz Krawczyk z Politechniki Wrocławskiej, którzy uplasowali się odpowiednio na pierwszej i trzeciej pozycji, oraz dr hab. Adam Głowacz z AGH, który zajął drugie miejsce. Jednostki, które zatrudniają wymienionych naukowców, znalazły się odpowiednio na siódmym i pierwszym miejscu w rankingu wiodących instytucji w obszarze.

Prof. dr hab. Michał Woźniak wyróżniał się największą liczbą publikacji (94) i cytowań (1 202). Z kolei dr hab. Adam Głowacz odznaczał się najwyższym poziomem wpływu (MNCS=6,92) oraz największym indeksem Hirscha (16).

Najwięcej patentów zostało zgłoszonych przez prof. dr hab. Andrzeja Czyżewskiego z Politechniki Gdańskiej (26), która uplasowała się na piątej pozycji w rankingu instytucji. Na drugim miejscu, z 19 zgłoszeniami, znaleźli się *ex aequo* prof. dr hab. Marek Domański z Politechniki Poznańskiej (dziesiąte miejsce w zestawieniu wiodących jednostek) i dr Krzysztof Gołofit z Politechniki Warszawskiej (drugie miejsce w ogólnym zestawieniu wiodących jednostek). Dla żadnego naukowca z grupy 15 wiodących pod względem publikacyjnym, nie odnotowano zgłoszeń patentowych według danych z bazy PATSTAT.

5.5 Technologie inżynierii cywilnej

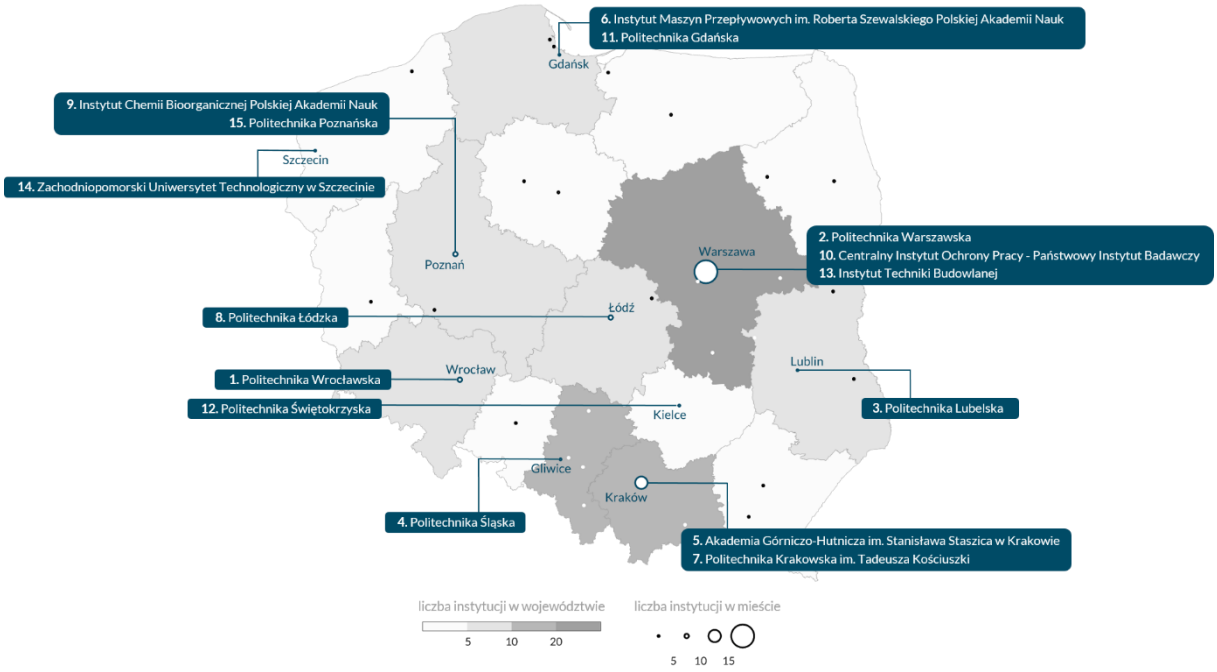
5.5.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze inżynierii cywilnej, który objął trzy podklasy IPC:

1. **E01H** – Oczyszczanie ulic; oczyszczanie torów; oczyszczanie plaż; oczyszczanie terenu; rozpraszanie mgły ogólnie;
2. **E04H** – Budowle lub podobne konstrukcje o specjalnym przeznaczeniu; baseny pływackie, brodziki lub sadzawki; maszty; ogrodzenia; namioty lub daszki prowizoryczne, ogólnie;
3. **F24F** – Klimatyzacja; nawilżanie powietrza; wentylacja; zastosowanie prądów powietrznych jako ekranów.

Zdecydowanie najwięcej jednostek naukowych z obszaru technologii inżynierii cywilnej (ponad 20) jest zlokalizowanych w województwie mazowieckim (por. mapa 5.5.1). Wśród 15 instytucji ujętych w rankingu według wskaźnika syntetycznego, trzy funkcjonują na Mazowszu. Po dwie instytucje mieszczą się w Gdańsku, Krakowie oraz Poznaniu. Lokalizacje pozostałych jednostek naukowych to: Gliwicach, Lublin, Łódź, Kielce, Szczecin oraz Wrocław.

Mapa 5.5.5. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii inżynierii cywilnej według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Najwyższą notę w potencjale technologicznym w obszarze inżynierii cywilnej otrzymała Politechnika Wrocławska, jednostka o najwyższym potencjale zarówno kadrowym, jak i publikacyjnym (por. tabela 5.5.1). Na drugim miejscu uplasowała się Politechnika Warszawska, natomiast na trzecim – Politechnika Lubelska z największa liczbą zgłoszonych patentów w obszarze, minimalnie wyprzedzając

Tabela 5.5.5. *Ranking instytucji w obszarze technologii inżynierii cywilnej według wskaźnika syntetycznego*

Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
	Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1 Politechnika Wrocławska	100	100	33	-	**100**
2 Politechnika Warszawska	92	94	4	-	**81**
3 Politechnika Lubelska	44	23	100		**71**
4 Politechnika Śląska	46	86	33	-	**71**
5 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	74	65	22	-	**69**
6 Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk	8	6	-	100	**48**
7 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	31	61	19	-	**47**
8 Politechnika Łódzka	22	63	15	-	**43**
9 Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk	-	-	-	100	**43**
10 Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy	25	68	7	-	**43**
11 Politechnika Gdańska	20	75	4	-	**42**
12 Politechnika Świętokrzyska	25	49	11	-	**36**
13 Instytut Techniki Budowlanej	25	58	-	-	**35**
14 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	27	35	15	-	**32**
15 Politechnika Poznańska	18	38	11	-	**28**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

czwartą Politechnikę Śląską w wartości wskaźnika syntetycznego. Z kolei największą aktywnością projektową w ramach programu Horyzont 2020 wykazały się jedynie dwie instytucje z czołowej piętnastki: Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego PAN oraz Instytut Chemii Bioorganicznej PAN. W przypadku tej ostatniej instytucji nie zidentyfikowano jej osiągnięć w pozostałych wymiarach potencjału technologicznego. Jedynie pięć jednostek naukowych uzyskało wartość wskaźnika syntetycznego powyżej 50 punktów.

Potencjał kadrowy został oceniony na podstawie czterech miar składowych (por. Załącznik 5.5, Z5.5.1) i był skoncentrowany głównie w dwóch pierwszych instytucjach w klasyfikacji według wskaźnika syntetycznego. Najwięcej stopni naukowych nadano na Politechnice Wrocławskiej, pierwszej jednostce w rankingu, zatrudniającej w 2019 roku najwięcej doktorów i doktorów habilitowanych, którzy uzyskali stopień naukowy w omawianym obszarze. Inżynieria cywilna była obszarem, w którym nadano bardzo mało stopni naukowych – zaledwie 111 – co było jednym z najniższych wyników wśród 14 wyłonionych obszarów technologicznych. W latach 1999–2019 na Politechnice Wrocławskiej przyznano aż 25% wszystkich stopni naukowych uzyskanych w obszarze (25 stopni doktora oraz 2 – doktora habilitowanego) (por. Załącznik 5.5, Z5.5.2). Nieco mniej (17) nadano na Politechnice Warszawskiej, która w 2019 roku zatrudniała najwięcej naukowców z przynajmniej jedną publikacją z obszaru inżynierii cywilnej (53 osoby). Podobną liczbę autorów (50) zatrudniała trzecia jednostka w rankingu według potencjału kadrowego – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Naukowcy zatrudnieni na tych dwóch uczelniach stanowili około 23% wszystkich autorów publikacji w obszarze (por. Załącznik 5.5, Z5.5.3). Wśród instytucji spoza rankingu 15 wiodących jednostek, najwięcej zatrudnionych w omawianym obszarze odnotowano w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (13). Taką samą liczbę publikujących naukowców miała Politechnika Krakowska oraz Politechnika Łódzka, które znalazły się odpowiednio na siódmej i ósmej pozycji w rankingu według wskaźnika syntetycznego. Potencjał kadrowy pozostałych jednostek z wiodącej piętnastki w obszarze inżynierii cywilnej kształtował się na dość niskim poziomie w porównaniu z instytucjami, które znalazły się w pierwszej trójce rankingu według tego wymiaru wskaźnika syntetycznego.

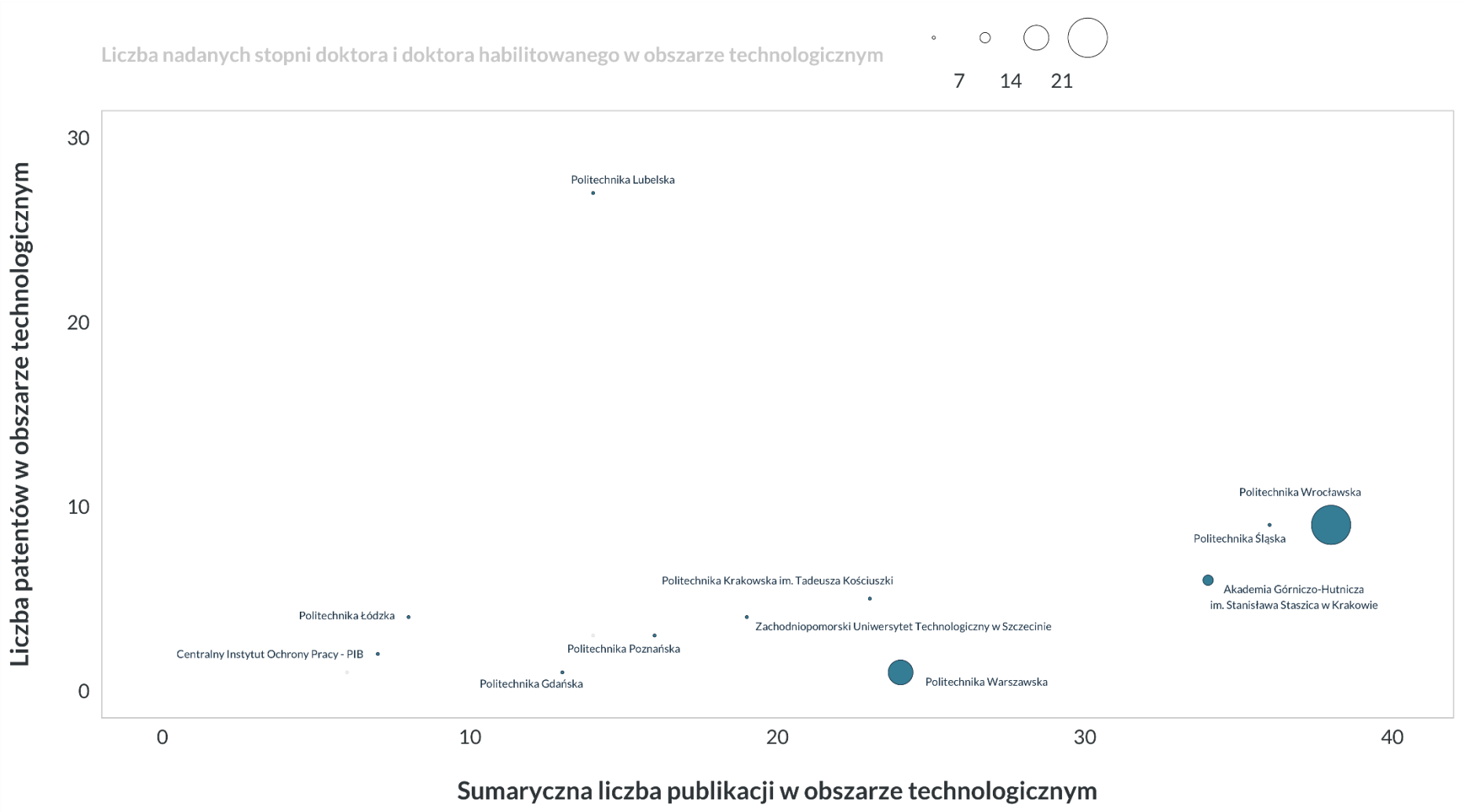
Według systemu PBN największy dorobek publikacyjny w obszarze inżynierii cywilnej w latach 2013–2019 zgromadziła druga jednostka w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Politechnika Warszawska (por. Załącznik 5.5, Z5.5.2). Najwięcej razy cytowano prace naukowców afiliujących do jednostki będącej liderem potencjału publikacyjnego – Politechniki Wrocławskiej. Pod względem uśrednionego poziomu cytowań (MNCS) najlepiej wypadły publikacje z Politechniki Łódzkiej oraz Instytutu Techniki Budowlanej. Wysokie wartości wpływu prac badaczy z Politechniki Śląskiej przyczyniły się do zajęcia przez nią trzeciego miejsca w omawianym zestawieniu według potencjału publikacyjnego. W zakresie specjalizacji oraz liczby publikacji przypadających na autora najwyższe noty uzyskały instytucje spoza rankingu, które przygotowały symboliczną liczbę publikacji w tym obszarze.

Bardzo mały dorobek publikacyjny z obszaru inżynierii cywilnej spowodował że specjalizacja publikacyjna dla jednostek naukowych była niewielka (por. Załącznik 5.5, Z5.5.6). Wśród 15 wiodących jednostek w obszarze największy odsetek prac naukowych z zakresu inżynierii cywilnej w całym dorobku publikacyjnym jednostki z lat 2013–2019 osiągnęła dziewiąta instytucja według wskaźnika syntetycznego – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. Specjalizacji na poziomie 0,7% towarzyszył w tej jednostce niski udział pracowników z obszaru inżynierii cywilnej w całkowitej liczbie pracowników naukowych z tego obszaru w Polsce (1,8%) oraz niski udział publikacji w ich całkowitej liczbie w obszarze (2,1%).

Prace Politechniki Warszawskiej, której naukowcy przygotowali ponad 21% wszystkich publikacji z obszaru inżynierii cywilnej, stanowiły zaledwie 0,3% jej całego dorobku publikacyjnego w latach 2013–2019. Jeszcze mniejszą specjalizacją publikacyjną (0,2%) charakteryzowała się Akademia Górniczo-Hutnicza, zatrudniająca w 2019 roku 11% naukowców publikujących w obszarze.

Prace badaczy z ośmiu wiodących jednostek cechowały się ponadprzeciętnym wpływem. Spośród nich najwyższy poziom cytowań osiągnęły prace naukowców z: Politechniki Łódzkiej (1,57), Instytutu

Wykres 5.5.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii inżynierii cywilnej*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Techniki Budowlanej (1,56), Politechniki Wrocławskiej (1,53) oraz Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego (1,50). Według bazy WoS w latach 2010–2019 największy dorobek publikacyjny z obszaru, składający się z 38 prac naukowych cytowanych 299 razy, zgromadzili naukowcy afiliujący do Politechniki Wrocławskiej. W pozostałych podmiotach z wysokim poziomem MNCS przygotowano jedynie siedem lub osiem prac, które uzyskały od 52 do 87 cytowań. Pod względem liczby cytowań i publikacji, wyróżniła się Politechnika Śląska, której 36 prac było cytowanych 243 razy.

Najwięcej zgłoszeń patentowych odnotowano dla Politechniki Lubelskiej (27), która w ogólnym zestawieniu zajęła trzecie miejsce (por. Załącznik 5.5, Z5.5.5). Trzy razy mniej patentów zgłosiła Politechnika Wrocławska oraz Politechnika Śląska (po 9).

W przypadku lidera zgłoszeń patentowych odnotowano niewiele nadanych stopni naukowych w obszarze (5) oraz opublikowanych prac (14). Politechnika Wrocławska – lider wiodących jednostek – wyróżniała się pod względem przyznanych stopni naukowych (27) oraz liczby publikacji w omawianym obszarze technologicznym (38). Niewiele mniej prac (36) opublikowali badacze z Politechniki Śląskiej. W tej jednostce nadano jednak tylko 5 stopni naukowych. Akademia Górniczo-Hutnicza, która była trzecia pod względem liczby publikacji, zgłosiła jedynie 6 patentów i nadała 8 stopni naukowych (por. wykres 5.5.1).

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze inżynierii cywilnej w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1.**

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

Tylko 2 instytucje zrealizowały projekty w ramach programu Horyzont 2020 w charakterze uczestnika: Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego PAN oraz Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk. Jednostki te zajęły odpowiednio szóste i dziewiąte miejsce w rankingu wiodących jednostek.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej.**

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich oraz współpraca jednostek z podmiotami spoza systemu POL-on

W przypadku inżynierii cywilnej, **aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich** była tożsama z **projektami realizowanymi we współpracy z jednostkami spoza systemu POL-on.**

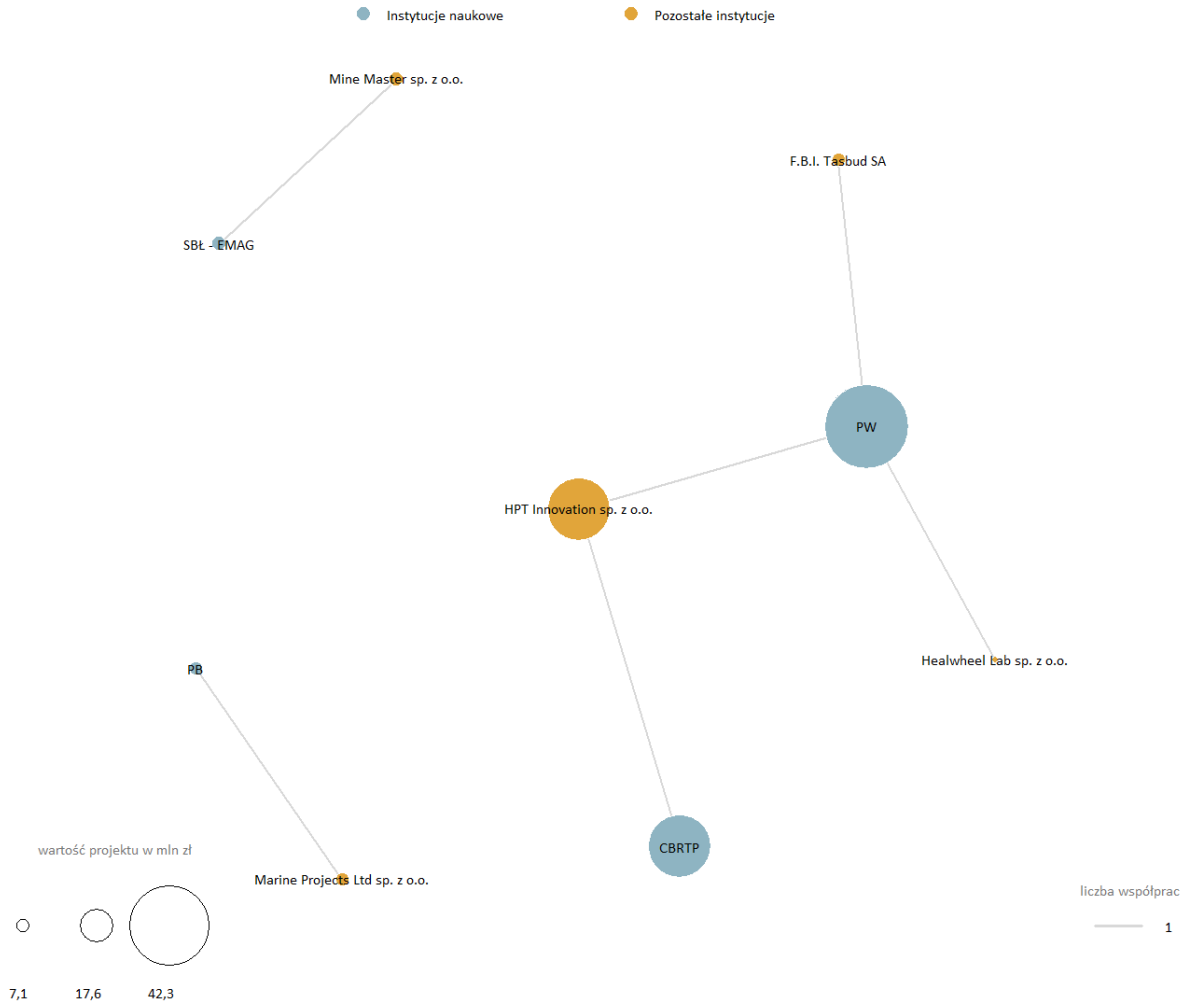
W tabeli 5.5.2 przedstawiono (1) liczbę projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczbę uczestnictw oraz (3) skalę finansowania.

Tabela 5.5.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii inżynierii cywilnej*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące – konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące – wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	5	4	1	56 975 925
Programy krajowe	0	0	0	0
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	0	0	0	0
Sumarycznie	**5**			**56 975 925**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Wykres 5.5.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii inżynierii cywilnych*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

W obszarze technologii inżynierii cywilnej **4 jednostki naukowe** zrealizowały **5 projektów** o łącznej wartości **56 975 925 zł** finansowanych w ramach funduszy europejskich. **Była to zarazem łączna wartość projektów zrealizowanych we współpracy z jednostkami spoza systemu POL-on** (por. wykres 5.5.2).

Najwięcej projektów (3) o największej łącznej wartości (**42 316 663 zł**) zrealizowała Politechnika Warszawska, która współpracowała z 3 podmiotami spoza systemu POL-on. Projekt o największej wartości zrealizowano z HPT Innovation sp. z o.o., współpracującym również z Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu.

Po jednym projekcie wykonały: Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A. (**31 621 138 zł**), Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technik Innowacyjnych EMAG (**7 595 089 zł**) oraz Politechnika Białostocka (**7 064 172 zł**), która również, jako jedyna, pozyskała projekt jako wnioskodawca.

Stopień gotowości technologicznej

TRL na poziomie IX określono dla jednego projektu zrealizowanego przez Politechnikę Białostocką w ramach konkursu POIR 04.01.02 (tytuł projektu: „Technologia węzła wydechu dla silników spalinowych małych i średnich jednostek pływających").

5.5.2 Wiodący naukowcy

Wszyscy naukowcy z rankingu wiodących badaczy w obszarze technologii inżynierii cywilnej pracowali w instytucjach, które znalazły się w rankingu najlepszych jednostek naukowych w tym obszarze. Pierwsze trzy miejsca w zestawieniu naukowców zajęli badacze z Politechniki Wrocławskiej, czyli lidera rankingu instytucji według wskaźnika syntetycznego (por. tabela 5.5.3): dr Demis Pandelidis, dr Paweł Drąg i mgr inż. Anna Pacak. Niższy wynik w porównaniu z mgr inż. Anną Pacak odnotowano dla dr hab. Joanny Ferdyn-Grygierek z Politechniki Śląskiej. Na Politechnice Wrocławskiej pracowali także naukowcy z siódmego, ósmego i dziewiątego miejsca rankingu wiodących naukowców, czyli: mgr inż. Aleksandra Cichoń, dr hab. Bartosz Kaźmierczak oraz dr hab. Małgorzata Kutyłowska.

Dr Demis Pandelidis uzyskał najlepsze wyniki w trzech spośród czterech wykorzystanych miar: sumarycznej liczbie publikacji i cytowań oraz indeksie Hirscha. Z kolei dr Paweł Drąg może poszczycić się najwyższym wśród wiodących naukowców poziomem MNCS równym 3,53.

W zakresie zgłoszeń patentowych, największą liczbę (18) odnotowano dla osoby spoza rankingu wiodących naukowców, czyli dla dr. hab. Bernarda Połednika z Politechniki Lubelskiej. Jednostka zatrudniająca wspomnianego badacza zajęła trzecie miejsce w rankingu wiodących jednostek w obszarze inżynierii cywilnej oraz osiągnęła największą notę w zakresie aktywności patentowej. Pozostałe osoby z osiągnięciami patentowymi to: dr Przemysław Filipek, dr Łukasz Guz oraz prof. dr hab. Marzenna Dudzińska także z Politechniki Lubelskiej; dr hab. Stanisław Kozioł i dr hab. Andrzej Zbrowski z Instytutu Technologii Eksploatacji – Sieci Badawczej Łukasiewicz oraz prof. dr hab. Bogusław Zakrzewski z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Każdy z wymienionych wyżej badaczy złożył mniej niż 10 zgłoszeń patentowych.

Tabela 5.5.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii inżynierii cywilnej według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	dr Demis Pandelidis	Politechnika Wrocławska	14	224	2,79	7	**100**
2	dr Paweł Drąg		9	122	3,53	6	**77**
3	mgr inż. Anna Pacak		7	42	2,05	4	**43**
4	dr hab. Joanna Ferdyn-Grygierek	Politechnika Śląska	7	74	1,49	4	**42**
5	dr hab. Wojciech Węgrzyński	Instytut Techniki Budowlanej	3	42	3,07	3	**37**
6	dr Anna Romańska-Zapała	Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	4	20	2,88	3	**35**
7	mgr inż. Aleksandra Cichoń	Politechnika Wrocławska	6	32	1,86	3	**33**
8	dr hab. Bartosz Kaźmierczak		11	6	0,22	2	**25**
9	dr hab. Małgorzata Kutyłowska		11	6	0,22	2	**25**
10	dr hab. Dariusz Heim	Politechnika Łódzka	3	48	2,07	2	**25**
11	dr hab. Anna Bogdan	Politechnika Warszawska	3	34	1,63	3	**25**
12	dr hab. Katarzyna Piekarska	Politechnika Wrocławska	10	5	0,18	2	**23**
13	dr Grzegorz Krajewski	Instytut Techniki Budowlanej	4	28	1,71	2	**23**
14	dr hab. Krzysztof Grygierek	Politechnika Śląska	3	17	2,17	2	**22**
15	dr Kamila Zając	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*	4	10	1,20	2	**17**
16	prof. dr hab. Magdalena Janus	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	4	10	1,20	2	**17**

** Miejsce ostatniego zatrudnienia, które nie było podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola zaznaczone na zielono oznaczają najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

5.6 Technologie lotnicze

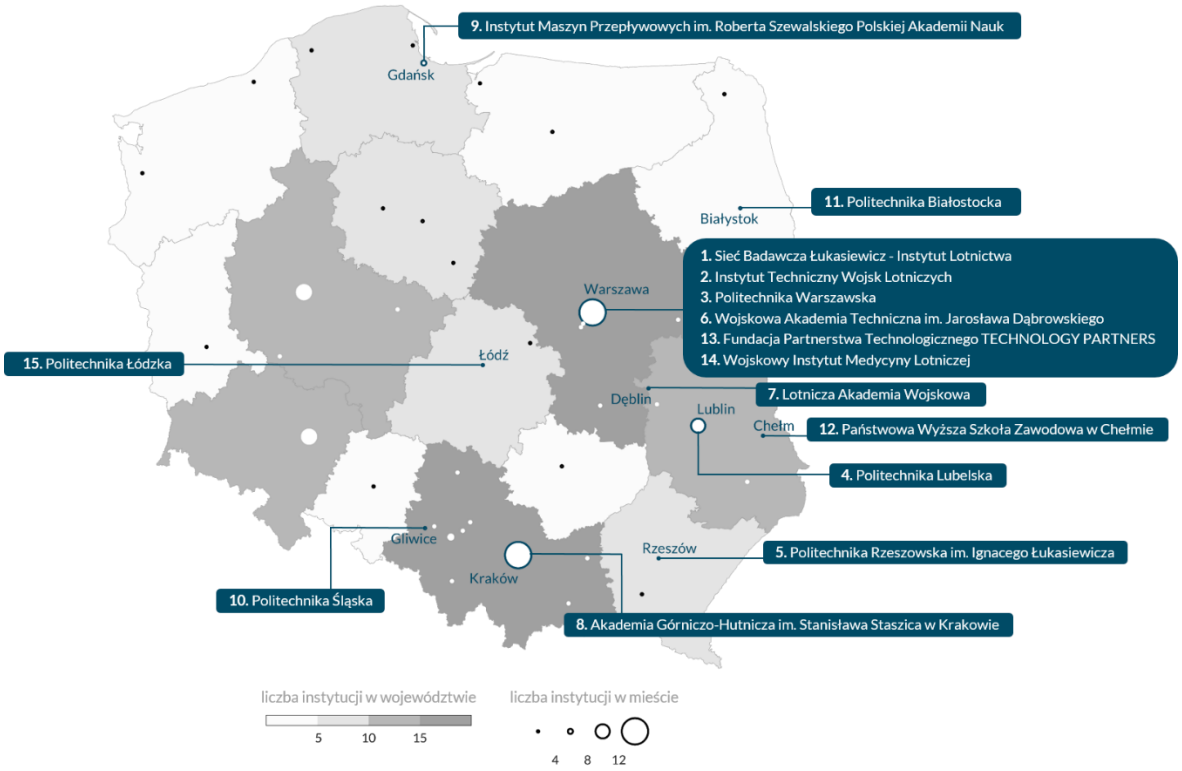
5.6.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii lotniczych, który objął trzy podklasy IPC:

1. **B64D** – Instalacje i wyposażenie pokładowe statków powietrznych; ubiory lotnicze; spadochrony; układy lub zabudowa urządzeń napędowych lub układów przeniesienia napędu w statkach powietrznych;
2. **B64F** – Urządzenia na ziemi lub na lotniskowcach dla statków powietrznych specjalnie przystosowane do użycia w połączeniu ze statkiem powietrznym; projektowanie, wytwarzanie, montowanie, czyszczenie, konserwacja lub naprawa statków powietrznych, nieprzewidziane gdzie indziej; manipulowanie, transportowanie, testowanie lub kontrola elementów statków powietrznych, nieprzewidziane gdzie indziej;
3. **B64C** – Samoloty; śmigłowce.

Wiodące jednostki z obszaru technologii lotniczych wyłonione na podstawie wskaźnika syntetycznego są zlokalizowane w ośmiu województwach (por. mapa 5.6.1). Najwięcej z nich mieści się w województwie mazowieckim, z czego aż sześć w Warszawie, w tym instytucje z pierwszej trójki ogólnego zestawienia według wskaźnika syntetycznego. Lokalizacje pozostałych wiodących instytucji to: Białystok, Chełm, Dęblin, Gdańsk, Gliwice, Kraków, Lublin, Łódź oraz Rzeszów.

***Mapa 5.6.6**. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii lotniczych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Tabela 5.6.6. *Ranking instytucji w obszarze technologii lotniczych według wskaźnika syntetycznego*

	Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
		Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa	47	72	100	100	**100**
2	Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych	69	100	27	-	**61**
3	Politechnika Warszawska	93	79	5	7	**58**
4	Politechnika Lubelska	38	53	86	-	**55**
5	Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza	52	41	59	14	**52**
6	Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego	100	42	9	-	**47**
7	Lotnicza Akademia Wojskowa	35	79	5	-	**37**
8	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	43	36	9	-	**28**
9	Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk	14	24	-	39	**24**
10	Politechnika Śląska	13	49	14	-	**24**
11	Politechnika Białostocka	12	30	27	-	**22**
12	Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie	5	58	5	-	**21**
13	Fundacja Partnerstwa Technologicznego TECHNOLOGY PARTNERS*	32	32	-		**20**
14	Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej	37	25	-	-	**19**
15	Politechnika Łódzka	21	28	9	-	**18**

** Jednostka o statusie „inna instytucja naukowa" w systemie POL-on.*

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Pierwsza lokata w rankingu wiodących jednostek należała do Instytutu Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który zdobył najwyższe noty zarówno w aktywności patentowej, jak i projektowej (por. tabela 5.6.1). Druga jednostka w zestawieniu – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych z Warszawy – cechowała się największym potencjałem publikacyjnym. Z kolei w zakresie potencjału kadrowego pierwszą lokatę uzyskała Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława

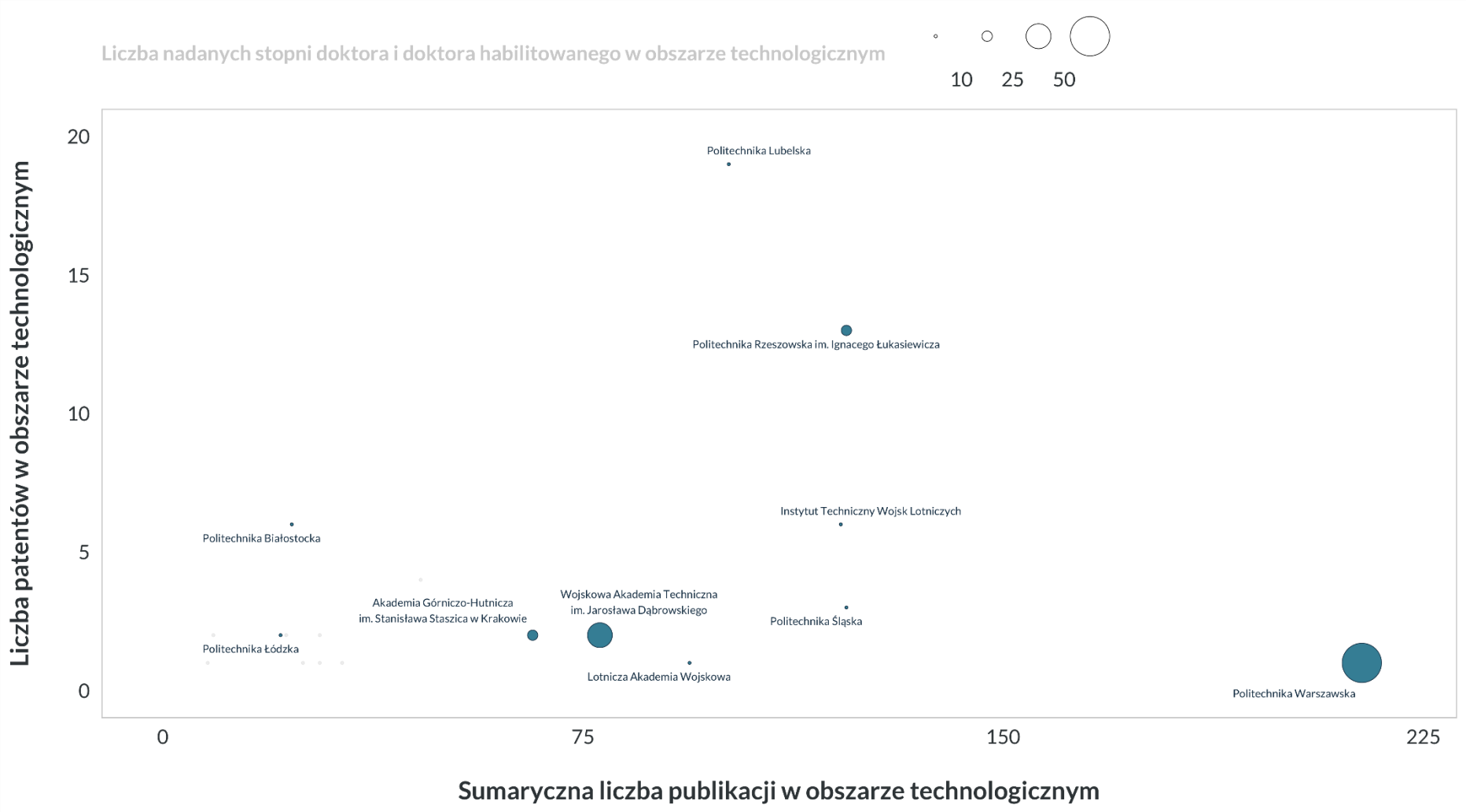
Dąbrowskiego, zajmująca szóste miejsce w ogólnej klasyfikacji według wskaźnika syntetycznego w obszarze technologii lotniczych. Uczelnia ta zatrudniała w 2019 roku największą liczbę osób, które w latach 1999–2019 uzyskały stopień naukowy w obszarze (por. Załącznik 5.6, Z5.6.1). Najwięcej stopni naukowych nadano zaś w trzeciej oraz pierwszej jednostce w rankingu wiodących instytucji naukowych, tj. Politechnice Warszawskiej (44 doktoraty i 10 habilitacji) oraz Wojskowej Akademii Technicznej (39 doktoratów i 11 habilitacji). W ciągu 20 lat w tych dwóch instytucjach nadano 40% wszystkich stopni naukowych w obszarze technologii lotniczych (por. Załącznik 5.6, Z5.6.3). Największą specjalizacją kadry w 2019 roku mogła poszczycić się 13. jednostka zestawienia według wskaźnika syntetycznego – Fundacja Partnerstwa Technologicznego TECHNOLOGY PARTNERS. W tym samym roku największą liczbę osób, które w latach 2013–2019 opublikowały pracę naukową z obszaru, zatrudniał Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (139 osób). Nieznacznie mniejsza liczba autorów publikacji z omawianego obszaru pracowała w Wojskowej Akademii Technicznej (137), na Politechnice Warszawskiej (130) oraz w Instytucie Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz (106). Pracownicy tych czterech podmiotów stanowili ponad 40% ogółu pracowników naukowców z obszaru technologii lotniczych w 2019 roku (por. Załącznik 5.6, Z5.6.3). Dla dwóch jednostek naukowych z rankingu – Politechniki Śląskiej oraz Politechniki Białostockiej, nie obliczono wskaźników częściowych potencjału kadrowego na podstawie systemu PBN ponieważ w 2019 roku nie zatrudniały one osób publikujących w obszarze.

Pierwsze miejsce w rankingu potencjału publikacyjnego Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie zawdzięcza najwyższym notom uzyskanym w dwóch wskaźnikach cząstkowych, tj. liczbie publikacji i ich specjalizacji (por. Załącznik 5.6, Z5.6.2). W tym ostatnim wymiarze, najwyższą notę uzyskał również lider rankingu według wskaźnika syntetycznego – Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz. Najwięcej cytowań otrzymały prace naukowców z Politechniki Warszawskiej. W przypadku pozostałych miar – liczby publikacji przypadających na autora oraz znormalizowanego wskaźnika wpływu (MNCS) – pierwsze lokaty należały do jednostek, które znalazły się poza rankingiem 15 wiodących instytucji i w analizowanym okresie cechowały się niewielką liczbą prac naukowych z obszaru technologii lotniczych.

Największym odsetkiem prac naukowych z obszaru technologii lotniczych w całkowitym dorobku publikacyjnym jednostki (wskaźnik specjalizacji publikacyjnej) charakteryzowały się trzy instytucje: Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa (po 20,8%) oraz Lotnicza Akademia Wojskowa (20,3%) (por. Załącznik 5.6, Z5.6.6). Były to podmioty cechujące się zróżnicowaną liczbą publikacji i pracowników naukowych. Spośród nich największym udziałem publikacji i pracowników w całkowitej ich liczbie w obszarze technologii lotniczych (odpowiednio 15,7% i 11,1%) odznaczyła się druga jednostka w ogólnym zestawieniu wiodących instytucji naukowych – Instytut Techniczny Wojsk Lądowych. Wśród 15 wiodących podmiotów wyróżniały się także WAT w Warszawie oraz Politechnika Warszawska – jednostki o znacznym udziale pracowników naukowych wśród wszystkich pracowników naukowych z tego obszaru w Polsce (odpowiednio 11% oraz 10,4%). Pomimo dużego odsetka prac naukowych z tych instytucji wśród wszystkich publikacji z omawianego obszaru technologicznego w Polsce (9% i 10,5%), stanowiły one niewielki udział w ich całkowitym dorobku publikacyjnym w latach 2013–2019 (1,8% oraz 0,8%).

Spośród 15 wiodących jednostek, sześć instytucji cechowało się wpływem większym niż średnia w obszarze. Największą wartość poziomu cytowań osiągnęły prace naukowców z Państwowej Szkoły Zawodowej w Chełmie (MNCS = 3,12) – jednostki z 12 miejsca ogólnego zestawienia według wskaźnika

Wykres 5.6.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii lotniczych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

syntetycznego, charakteryzującej się najmniejszym dorobkiem publikacyjnym w latach 2010–2019 w obszarze (por. Załącznik 5.6, Z5.6.7). Drugie miejsce pod względem poziomu wpływu zajęła Politechnika Białostocka (MNCS = 1,62), której 23 prace były cytowane 151 razy, natomiast trzecie – Politechnika Lubelska (1,51). Według danych z bazy WoS największy dorobek publikacyjny z lat 2010–2019 zgromadzony przez naukowców afiliujących do trzeciej jednostki według wskaźnika syntetycznego – Politechniki Warszawskiej, był również najczęściej cytowanym – 214 prac cytowano ponad 1,1 tys. razy. Średni poziom wpływu prac autorstwa badaczy z tej uczelni wynosił 1,24. Lider ogólnego zestawienia – Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz – cechował się stosunkowo niskim poziomem wpływu (MNCS=0,66). Wskaźnik ten został osiągnięty przy 77 pracach, które zgromadziły 187 cytowań. Prace badaczy z jednostki z drugiego miejsca ogólnego zestawienia, czyli Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, cechowały się poziomem wpływu zbliżonym do średniego w obszarze (0,94).

Najwięcej zgłoszeń patentowych odnotowano dla Instytutu Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz (22). O trzy mniej patenty złożono na Politechnice Lubelskiej (19). Kolejne miejsce należało do Politechniki Rzeszowskiej, w której zgłoszono 13 patentów (por. Załącznik 5.6, Z5.6.5).

Na Politechnice Lubelskiej, która znalazła się na drugim miejscu pod kątem liczby zgłoszonych patentów, przyznano jedynie 8 stopni naukowych oraz przygotowano 101 publikacji (por. wykres 5.6.1). Wśród instytucji o największej liczbie nadanych stopni naukowych w obszarze technologii lotniczych – Politechnice Warszawskiej i Wojskowej Akademii Technicznej, największy dorobek publikacyjny, zawierający 214 prac naukowych zgromadzili naukowcy z Politechniki Warszawskiej.

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii lotniczych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1**.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii lotniczych zidentyfikowano 16 projektów w ramach programu Horyzont 2020. Pod względem łącznej liczby projektów, tj. koordynacji i uczestnictw, wyróżniają się dwie jednostki. Na pierwszym miejscu znalazł się Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który koordynował dwa projekty, a w siedmiu brał udział w charakterze partnera. Z kolei Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego PAN uczestniczył w trzech projektach, w tym w jednym pełnił rolę koordynatora. Na trzecim miejscu uplasowała się Politechnika Rzeszowska uczestnicząca jako partner w dwóch przedsięwzięciach. Uniwersytet Warszawski, Politechnika Gdańska, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN oraz Politechnika Warszawska, wykazały się udziałem w jednym projekcie.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono

uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**.

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (zob. tabela 5.6.2).

Tabela 5.6.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii lotniczych*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące – konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące – wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	14	13	4	78 092 169
Programy krajowe	6	11	6	74 696 575
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	2	3	2	12 967 493
Sumarycznie	**22**			**165 756 237**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

W **22 projektach** o łącznej wartości **165 756 237 zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów uczestniczyło **21 jednostek naukowych.**

- W **14 projektach** finansowanych z funduszy europejskich udział brało **13 instytucji naukowych,** spośród których 4 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **78 092 169 zł.**
- W **6 projektach** finansowanych z programów krajowych uczestniczyło **11 jednostek naukowych,** a 6 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **74 696 575 zł**.
- W **2 projektach** finansowanych z programów międzynarodowych (Fundusze Norweskie i EOG) uczestniczyły **3 jednostki naukowe**, spośród których 2 pełniły funkcję wnioskodawcy. Wartość tych projektów wynosiła **12 967 493 zł**.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Pierwsze miejsce pod względem liczby projektów zajął Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który zrealizował 3 projekty w ramach funduszy europejskich o łącznej wartości **12 349 322 zł**. Z kolei dwa przedsięwzięcia o łącznej wartości **11 509 689 zł** zostały zrealizowane przez Politechnikę Poznańską. Pozostałe jednostki wykonały po jednym projekcie, a wśród nich przedsięwzięciem o największej wartości mogła poszczycić się Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza (**8 713 342 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Dwie instytucje – Politechnika Warszawska oraz Politechnika Wrocławska – zrealizowały po 2 projekty w ramach funduszy krajowych. Ich łączne wartości wyniosły odpowiednio **58 562 594 zł** oraz **47 709 500 zł**. Pozostałe instytucje posiadały na swoich kontach po jednym projekcie. Wśród nich, przedsięwzięcie o największej wartości równej **36 460 000 zł** stanowił projekt realizowany przez Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki z Sieci Badawczej Łukasiewicz.

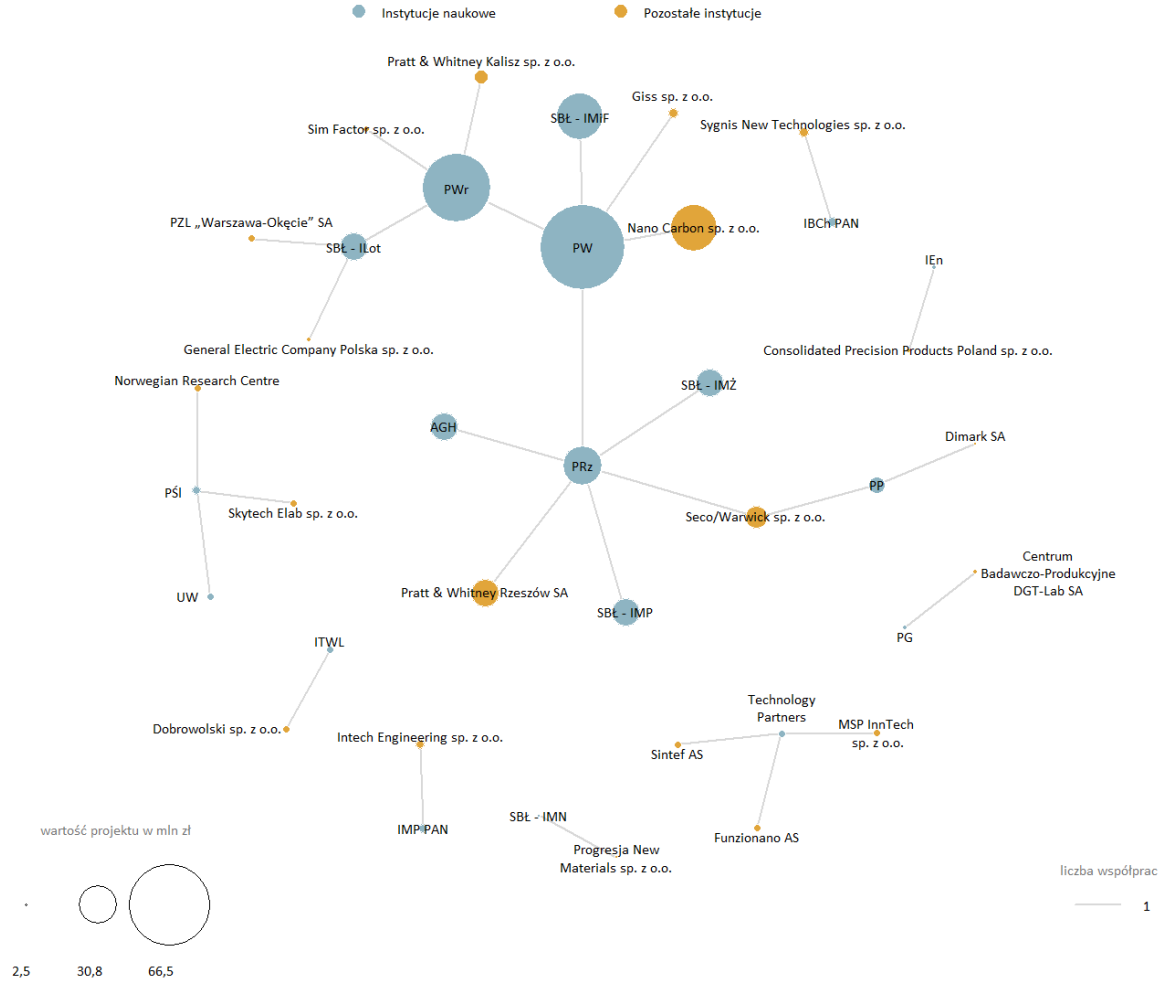
Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

W ramach funduszy międzynarodowych Fundacja Partnerstwa Technologicznego TECHNOLOGY PARTNERS[13] wykonała jeden projekt o wartości **6 401 015 zł**; z kolei Politechnika Śląska oraz Uniwersytet Warszawski zrealizowały przedsięwzięcie o wartości **6 566 477 zł**.

Współpraca jednostek z podmiotami spoza systemu POL-on

Spośród wymienionych wyżej projektów, we współpracy z instytucjami spoza systemu POL-on zrealizowano 18 z nich na łączną kwotę **158 860 806 zł.** W wykonanie tych projektów włączyło się 19 jednostek naukowych. Wykres 5.6.2. ukazuje nawiązane w ich ramach sieci współpracy.

Wykres 5.6.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii lotniczych*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Projekty o największej wartości we współpracy z podmiotami spoza systemu POL-on zrealizowała Politechnika Warszawska. Ich łączna kwota opiewała na **66 451 712 zł**. W sieci współpracy tej instytucji znalazły się przedsiębiorstwo NanoCarbon sp. z o.o. oraz Giss sp. z o.o.

[13] Jednostka o statusie „inna instytucja naukowa" w systemie POL-on.

Politechnika Wrocławska zrealizowała projekty o wartości **53 411 972 zł** i współpracowała z przedsiębiorstwami Pratt&Whitney Kalisz sp. z o.o. oraz SlimFactor sp. z o.o. Pozostałe projekty to przedsięwzięcia realizowane między innymi przez: Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki z Sieci Badawczej Łukasiewicz (**38 470 950 zł**), Politechnikę Rzeszowską (**30 815 936 zł**) oraz Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz (**23 598 822 zł**).

Największą liczbę instytucji współpracujących odnotowano dla Politechniki Rzeszowskiej (6 instytucji), a także dla Politechniki Warszawskiej (5) i Politechniki Wrocławskiej (4). W sieci współpracy jednostek naukowych w obszarze technologii lotniczych znalazła się **instytucja zagraniczna** – Norwegian Research Centre.

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w przypadku 5 projektów realizowanych w obszarze technologii lotniczych. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL VII oraz IX:

- **Jeden projekt** zakończył się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Był to projekt realizowany w ramach konkursu POIR 04.01.02 przez Politechnikę Poznańską.
- **Cztery projekty** zakończyły się **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursu POIR.04.01.02 przez Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz; oraz w ramach POIR.04.01.04 przez: Instytut Energetyki – Instytut Badawczy, Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego PAN i Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz.

5.6.2 Wiodący naukowcy

Czołowe miejsca w rankingu wiodących naukowców w obszarze technologii lotniczych zajęli dr hab. Andrzej Katunin z Politechniki Śląskiej, dr hab. Krzysztof Dragan z Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych oraz prof. dr hab. Jacek Skorupski z Politechniki Warszawskiej (por. tabela 5.6.3). Jednostki zatrudniające wymienionych naukowców uplasowały się odpowiednio na dziesiątym, drugim i trzecim miejscu w rankingu wiodących jednostek (por. tabela 5.6.1), z których wszystkie trzy cechowały się znaczącym dorobkiem publikacyjnym z omawianego obszaru.

Najczęściej cytowanymi pracami z obszaru były te popełnione przez lidera rankingu wiodących naukowców – dr. hab. Andrzeja Katunina – którego 22 publikacje cytowano aż 341 razy. Jest to również naukowiec z największą wartością indeksu Hirscha (10) – 10 prac jego autorstwa było cytowanych przynajmniej 10 razy. Największy dorobek publikacyjny z obszaru technologii lotniczych zgromadził czwarty naukowiec w zestawieniu – dr hab. Mariusz Zieja, który w latach 2010–2019 opublikował 31 prac naukowych o tematyce dotyczącej omawianego obszaru. Największy poziom wpływu mierzony znormalizowaną średnią liczbą cytowań odnotowano dla prac dr. Michała Dziendzikowskiego (3,75), zajmującego piątą pozycję w rankingu wiodących naukowców. Wysoki poziom MNCS uzyskały również publikacje dr. hab. Andrzeja Katunina (3,45), a także dr hab. Katarzyny Krukiewicz z Politechniki Śląskiej (3,05).

W zestawieniu najlepszych naukowców znalazły się dwie osoby zatrudnione w instytucji spoza rankingu wiodących jednostek. Prof. dr hab. Zbigniew Koruba, który zajął dziewiąte miejsce, i dr hab. Izabela Krzysztofik z jedenastą lokatą w rankingu pracowali na Politechnice Świętokrzyskiej.

Tabela 5.6.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii lotniczych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	dr hab. Andrzej Katunin	Politechnika Śląska	22	341	3,45	10	**100**
2	dr hab. Krzysztof Dragan	Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych	18	244	2,71	6	**70**
3	prof. dr hab. Jacek Skorupski	Politechnika Warszawska	25	167	1,40	7	**64**
4	dr hab. Mariusz Zieja	Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych*	31	102	0,70	7	**61**
5	dr Michał Dziendzikowski	Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych	9	188	3,75	4	**57**
6	dr hab. Tomasz Goetzendorf-Grabowski	Politechnika Warszawska	14	121	2,04	8	**56**
7	dr Adam Korbel	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	11	141	2,37	7	**54**
8	dr hab. Tomasz Machniewicz		10	136	2,47	7	**53**
9	prof. dr hab. Zbigniew Koruba	Politechnika Świętokrzyska	17	132	1,29	7	**51**
10	prof. dr hab. Krzysztof Kulpa	Politechnika Warszawska	22	153	0,98	5	**51**
11	dr hab. Izabela Krzysztofik	Politechnika Świętokrzyska	12	120	1,70	7	**48**
12	dr hab. Katarzyna Krukiewicz	Politechnika Śląska	8	95	3,05	5	**46**
13	prof. dr hab. Andrzej Gontarz	Politechnika Lubelska	12	87	1,82	6	**43**
14	dr Zbigniew Czyż	Lotnicza Akademia Wojskowa	21	58	1,10	5	**43**
15	dr Przemysław Golewski	Politechnika Lubelska	9	89	2,07	5	**39**

** Wskazane miejsce zatrudnienia nie jest podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

W zakresie zgłoszeń patentowych, największą liczbę (11) odnotowano dla dr Zbigniewa Czyża z Lotniczej Akademii Wojskowej, który uplasował się na 14. miejscu. Pozostałe zgłoszenia patentowe należały do osób spoza rankingu wiodących naukowców. Dziewięć zgłoszeń zgromadził prof. dr hab. Mirosław Wendeker z Politechniki Lubelskiej. Dla czterech osób zidentyfikowano po cztery zgłoszenia patentowe, a dla kolejnych piętnastu – po 3 zgłoszenia.

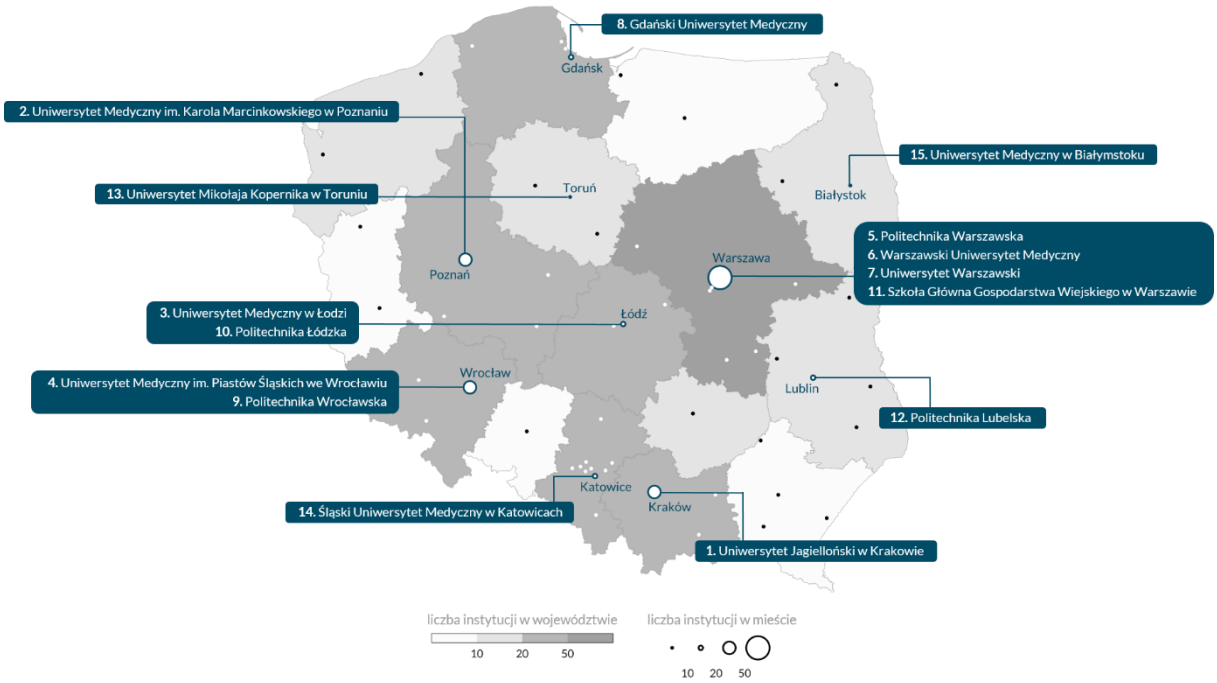
5.7 Technologie medyczne i farmaceutyczne

5.7.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych, który objął siedem technologii:

1. **A61B** – Diagnostyka; chirurgia; identyfikacja;
2. **A61G** – Środki transportowe, pojazdy osobiste, sprzęt specjalnie przystosowany dla osób niepełnosprawnych lub chorych; stoły lub fotele operacyjne; fotele dentystyczne; urządzenia pogrzebowe;
3. **A61H** – Aparatura fizykoterapeutyczna, np. przyrządy do lokalizowania lub pobudzania efektorów na ciele; sztuczne oddychanie; masaż; urządzenia kąpielowe do szczególnych celów leczniczych lub higienicznych lub do szczególnych części ciała;
4. **A61K** – Preparaty do celów farmaceutycznych, dentystycznych lub toaletowych;
5. **A61L** – Sposoby lub urządzenia do sterylizacji materiałów lub przedmiotów ogólnie; odkażanie, sterylizacja lub odwanianie powietrza; chemiczne aspekty opasek, materiałów opatrunkowych, wkładek chłonących lub artykułów chirurgicznych; materiały na opaski, materiały opatrunkowe, wkładki chłonne lub artykuły chirurgiczne;
6. **A61P** – Właściwości lecznicze związków chemicznych lub preparatów medycznych;
7. **G16H** – Informatyka w opiece zdrowotnej, tj. technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do obsługi lub przetwarzania danych medycznych lub z zakresu opieki zdrowotnej.

Mapa 5.7.7. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Tabela 5.7.7. *Ranking instytucji w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych według wskaźnika syntetycznego*

Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
	Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1 Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	100	85	60	80	**100**
2 Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu	92	100	9	40	**74**
3 Uniwersytet Medyczny w Łodzi	90	64	40	20	**66**
4 Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu	83	68	48	10	**64**
5 Politechnika Warszawska	28	42	34	100	**63**
6 Warszawski Uniwersytet Medyczny	83	65	34	-	**56**
7 Uniwersytet Warszawski	20	39	17	100	**54**
8 Gdański Uniwersytet Medyczny	54	64	20	20	**49**
9 Politechnika Wrocławska	19	27	91	20	**49**
10 Politechnika Łódzka	26	33	66	30	**48**
11 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie	24	27	11	80	**44**
12 Politechnika Lubelska	11	27	100		**42**
13 Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu	43	42	19	30	**41**
14 Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach	40	52	21	20	**41**
15 Uniwersytet Medyczny w Białymstoku	54	56	22	-	**41**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Zdecydowanie najwięcej jednostek naukowych z obszaru technologii medycznych i farmaceutycznych (ponad 50) jest zlokalizowanych w województwie mazowieckim. W Warszawie mieszczą się cztery instytucje z tego obszaru, natomiast po dwie zlokalizowane jest w stolicach województw dolnośląskiego oraz łódzkiego. Siedziby pozostałych jednostek z rankingu to: Białystok, Gdańsk, Lublin, Poznań, Toruń, Katowice i Kraków. W tym ostatnim mieście mieści się instytucja, która uplasowała się na pierwszym miejscu zestawienia wiodących jednostek w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych – Uniwersytet Jagielloński w Krakowie. Uczelnia ta może poszczycić się dobrymi wynikami we wszystkich czterech składowych wskaźnika syntetycznego, jednak szczególnie

wyróżniała się potencjałem kadrowym, zdobywając pierwsze miejsce pod tym względem (por. tabela 5.7.1). Druga jednostka w rankingu, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, cechował się najwyższym potencjałem publikacyjnym. Pomimo zgłoszenia największej liczby patentów przez Politechnikę Lubelską, zajęła ona miejsce w drugiej dziesiątce rankingu. Z kolei największą aktywnością projektową charakteryzowały się dwie jednostki z województwa mazowieckiego: Politechnika Warszawska i Uniwersytet Warszawski, które znalazły się odpowiednio na piątej i siódmej lokacie w rankingu według wskaźnika syntetycznego.

W trzech z czterech składowych wskaźnika potencjału kadrowego maksymalną notę osiągnęły instytucje z pierwszej trójki rankingu wiodących jednostek (por. Załącznik 5.7, Z5.7.1). Najwięcej stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych nadano na Uniwersytecie Medycznym w Łodzi. W 2019 roku najwięcej osób z takim stopniem naukowym pracowało na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, który jest liderem rankingu według wskaźnika syntetycznego. Z kolei Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu w 2019 roku zatrudniał najwięcej autorów publikujących w latach 2013–2019 w omawianym obszarze. Największą specjalizacją kadry charakteryzowała się zaś instytucja spoza rankingu 15 wiodących jednostek – Świętokrzyskie Centrum Onkologii.

W latach 1999–2019 nadano łącznie prawie 9,4 tys. stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych. Obszar ten cechował się największą liczbą przyznanych stopni naukowych wśród wszystkich 13 wytypowanych, rozwijających się obszarów technologicznych. Najwięcej z nich, oprócz Uniwersytetu Medycznego w Łodzi (956), nadano na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie (826). Na tej ostatniej uczelni złożono też najwięcej prac habilitacyjnych w obszarze (por. Załącznik 5.7, Z5.7.3). Kolejne lokaty przypadły dwóm instytucjom, w których nadano zbliżoną liczbę stopni naukowych: czwartej jednostce rankingu wiodących jednostek naukowych – Uniwersytetowi Medycznemu im. Piastów Śląskich we Wrocławiu (679) oraz Uniwersytetowi Medycznemu w Lublinie (678). Ta druga uczelnia, pomimo dobrych wyników zarówno w potencjale kadrowym, jak i publikacyjnym, znalazła się poza zestawieniem najlepszych jednostek, gdyż nie zgłosiła żadnego patentu i nie uczestniczyła w żadnym projekcie finansowanym w ramach programu Horyzont 2020. Niewiele mniej prac dyplomowych (664) obroniono na uczelni zatrudniającej w 2019 roku najwięcej naukowców publikujących w obszarze, tj. na Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. W wymienionych pięciu instytucjach nadano około 40% wszystkich doktoratów i habilitacji w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych.

Oprócz Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, najwięcej autorów prac naukowych związanych z tematyką medyczną i farmaceutyczną, opublikowanych w latach 2013–2019, było zatrudnionych na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie (923 osoby) oraz na Warszawskim Uniwersytecie Medycznym (902 osoby), który zajął szóste miejsce w ogólnym rankingu wskaźnika syntetycznego (por. Załącznik 5.7, Z5.7.4). Osoby zatrudnione w tych trzech instytucjach stanowiły łącznie prawie 17% publikujących w obszarze. Spośród 11 instytucji zatrudniających w 2019 roku więcej niż 2% autorów publikujących w obszarze tylko jedna – Uniwersytet Medyczny w Lublinie – znalazła się poza rankingiem 15 najlepszych instytucji w obszarze. Wśród jednostek wiodących największą specjalizacją kadry charakteryzował się Gdański Uniwersytet Medyczny, w którym ponad 40% zatrudnionych w 2019 roku opublikowało pracę naukową z obszaru technologii medycznych i farmaceutycznych w latach 2013–2019.

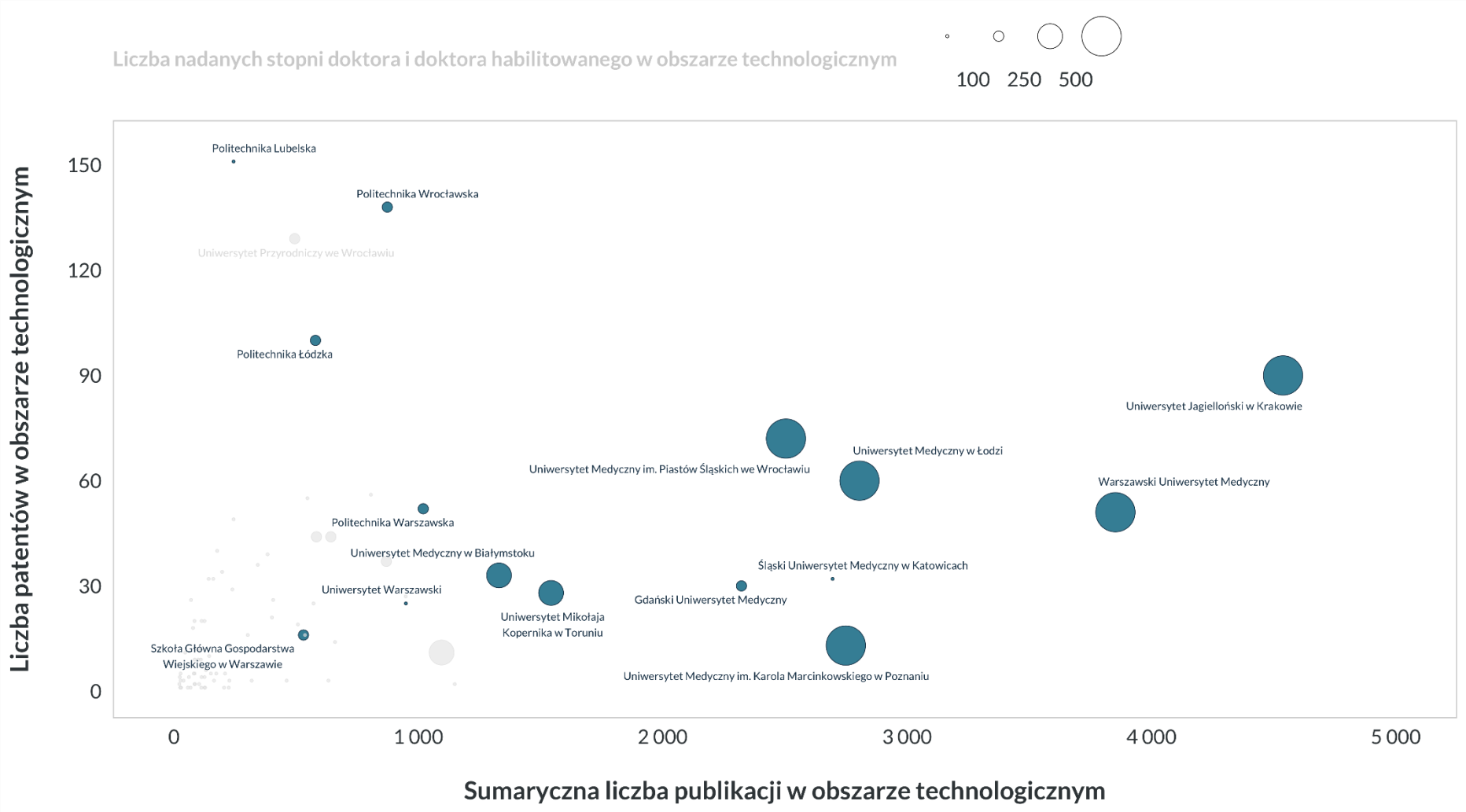
Potencjał publikacyjny określono na podstawie pięciu miar składowych (por. Załącznik 5.7, Z5.7.2). W latach 2013–2019 według systemu PBN największy dorobek publikacyjny w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych posiadał Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Z kolei prace naukowców afiliujących do Uniwersytetu Jagiellońskiego zdobyły największą liczbę cytowań. Pod względem pozostałych miar – liczby publikacji na autora, specjalizacji oraz znormalizowanego wskaźnika wpływu (MNCS) – pierwsze lokaty należały do jednostek naukowych spoza rankingu 15 wiodących instytucji, które charakteryzowały się małą liczbą publikacji.

Wśród wiodących jednostek naukowych, ponadprzeciętnym wpływem cechowały się prace badaczy z czterech instytucji. Najwyższy poziom cytowań odnotowano dla publikacji naukowców z czwartej instytucji w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Uniwersytetu im. Piastów Śląskich we Wrocławiu (1,26) (por. Załącznik 5.7, Z5.7.7). Wysoką uśrednioną liczbą cytowań charakteryzowały się też prace naukowców afiliujących do Uniwersytet Jagiellońskiego w Krakowie (1,18), lidera rankingu wiodących jednostek, który według bazy WoS w latach 2010–2019 zgromadził największy dorobek publikacyjny w obszarze. Ostatnie dwie wiodące instytucje o większym poziomie cytowań niż średnia w obszarze to Uniwersytet Warszawski (1,13) oraz Uniwersytet Medyczny w Łodzi (1,09). Wielkość dorobku publikacyjnego wyżej wymienionych instytucji w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych cechowała się dużą rozpiętością – od 949 publikacji Uniwersytetu Warszawskiego do ponad 4,5 tys. prac Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Spośród instytucji, które nie znalazły się w pierwszej 15 rankingu według wskaźnika syntetycznego w obszarze, największą liczbę publikacji przygotowali naukowcy Uniwersytetu Medycznego w Lublinie, a największym wpływem przy stosunkowo dużej liczbie cytowań cechowały się prace naukowców afiliujących do Narodowego Instytutu Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie – Państwowego Instytutu Badawczego oraz Instytutu „Pomnik – Centrum Zdrowia Dziecka". Ten ostatni charakteryzował się największą specjalizacją publikacji i kadry przy dosyć małej liczbie zatrudnionych publikujących w obszarze (por. Załącznik 5.7, Z5.7.6). Prace opublikowane przez naukowców zatrudnionych w tej placówce stanowiły 1/3 całego jej dorobku publikacyjnego w analizowanym okresie, a przynajmniej jedną pracę naukową z omawianego obszaru w latach 2013–2019 opublikowało aż 83% zatrudnionych w 2019 roku. Brak na koncie projektów z programu Horyzont 2020, jak i zgłoszonych patentów w obszarze wyeliminował tę jednostkę z pierwszej 15 zestawienia wiodących jednostek.

Wśród 15 najlepszych instytucji największą specjalizacją publikacyjną, liczbą prac naukowych i zatrudnionych osób, które popełniły publikacje z obszaru w latach 2013–2019 charakteryzowała się druga jednostka w zestawieniu – Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Mniejszą specjalizacją publikacyjną w tej grupie cechował się Uniwersytet Medyczny w Białymstoku (21%) oraz Gdański Uniwersytet Medyczny (13%). Pomimo dużej liczby publikacji Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, jego specjalizacja publikacyjna kształtowała się na dość niskim poziomie – prace z obszaru stanowiły jedynie 5% dorobku publikacyjnego tej uczelni.

Jednostki o największej aktywności patentowej to podmioty o niewielkim potencjale kadrowym i publikacyjnym. Najwięcej patentów zostało zgłoszonych przez dwunastą jednostkę rankingu według wskaźnika syntetycznego – Politechnikę Lubelską, charakteryzującą się zarówno najmniejszym dorobkiem publikacyjnym, jak i najmniejszą liczbą nadanych stopni naukowych w omawianym obszarze. Instytucjami z niewiele mniejszą liczbą zgłoszeń patentowych były: Politechnika Wrocławska, Politechnika Łódzka oraz Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, jednostka spoza rankingu 15 wiodących instytucji. Najmniejszą liczbą zgłoszonych patentów z wiodącej piętnastki cechowała się

Wykres 5.7.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

instytucja o największym potencjale publikacyjnym w obszarze, tj. Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (por. wykres 5.7.1).

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1**.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych zidentyfikowano 63 projekty finansowane z prestiżowego programu Horyzont 2020. Siedem projektów było koordynowany przez polską instytucję. Po dwa projekty koordynowały Uniwersytet Warszawski oraz Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, po jednym natomiast – Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Politechnika Warszawska oraz Politechnika Śląska, która nie znalazła się w grupie wiodących instytucji w tym obszarze. Najwięcej uczestnictw (osiem) zanotował lider rankingu w obszarze – Uniwersytet Jagielloński. Kolejną jednostką, z sześcioma uczestnictwami, była Politechnika Warszawska, czyli najlepsza jednostka pod względem aktywności projektowej. W czterech projektach uczestniczyła Akademia Górniczo-Hutnicza, po trzy zaś zrealizowały Politechnika Łódzka oraz Uniwersytet im. Mikołaja Kopernika w Toruniu. Pozostałe jednostki uczestniczyły w jednym lub w dwóch projektach.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**.

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (zob. tabela 5.7.2).

W **95 projektach** o łącznej wartości **825 577 720 zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów wzięło udział łącznie **65 jednostek naukowych.**

- W **54 projektach** finansowanych z funduszy europejskich uczestniczyło **39 instytucji naukowych,** spośród których 19 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wyniosła **351 128 283 zł.**
- W **36 projektach** finansowanych z programów krajowych udział wzięły **44 jednostki naukowe,** a 27 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **440 884 928 zł**.
- W **5 projektach** finansowanych z programów międzynarodowych (Fundusze Norweskie i EOG) uczestniczyło **9 podmiotów**, wśród których 5 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **33 564 509 zł**.

Tabela 5.7.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące – konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące – wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	54	39	19	351 128 283
Programy krajowe	36	44	27	440 884 928
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	5	9	5	33 564 509
Sumarycznie	**95**			**825 577 720**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Biorąc pod uwagę aktywność projektową w ramach **funduszy europejskich,** na pierwszym miejscu pod względem **liczby uczestnictw w projektach** znalazła się Politechnika Łódzka z **siedmioma projektami** o łącznej wartości **30 514 059 zł**. Jest to jednostka z 10. lokaty w rankingu wiodących instytucji.

Na drugim miejscu pod względem liczby uczestnictw uplasowały się instytucje realizujące po **cztery projekty**: Instytut Biotechnologii i Medycyny Molekularnej, który uczestniczył w przedsięwzięciach o łącznej wartości **36 087 750 zł**, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, biorcy udział w projektach o wartości **32 581 843 zł,** oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii z projektami o łącznej wartości **20 673 520 zł**.

Na trzecim miejscu znalazły się instytucje z Wrocławia, każda z **trzema projektami**: Ośrodek Badawczo-Rozwojowy – Wojewódzki Szpital Specjalistyczny we Wrocławiu (całkowita wartość projektów **15 552 527 zł**), Politechnika Wrocławska (**10 620 983 zł**) oraz Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (**7 760 560 zł**). Dwa ostatnie podmioty znalazły się odpowiednio na ósmym oraz ostatnim miejscu w rankingu wiodących jednostek.

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

W największej liczbie projektów w ramach programów krajowych uczestniczył Warszawski Uniwersytet Medyczny, zajmujący szóste miejsce wśród wiodących jednostek. Uczelnia ta zrealizowała **pięć projektów** o łącznej wartości **216 312 004 zł**.

Po **cztery projekty** wykonały Politechnika Warszawska oraz lider rankingu wiodących jednostek naukowych – Uniwersytet Jagielloński. Wartość przedsięwzięć realizowanych przez te podmioty kształtowała się odpowiednio na poziomie **146 745 752 zł** oraz **47 198 760 zł.**

Po **trzy projekty** realizowały następujące jednostki: Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. Mirosława Mossakowskiego PAN, Politechnika Gdańska, Politechnika Wrocławska, Uniwersytet Gdański, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie oraz Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie. Spośród tej grupy, jedynie Politechnika Wrocławska znalazła się w rankingu wiodących instytucji. Łączna wartość projektów realizowanych przez te jednostki kształtowała się na poziomie **464 320 475 zł**.

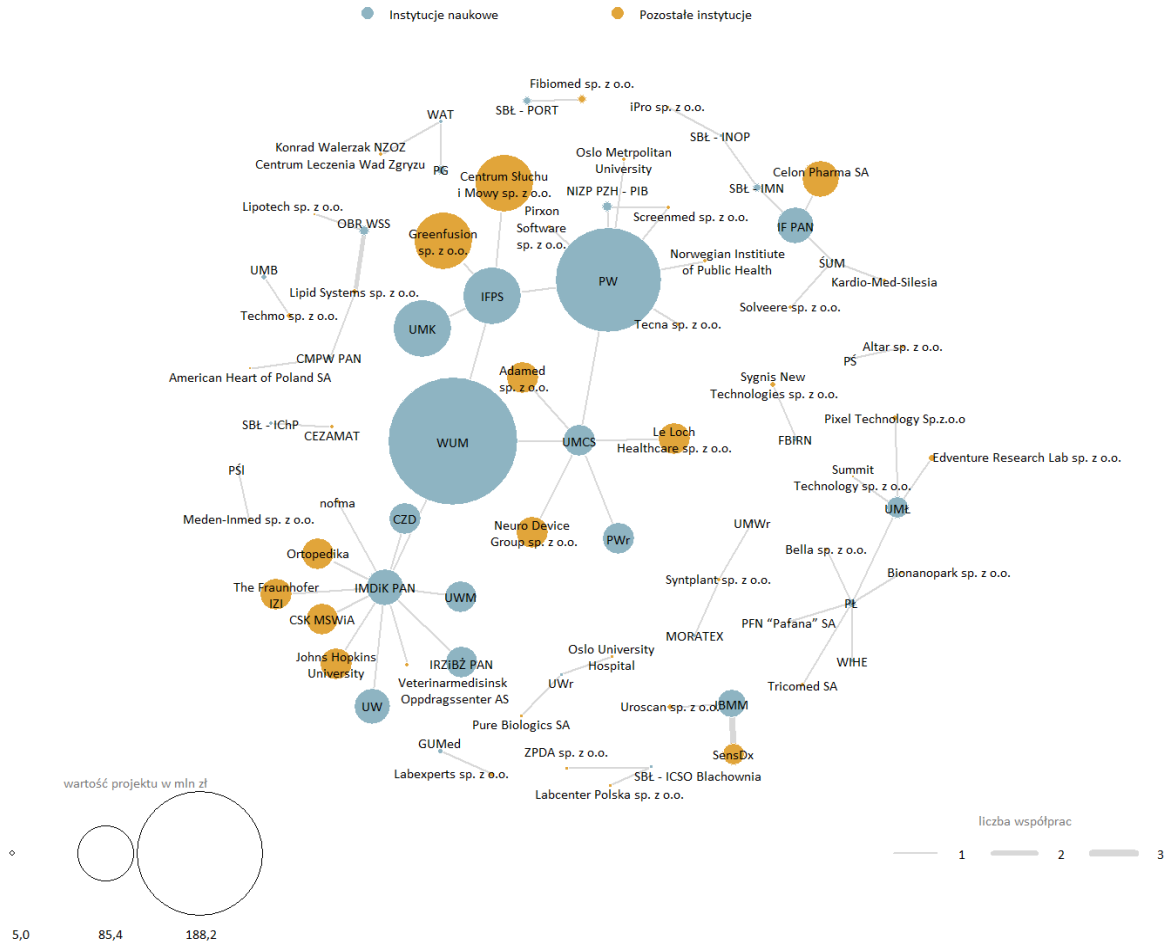
Aktywność projektowa w ramach funduszy norweskich

Instytucje naukowe mogą również pozyskiwać dofinansowanie z **funduszy norweskich.** Jedynie trzy spośród 15 wiodących jednostek wykazały się aktywnością w tym typie konkursów. Każda z nich zrealizowała **po jednym projekcie**: Politechnika Warszawska (projekt o wartości **7 069 850 zł**) oraz Warszawski Uniwersytet Medyczny wspólnie m.in. z Uniwersytetem Warszawskim (**6 528 354 zł**).

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

Współpracę w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych przeanalizowano w ramach wybranych programów wskazanych w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (s. 24).

Wykres 5.7.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych*



Uwaga: Wartość projektów, które zostały uwzględnione na wykresie, przekraczała medianę wartości wszystkich analizowanych projektów z określonego źródła finansowania. W przypadku projektów realizowanych w ramach PO IR były to 4 498 080 zł, funduszy krajowych – 40 522 612 zł, a funduszy norweskich – 6 528 354 zł.

Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Spośród wymienionych wyżej projektów, we współpracy z instytucjami spoza systemu POL-on zrealizowano 70 projektów, które opiewały na łączną kwotę **789 206 349 zł.** W ich wykonanie

zaangażowane było 59 jednostek naukowych. Na wykresie 5.7.2 przedstawiono podmioty współpracujące ze sobą w ramach realizacji projektów o największej wartości.

Wśród wszystkich instytucji występujących w systemie POL-on, projekty o największej, łącznej wartości **(222 471 358 zł)** zrealizowano na **Warszawskim Uniwersytecie Medycznym**. Kolejne co do wartości projekty zrealizowano na Politechnice Warszawskiej **(167 875 786 zł**), w Instytucie Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. Mirosława Mossakowskiego PAN **(116 220 786 zł),** na Politechnice Wrocławskiej **(112 049 600 zł)** oraz na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim **(109 308 149 zł).**

Do **jednostek naukowych**, które współpracowały z **największą liczbą instytucji spoza systemu POL-on**, zaliczają się: Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. Mirosława Mossakowskiego PAN (**6 instytucji współpracujących**), Politechnika Warszawska (**5 instytucji współpracujących**), Politechnika Łódzka (**4 instytucje współpracujące**), a także Uniwersytet Medyczny w Łodzi oraz Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej (**po 3 instytucje współpracujące**). Pozostałe podmioty działały w ramach jednej lub dwóch współprac. Trzy różne projekty zrealizowano we współpracy Instytutu Biotechnologii i Medycyny Molekularnej z firmą SensDx. Dwie współprace zanotował natomiast Ośrodek Badawczo-Rozwojowy, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny we Wrocławiu z firmą Lipid Systems sp. z o.o.

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono dla 20 projektów realizowanych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL od VI do IX:

- **Jeden projekt** został zakończony **na poziomie VI,** co oznacza, że dokonano demonstracji prototypu lub modelu systemu albo podsystemu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Wnioskodawcą projektu był Śląski Uniwersytet Medyczny w ramach konkursu POIR 04.01.02.
- **Cztery projekty** zakończyły się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Do tej grupy należały projekty realizowane w ramach konkursu POIR 04.01.02 przez następujące jednostki: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Uniwersytet Zielonogórski, Politechnikę Białostocką oraz Narodowy Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie – Państwowy Instytut Badawczy.
- **Siedem projektów** zakończyło się **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. W tej grupie projekty w ramach konkursów POIR 04.01.02 realizowała: Politechnika Łódzka (2 projekty), Instytut Wysokich Ciśnień PAN, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Sieć Badawcza Łukasiewicz – PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii oraz Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. Ludwika Hirszfelda PAN, a w ramach konkursów POIR 04.01.04 – Sieć Badawcza Łukasiewicz – PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii.
- **Osiem projektów** zakończono **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursów POIR 04.01.02 przez: Instytut Biotechnologii i Medycyny Molekularnej (2 projekty), Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej BLACHOWNIA, Politechnikę Śląską, Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN, oraz w ramach konkursów POIR

04.01.04 przez: Instytut Biotechnologii i Medycyny Molekularnej, Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Obróbki Plastycznej i Politechnikę Łódzką.

5.7.2 Wiodący naukowcy

Wśród 15 najlepszych naukowców, sześciu było zatrudnionych w instytucjach, które nie znalazły się wśród wiodących jednostek w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych. Do tej grupy należeli: prof. dr hab. Piotr Rutkowski z Narodowego Instytutu Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie – Państwowego Instytutu Badawczego, prof. dr hab. Piotr Stepnowski z Uniwersytetu Gdańskiego, prof. dr hab. Marian Paluch z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, prof. dr hab. Adam Witkowski z Narodowego Instytutu Kardiologii Stefana kardynała Wyszyńskiego – Państwowego Instytutu Badawczego, prof. dr hab. Jarogniew Łuszczki z Uniwersytetu Medycznego w Lublinie i prof. dr hab. Małgorzata Filip z Instytutu Farmakologii PAN (por. tabela 5.7.3).

W czołówce rankingu naukowców w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych znaleźli się prof. dr hab. Piotr Ponikowski i prof. dr hab. Ewa Jankowska z Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, którzy zajęli odpowiednio pierwszą i trzecią lokatę, oraz prof. dr hab. Dariusz Dudek z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, który uplasował się na drugim miejscu. Jednostki, zatrudniające wymienionych naukowców, znalazły się odpowiednio na czwartym i pierwszym miejscu w rankingu wiodących instytucji w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych.

Prof. dr hab. Ponikowski wypadł najlepiej pod kątem liczby cytowań (11 900) oraz indeksu Hirscha (35); prof. dr hab. Dariusz Dudek – pod względem liczby prac (176), natomiast pod względem średniego poziomu wpływu – prof. dr hab. Ewa Jankowska (MNCS = 11,45).

Największą liczbę zgłoszeń patentowych odnotowano dla osób, które nie znalazły się w rankingu wiodących naukowców: dla prof. dr. hab. Mirosława Anioła (33) i dr. hab. Witolda Gładkowskiego (29) z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, dr. hab. Tomasza Wasilewskiego (24) z Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu, a także dla dr hab. Anny Gliszczyńskiej (23) z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (por. wykres 5.7.3). Aż sześciu naukowców znajdujących się w czołówce rankingu według liczby zgłoszeń patentowych wywodziło się z Uniwersytetu

Wykres 5.7.3. *Naukowcy z największą liczbą zgłoszeń patentowych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych w okresie 2010–2019*

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring).

Tabela 5.7.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Piotr Ponikowski	Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu	125	11 900	7,18	35	**100**
2	prof. dr hab. Dariusz Dudek	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	176	5 066	2,06	32	**76**
3	prof. dr hab. Ewa Jankowska	Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu	53	8 683	11,45	17	**64**
4	prof. dr hab. Maciej Banach	Uniwersytet Medyczny w Łodzi	136	2 907	1,95	32	**60**
5	prof. dr hab. Piotr Rutkowski	Narodowy Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie – Państwowy Instytut Badawczy*	120	3 202	2,23	29	**54**
6	prof. dr hab. Michał Pędziwiatr	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie*	151	1 499	1,10	22	**46**
7	prof. dr hab. Piotr Major	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie*	142	1 353	1,08	21	**42**
8	prof. dr hab. Andrzej Budzyński	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie**	142	1 366	0,98	21	**42**
9	prof. dr hab. Piotr Stepnowski	Uniwersytet Gdański	98	1 927	1,50	26	**40**
10	prof. dr hab. Marian Paluch	Uniwersytet Śląski w Katowicach*	84	1 714	1,60	24	**33**
11	prof. dr hab. Adam Witkowski	Narodowy Instytut Kardiologii Stefana Kardynała Wyszyńskiego – Państwowy Instytut Badawczy	119	1 627	1,08	17	**32**
12	prof. dr hab. Jarogniew Łuszczki	Uniwersytet Medyczny w Lublinie	108	1 131	0,79	19	**30**
13	prof. dr hab. Małgorzata Filip	Instytut Farmakologii im. Jerzego Maja Polskiej Akademii Nauk	81	1 686	1,48	21	**29**
14	prof. dr hab. Marcin Barczyński	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	67	1 581	1,92	22	**27**
15	prof. Marek Ruchała	Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu	111	1 030	0,79	16	**27**

** Wskazane miejsce zatrudnienia nie jest podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

*** Ostatnie miejsce zatrudnienia według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

Przyrodniczego we Wrocławiu, który nie znalazł się w rankingu wiodących jednostek w omawianym obszarze, jednak uplasował się na trzecim miejscu pod względem sumarycznej liczby zgłoszeń patentowych (por. Załącznik 5.7, Z5.7.5). Jedyną osobą z rankingu wiodących naukowców, która zgłosiła patenty, był prof. dr hab. Jarogniew Łuszczki z Uniwersytetu Medycznego w Lublinie (15 zgłoszeń patentowych).

5.8 Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji

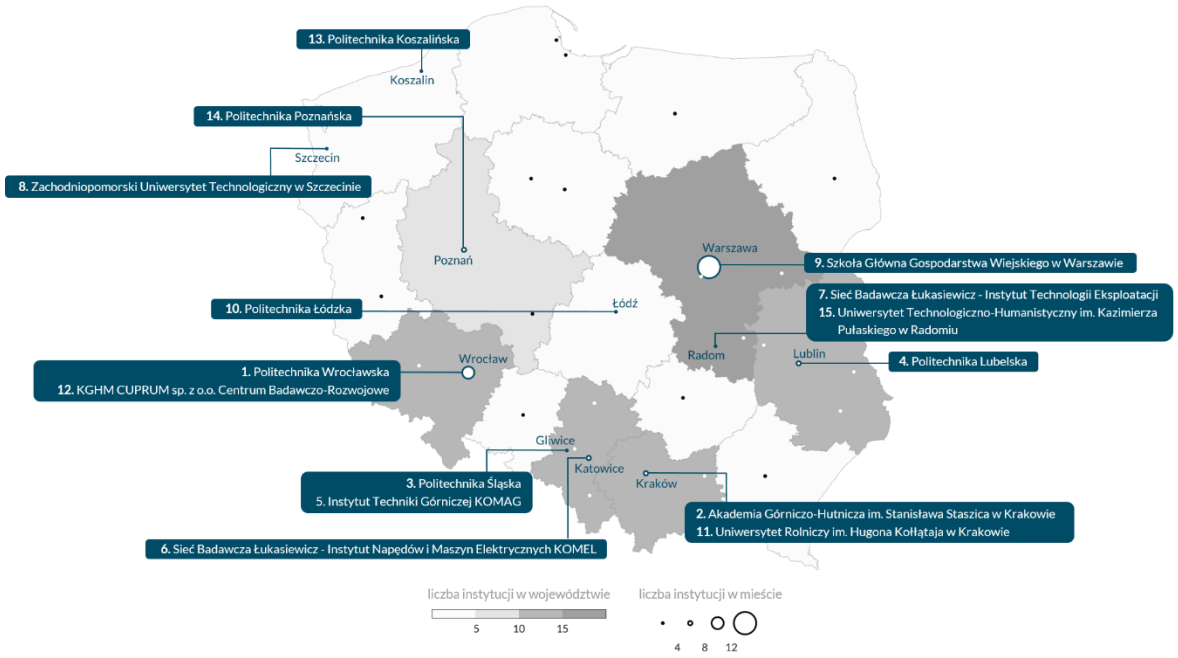
5.8.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji, który objął 4 podklasy IPC:

1. **B07C** – Sortowanie przesyłek pocztowych; sortowanie poszczególnych przedmiotów lub materiałów luzem, które mogą być sortowane po sztuce, np. ręcznie;
2. **B65B** – Maszyny, przyrządy, urządzenia lub sposoby pakowania przedmiotów lub materiałów; rozpakowywanie przedmiotów;
3. **B65G** – Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrzzakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe;
4. **B66F** – Urządzenia do wyciągania, podnoszenia, holowania lub pchania nieprzewidziane gdzie indziej, np. urządzenia, w których siła podnosząca lub przesuwająca jest przyłożona bezpośrednio do powierzchni ładunku.

Obszar technologii pakowania, magazynowania i manipulacji to najmniejszy obszar technologiczny z 13 omawianych w opracowaniu pod względem liczby zidentyfikowanych publikacji w PBN i Web of Science, liczby prac dyplomowych (68) oraz liczby pracowników naukowych będących autorami przynajmniej jednej pracy z badanego obszaru (337). Wśród instytucji ujętych w rankingu według wskaźnika syntetycznego w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji, po trzy wiodące jednostki znajdują się na Mazowszu i na Śląsku (por. mapa 5.8.1), po dwie – w Krakowie oraz Wrocławiu. Cztery jednostki działają poza stolicami województw.

Mapa 5.8.8. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Tabela 5.8.8. *Ranking instytucji w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji według wskaźnika syntetycznego*

Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
	Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1 Politechnika Wrocławska	100	100	100	-	**100**
2 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	68	59	78	-	**68**
3 Politechnika Śląska	41	54	78	-	**58**
4 Politechnika Lubelska	20	81	31	-	**44**
5 Instytut Techniki Górniczej KOMAG	43	26	63	-	**44**
6 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL	40	72	-	-	**37**
7 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Technologii Eksploatacji	45	16	44	-	**35**
8 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	42	58	3	-	**34**
9 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie	42	45	16	-	**34**
10 Politechnika Łódzka	19	75	3	-	**32**
11 Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	29	65	-	-	**31**
12 KGHM CUPRUM sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe	18	56	6	-	**26**
13 Politechnika Koszalińska	20	58	-	-	**26**
14 Politechnika Poznańska	10	34	16	-	**20**
15 Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu	9	43	6	-	**19**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Pierwsze miejsce w rankingu wiodących jednostek w omawianym obszarze zajęła Politechnika Wrocławska, zdobywając najwyższe noty w trzech składowych wskaźnika syntetycznego: potencjale kadrowym, potencjale publikacyjnych i aktywności patentowej (por. tabela 5.8.1). Drugą i trzecią lokatę zajęły odpowiednio Akademia Górniczo-Hutnicza i Politechnika Śląska. Jest to jedyny obszar, w którym żadna z jednostek nie brała udziału w projektach finansowanych w ramach programu Horyzont 2020.

Lider rankingu zdobył najwyższe noty w dwóch miarach składowych potencjału kadrowego: liczbie stopni naukowych nadanych w obszarze w latach 1999–2019 oraz w liczbie osób zatrudnionych w 2019 roku, które uzyskały dyplom w omawianym obszarze (por. Załącznik 5.8, Z5.8.1). Drugie miejsce w rankingu potencjału kadrowego należało do Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Uczelnia ta została oceniona najwyżej pod względem udziału zatrudnionych w liczbie naukowców w obszarze ogółem w 2019 roku. Natomiast pod kątem specjalizacji pracowników (czyli udziału zatrudnionych w obszarze do zatrudnienia ogółem w instytucji) pierwsze miejsce należało do Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, który uplasował się na szóstym miejscu rankingu wskaźnika syntetycznego. Instytucja ta wyróżniała się na tle innych jednostek wyłącznie w tym wskaźniku potencjału kadrowego, natomiast w pozostałych trzech miarach uzyskała słabe lub zerowe rezultaty.

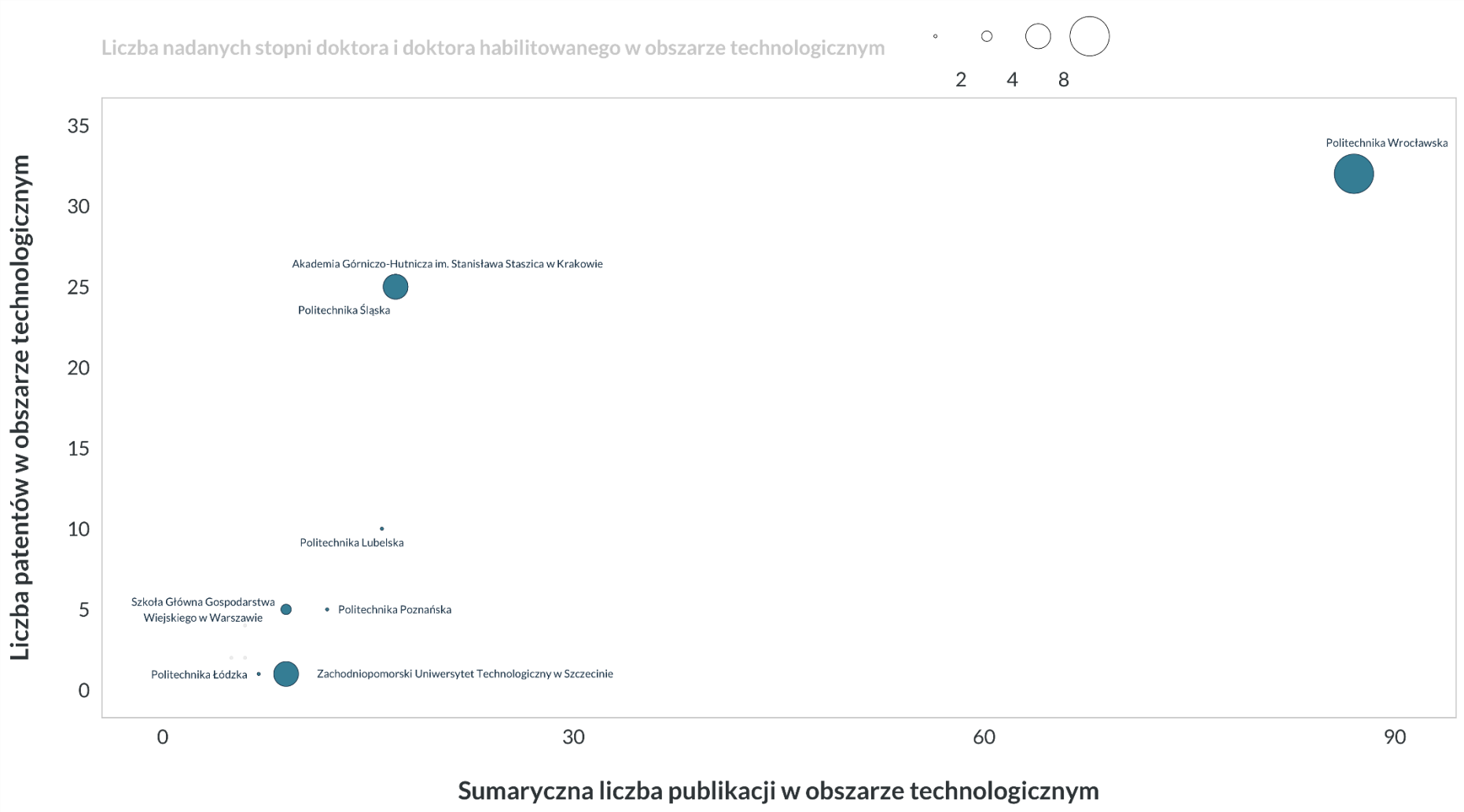
Potencjał publikacyjny określono na podstawie pięciu miar składowych (por. Załącznik 5.8, Z5.8.2). Najlepiej w rankingu publikacyjnym wypadła Politechnika Wrocławska, zdobywając najwyższy wynik zarówno w liczbie publikacji, jak i liczbie cytowań. Pod względem specjalizacji publikacji, najwyższy wynik należał do Instytutu Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który uplasował się na szóstym miejscu zestawienia wiodących jednostek naukowych. Największym wpływem prac (MNCS) cechowały się publikacje z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, który uplasował się dopiero na 11 pozycji w rankingu.

Najwięcej osób z przynajmniej jedną publikacją w obszarze pracowało w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (36), która zajęła drugie miejsce w rankingu wiodących jednostek, a jej pracownicy stanowili 11% wszystkich naukowców z przynajmniej jedną publikacją w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji, zatrudnionych w polskich instytucjach naukowych (por. Załącznik 5.8, Z5.8.4). Drugie miejsce w zestawieniu należało do Politechniki Wrocławskiej – lidera rankingu ogólnego (26 badaczy w obszarze), zaś trzecie do Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (24 badaczy w obszarze). Niewiele mniej autorów prac (22) było zatrudnionych w 2019 roku w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.

W całym obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji w latach 1999–2019 nadano 53 stopnie doktora i 15 doktora habilitowanego. Największą ich liczbę przyznano na Politechnice Wrocławskiej (15 doktoratów i 1 habilitacja, Załącznik 5.8, Z5.8.3). Stopnie naukowe nadane w tej jednostce stanowiły 24% wszystkich stopni doktora i doktora habilitowanego w technologiach pakowania, magazynowania i manipulacji. O połowę mniej stopni przyznano w ósmej jednostce według wskaźnika syntetycznego – Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Trzecia lokata pod względem liczby nadanych stopni naukowych należała do Politechniki Śląskiej (6 doktoratów) i Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (5 doktoratów i 1 habilitacja).

Pod kątem specjalizacji publikacji wyróżniał się Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL z Sieci Badawczej Łukasiewicz (por. Załącznik 5.8, Z5.8.6). Choć 4,2% dorobku publikacyjnego tej jednostki dotyczyło tematyki omawianego obszaru, to sama liczba publikacji była niewielka – udział prac tego podmiotu w całkowitej liczbie publikacji w omawianym obszarze wyniósł 3,8%. Jednostka cechowała się również małym udziałem zatrudnionych pracowników naukowych z obszaru technologii pakowania, magazynowania i manipulacji wśród wszystkich pracowników z tego obszaru technologicznego w Polsce, który stanowił 1,2%.

Wykres 5.8.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Dwie wiodące instytucje z rankingu cechowały się największym udziałem pracowników naukowych w ogólnej liczbie naukowców z tego obszaru oraz najwyższym udziałem publikacji w całkowitej liczbie prac naukowych dotyczących technologii pakowania, magazynowania i manipulacji. W przypadku drugiej w rankingu Akademii Górniczo-Hutniczej udział pracowników był najwyższy i wynosił 10,7%, zaś udział publikacji – 15%. Z kolei lider rankingu – Politechnika Wrocławska zanotowała najwyższy udział publikacji (18,6%) i nieco niższy udział pracowników (7,7%). Wskaźniki specjalizacji publikacji tych dwóch instytucji kształtowały się na bardzo niskim poziomie i wynosiły odpowiednio 0,2% i 0,3%.

Wśród 15 wiodących jednostek naukowych, ponadprzeciętnym wpływem charakteryzowały się prace badaczy z siedmiu instytucji. Najwyższą wartość MNCS osiągnął Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (2,6), nieco niższą – Politechnika Łódzka (2,4) i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (2,0). Podmioty te uplasowały się odpowiednio na 11., 10. i 8. miejscu w ogólnej klasyfikacji według wskaźnika syntetycznego. Liczba publikacji dla trzech wymienionych jednostek, zidentyfikowana w tym obszarze w bazie WoS, była niewielka i nie przekraczała 10 (por. Załącznik 5.8, Z5.8.7).

Prace przygotowane przez naukowców z Politechniki Wrocławskiej – lidera rankingu, choć najliczniejsze (87 publikacji) i najliczniej cytowane (390), osiągnęły poziom wpływu poniżej średniej w obszarze (MNCS=0,6). Wysoką sumaryczną liczbę cytowań (279) osiągnęły również publikacje naukowców z Politechniki Lubelskiej, która zajęła czwarte miejsce w rankingu ogólnym. Prace naukowe z tej uczelni cechował ponadprzeciętny poziom wpływu (2,0) w omawianym obszarze.

W jednostce o największej liczbie zgłoszonych patentów – Politechnice Wrocławskiej (32, por. Załącznik 8.5, Z5.8.5) nadano jednocześnie najwięcej stopni naukowych w obszarze (15 doktoratów i 1 habilitacja), a także przygotowano najwięcej publikacji w omawianym obszarze technologicznym (87, por. wykres 5.8.1). Identyczną liczbę nadanych stopni naukowych w badanym obszarze (po 6), sumaryczną liczbę publikacji (po 17) i liczbę zgłoszonych patentów (po 25) miały Politechnika Śląska i Akademia Górniczo-Hutnicza. Ponadto, na tle 15 wiodących jednostek, wyróżniały się jeszcze dwie instytucie: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny pod względem liczby stopni naukowych (6 doktoratów i 2 habilitacje) i Politechnika Lubelska pod względem liczby publikacji (16).

Aktywność projektowa

W związku z tym, że w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji nie zidentyfikowano żadnych projektów realizowanych w ramach programu Horyzont 2020, w rozdziale przedstawiono jedynie pozostałą aktywność projektową w zakresie programów ujętych w tabeli 3.3.1. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**.

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem: (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (por. Tabela). W **4 projektach** o łącznej wartości **18 963 493 zł** finansowanych w ramach funduszy europejskich uczestniczyły łącznie **4 jednostki naukowe,** wśród których 3 pełniły funkcję wnioskodawcy. W omawianym obszarze nie odnotowano realizacji projektów w ramach programów krajowych ani pozostałych programów międzynarodowych.

Tabela 5.8.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące - konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące - wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	4	4	3	18 963 493
Programy krajowe	0	0	0	0
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	0			
Sumarycznie	**4**			**18 963 493**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich oraz współpraca jednostek naukowych z podmiotami spoza POL-on

W przypadku technologii pakowania, magazynowania i manipulacji **aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich była tożsama z projektami realizowanymi we współpracy z jednostkami spoza systemu POL-on.** Do tej grupy czterech instytucji, które realizowały cztery projekty finansowane z funduszy europejskich należały: Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Politechnika Poznańska, Politechnika Wrocławska i Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej BLACHOWNIA. Łączna wartość projektów wykonanych przez te instytucje (**18 963 493 zł) stanowiła zarazem łączną wartość projektów zrealizowanych we współpracy z jednostkami spoza systemu POL-on** (zob. wykres 8.8.2).

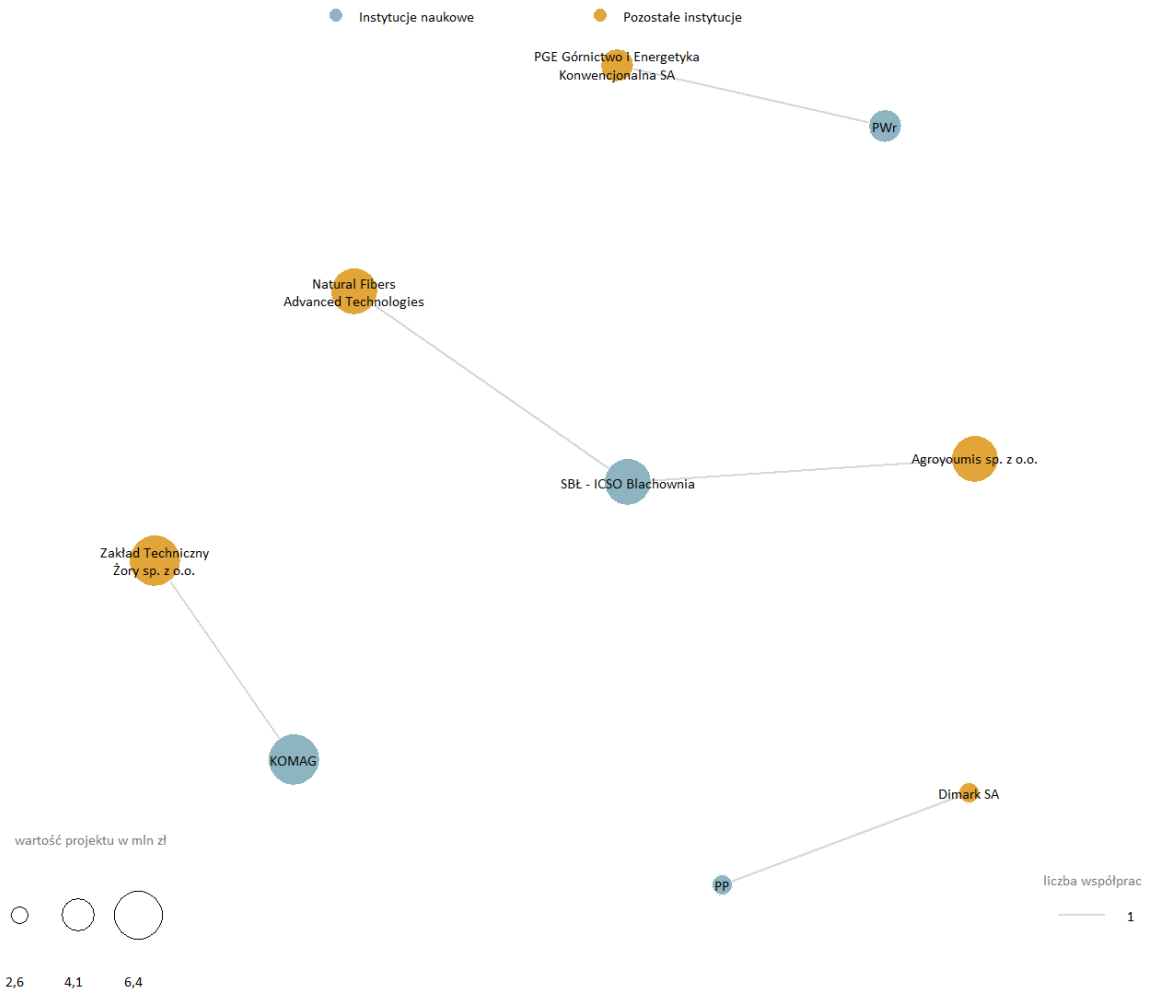
Wśród wymienionych wyżej podmiotów, **projekt o najwyższej wartości zrealizował Instytut Techniki Górniczej KOMAG (6 371 903 zł)** we współpracy z Zakładem Technicznym Żory sp. z o.o. Drugi co do wielkości projekt wykonał Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej BLACHOWNIA z Sieci Badawczej Łukasiewicz (**5 840 949 zł**) we współpracy z dwoma instytucjami spoza systemu POL-on: Natural Fibers Advanced Technologies i Agroyoumis sp. z o.o. Z kolei Politechnika Wrocławska współpracowała z PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA w projekcie o wartości **4 121 129 zł,** a Politechnika Poznańska wspólnie z Dimark SA zrealizowała przedsięwzięcie o wartości **2 629 510 zł.**

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w ramach dwóch projektów realizowanych w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL na poziomie VII i VIII:

- **Jeden projekt** zakończył się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Był to projekt realizowany w ramach konkursu POIR 04.01.02 przez Politechnikę Poznańską.
- **Jeden projekt** ukończono **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. Dotyczyło to projektu wykonanego w ramach konkursu POIR 04.01.04 przez Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej BLACHOWNIA, należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Wykres 5.8.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji*



Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

5.8.2 Wiodący naukowcy

W czołówce rankingu wiodących naukowców w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji znaleźli się: dr hab. Robert Król i prof. dr hab. Radosław Zimroz z Politechniki Wrocławskiej oraz dr hab. Dariusz Mazurkiewicz z Politechniki Lubelskiej. Jednostki zatrudniające tych naukowców zajęły odpowiednio pierwsze oraz czwarte miejsce w rankingu najlepszych jednostek (por. tabela 5.8.1).

Dr hab. Robert Król uzyskał największy indeks Hirscha (7), a prof. dr hab. Radosław Zimroz przygotował największą liczbę publikacji (23). Z kolei pod względem liczby cytowań najlepsze wyniki odnotowano dla dr. hab. Dariusza Mazurkiewicza (182), zaś z uwagi na znormalizowany wskaźnik wpływu najlepiej wypadł dr. Piotra Kulawika z Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (MNCS = 5.25). Wynik ten naukowiec osiągnął przy relatywnie niewielkiej liczbie publikacji (4) i ostatecznie zajął siódme miejsce w rankingu wiodących badaczy w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji.

Tabela 5.8.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	dr hab. Robert Król	Politechnika Wrocławska	21	127	0,97	7	**100**
2	prof. dr hab. Radosław Zimroz		23	131	0,74	6	**97**
3	dr hab. Dariusz Mazurkiewicz	Politechnika Lubelska	6	182	3,04	6	**93**
4	dr hab. Leszek Jurdziak	Politechnika Wrocławska	21	93	0,72	6	**85**
5	dr hab. Ryszard Błażej		18	86	0,76	6	**79**
6	dr hab. Ewelina Jamróz	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	7	70	3,42	5	**68**
7	dr Piotr Kulawik		4	58	5,25	3	**61**
8	dr Mirosław Bajda	Politechnika Wrocławska	13	54	0,57	5	**56**
9	dr Witold Kawalec		11	55	0,82	5	**54**
10	dr Waldemar Kisielewski	Uczelnia Jana Wyżykowskiego	6	46	1,33	5	**47**
11	dr hab. Maciej Majewski	Politechnika Koszalińska	7	44	1,01	5	**46**
12	mgr inż. Damian Kaszuba	Politechnika Wrocławska*	6	45	1,05	5	**44**
13	prof. dr hab. Lesław Juszczak	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	3	31	3,35	3	**40**
14	dr hab. Piotr Kulinowski	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	4	45	1,64	4	**39**
15	dr hab. Renata Dobrucka	Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu	4	60	1,58	3	**35**

** Ostatnie miejsce zatrudnienia według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

Wśród 15 najlepszych naukowców w omawianym obszarze znalazły się dwie osoby zatrudnione w jednostkach spoza grupy wiodących instytucji. Byli to: dr Waldemar Kisielewski z Uczelni Jana Wyżykowskiego, który zajął 10. miejsce, i dr hab. Renata Dobrucka z Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu z piętnastą lokatą w rankingu.

Najwięcej zgłoszeń patentowych odnotowano dla dr. hab. Andrzeja Zbrowskiego (14) z Instytutu Technologii Eksploatacji z Sieci Badawczej Łukasiewicz. Na drugim miejscu, z 11 zgłoszeniami, znalazł się dr Waldemar Kisielewski z Uczelni Jana Wyżykowskiego, który zajął 10. miejsce w rankingu wiodących naukowców. Po 9 zgłoszeń odnotowano dla mgr. inż. Jana Wiejaka z Instytutu Technologii Eksploatacji z Sieci Badawczej Łukasiewicz oraz dla dr. hab. Roberta Króla z Politechniki Wrocławskiej, czyli naukowca z pierwszego miejsca rankingu wiodących badaczy. Tym samym najlepsze wyniki pod względem liczby zgłoszeń patentowych należały do naukowców reprezentujących dwie instytucje z rankingu wiodących jednostek (Politechnikę Wrocławską i Instytut Technologii Eksploatacji z Sieci Badawczej Łukasiewicz) i jedną instytucję spoza rankingu (Uczelnię Jana Wyżykowskiego).

Spośród 15 wiodących naukowców zgłoszenia patentowe odnotowano jeszcze dla czterech osób: dr. hab. Leszka Jurdziaka (6 patentów), dr. hab. Ryszarda Błażeja (6), mgr. inż. Damiana Kaszuby (4) oraz dr. hab. Piotra Kulinowskiego (3). Trzej pierwsi naukowcy reprezentowali Politechnikę Wrocławską, a ostatni – Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie.

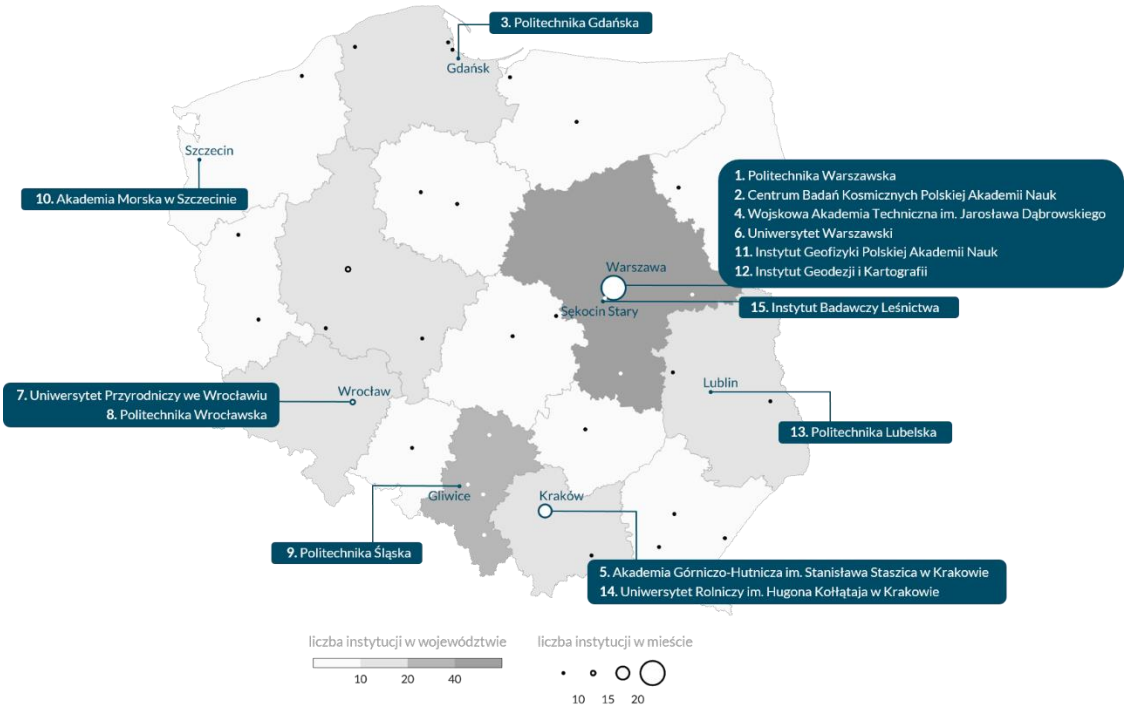
5.9 Technologie pomiarowe

5.9.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii pomiarowych, który objął 7 podklas IPC:

1. **G01D** – Pomiar nieprzystosowany specjalnie do szczególnej zmiennej; urządzenia do pomiaru dwóch lub kilku zmiennych nieobjęte żadną z pozostałych podklas; aparaty taryfowe liczące; urządzenia do przekazywania i przetwarzania nieprzystosowane specjalnie do szczególnej zmiennej; pomiary lub testowanie nieprzewidziane gdzie indziej;
2. **G01M** – Testowanie statycznego lub dynamicznego wyważenia maszyn lub konstrukcji; testowanie konstrukcji lub aparatury nieprzewidzianych gdzie indziej;
3. **G01N** – Badanie lub analiza materiałów przez określanie ich właściwości chemicznych lub fizycznych;
4. **G01R** – Pomiar zmiennych elektrycznych; pomiar zmiennych magnetycznych;
5. **G01S** – Radiowe określanie kierunku; radionawigacja; pomiar odległości lub prędkości z zastosowaniem fal radiowych; lokacja lub wykrywanie obecności z wykorzystaniem odbicia lub odpromieniowania fal radiowych; analogiczne układy z wykorzystaniem innych fal.

Mapa 5.9.9. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii pomiarowych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Zdecydowanie najwięcej jednostek naukowych z obszaru technologii pomiarowych (ponad 50) zlokalizowanych jest w województwie mazowieckim (por. mapa 5.9.1). Najwięcej z nich znajduje się na Mazowszu, w tym sześć w Warszawie, po dwie – we Wrocławiu oraz Krakowie. Lokalizacje pozostałych jednostek naukowych to: Gdańsk, Lublin i Szczecin.

Tabela 5.9.9. *Ranking instytucji w obszarze technologii pomiarowych według wskaźnika syntetycznego*

	Nazwa jednostki	Ranking (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
		Potencjał kadrowy	Potencjał publikacyjny	Aktywność patentowa	Aktywność projektowa	Instytucje
1	Politechnika Warszawska	86	100	44	-	**100**
2	Centrum Badań Kosmicznych PAN	17	76	2	100	**85**
3	Politechnika Gdańska	55	43	55	33	**81**
4	Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego	100	66	16	-	**79**
5	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	65	42	66	-	**75**
6	Uniwersytet Warszawski	19	76	7	67	**73**
7	Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu	19	44	5	100	**73**
8	Politechnika Wrocławska	14	27	100	-	**61**
9	Politechnika Śląska	5	32	67	-	**45**
10	Akademia Morska w Szczecinie	29	67	6	-	**44**
11	Instytut Geofizyki PAN	19	77	-	-	**42**
12	Instytut Geodezji i Kartografii	38	53	-	-	**39**
13	Politechnika Lubelska	1	28	54	-	**36**
14	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	20	50	11	-	**35**
15	Instytut Badawczy Leśnictwa	9	69	-	-	**34**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

W czołówce rankingu według wskaźnika syntetycznego w obszarze technologii pomiarowych uplasowały się kolejno dwie jednostki z Warszawy: Politechnika Warszawska i Centrum Badań Kosmicznych PAN oraz na trzecim miejscu – Politechnika Gdańska (por. tabela 5.9.1). Najlepsze noty w potencjale kadrowym zdobyła Wojskowa Akademia Techniczna, a w publikacyjnym – lider obszaru. Największą aktywnością projektową cechowały się dwie jednostki: Centrum Badań Kosmicznych PAN oraz Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, który znalazł się na siódmym miejscu generalnej klasyfikacji. Najwięcej patentów zostało złożonych przez ósmą jednostkę w rankingu – Politechnikę Wrocławską.

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, która wyróżniła się największym potencjałem kadrowym, zajęła pierwsze miejsce w zestawieniach według dwóch wskaźników składowych tej miary: liczby stopni naukowych nadanych w obszarze technologii pomiarowych oraz udziału zatrudnionych w 2019 roku z przynajmniej jedną publikacją w całkowitej ich liczbie w obszarze (por. Załącznik 5.9, Z5.9.1). Uczelnie z czołówki rankingu wiodących jednostek tj. Politechnika Warszawska oraz Politechnika Gdańska, uzyskały identyczne, najwyższe noty pod względem liczby zatrudnionych w 2019 roku osób ze stopniem naukowym uzyskanym w omawianym obszarze. Pod względem specjalizacji kadry, czyli udziału zatrudnionych w obszarze do zatrudnienia ogółem w instytucji, pierwsze miejsce należało do Instytutu Geodezji i Kartografii, który uplasował się na dalekim, 12. miejscu w ogólnej klasyfikacji. Instytucja ta wyróżniała się na tle innych jednostek wyłącznie w tym wskaźniku, a w pozostałych trzech miarach uzyskała zerowe lub bardzo słabe rezultaty.

W całym obszarze technologii pomiarowych w latach 1999–2019 nadano 86 stopni doktora i 24 doktora habilitowanego. Największą ich liczbę przyznano na Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego (16 doktoratów, 5 habilitacji, por. Załącznik 5.9, Z5.9.3), która zajęła drugie miejsce pod względem liczby zatrudnionych osób w 2019 roku z przynajmniej jedną publikacją w omawianym obszarze (113 badaczy, por. Załącznik 5.9, Z5.9.4). Druga lokata przypadła Politechnice Warszawskiej (10 doktoratów i 6 habilitacji), czyli jednostce z drugiego miejsca w rankingu zatrudnionych pracowników naukowych (96 badaczy). Naukowcy z tych dwóch podmiotów stanowili około 24% wszystkich pracowników z przynajmniej jedną publikacją w obszarze technologii pomiarowych. Na trzecim miejscu uplasowała się AGH w Krakowie (11 stopni doktora, 4 habilitacje, 54 zatrudnionych badaczy). W tych trzech jednostkach nadano prawie połowę wszystkich stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze technologii pomiarowych.

Potencjał publikacyjny określono na podstawie pięciu miar składowych**.** W przypadku liczby publikacji oraz liczby cytowań, największe wartości wskaźników osiągnął lider w obszarze – Politechnika Warszawska (por. Załącznik 5.9, Z5.9.2). Pod względem specjalizacji najwyższy wynik osiągnął Instytut Geodezji i Kartografii. Z kolei największy poziom wpływu (MNCS) prac w obszarze cechował Instytut Badawczy Leśnictwa, którego dorobek publikacyjny w obszarze był niewielki. Ostatecznie wspomniana instytucja uplasowała się dopiero na 15. miejscu w ogólnym zestawieniu według wskaźnika syntetycznego. Pod względem liczby publikacji na autora najwyższa wartość przypadła jednostce spoza rankingu – Instytutowi Technik Innowacyjnych EMAG z Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Oprócz Instytutu Geodezji i Kartografii ze wskaźnikiem specjalizacji publikacji na poziomie 6,1%, pod tym względem wyróżniało się też Centrum Badań Kosmicznych PAN (4,6%, por. Załącznik 5.9, Z5.9.6). Udział publikacji tych dwóch podmiotów w całkowitej liczbie prac w omawianym obszarze kształtował się na poziomie 1,3% oraz 2,8%. Z kolei udział pracowników naukowych z obszaru technologii pomiarowych zatrudnionych w tych jednostkach wśród wszystkich pracowników z tego obszaru technologicznego w Polsce wynosił odpowiednio 2,4% oraz 2,5%, a zatem pozostawał na niskim poziomie. Pomimo wysokiego poziomu specjalizacji Instytutu Geodezji i Kartografii, prace badaczy z tego podmiotu charakteryzowały się mniejszym wpływem niż średnia w obszarze (por. Załącznik 5.9, Z5.9.7).

Pod względem liczby publikacji w PBN zdecydowanie wyróżniała się Politechnika Warszawska, której prace stanowiły 23% dorobku publikacyjnego obszaru, a także Wojskowa Akademia Techniczna (14%).

Wyższy udział publikacji w tych instytucjach szedł w parze z wyższym w porównaniu do pozostałych instytucji udziałem pracowników zatrudnionych w tych jednostkach wśród wszystkich pracowników naukowych z obszaru technologii pomiarowych w Polsce (odpowiednio 10,9% oraz 12,9%).

Wśród 15 wiodących jednostek naukowych, ponadprzeciętnym wpływem cechowały się prace badaczy z 9 instytucji (Załącznik 5.9, Z5.9.7), a najwyższy poziom tego wskaźnika uzyskały publikacje naukowców z Instytutu Badawczego Leśnictwa (MNCS = 2,84), który uplasował się na 14. miejscu w ogólnej klasyfikacji. Na drugim i trzecim miejscu pod względem MNCS znalazły się Instytut Geofizyki PAN (2,30) oraz Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (1,99). Wśród tych trzech podmiotów, największa liczba cytowań i liczba publikacji w bazie Web of Science charakteryzowała Instytut Geofizyki PAN (44 publikacje i 673 cytowania).

Wśród czterech wiodących instytucji z ogólnej klasyfikacji, jedynie prace przygotowane przez naukowców z Centrum Badań Kosmicznych PAN posiadały ponadprzeciętny wpływ (MNCS=1,55). W tym podmiocie przygotowano 45 prac, które zgromadziły 470 cytowań. Podczas gdy bardzo duża liczba publikacji Politechniki Warszawskiej szła w parze z największą w obszarze liczbą cytowań (1 206), instytucja ta zanotowała niski wpływ przygotowanych prac (MNCS = 0,61). Politechnika Gdańska oraz Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego także osiągnęły poziom wpływu poniżej średniej w obszarze (odpowiednio MNCS = 0,92 oraz MNCS = 0,65).

W jednostce z największą liczbą zgłoszonych patentów (Politechnika Wrocławska – 160) nadano jedynie 4 stopnie naukowe oraz przygotowano 61 publikacji w obszarze (por. wykres 5.9.1). Z kolei w instytucji z największą liczbą nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego (łącznie 21) – Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego – przygotowano 164 publikacje oraz zgłoszono 25 patentów. W jednostce o największej liczbie publikacji (287) w obszarze – Politechnice Warszawskiej – zgłoszono 70 patentów i przygotowano łącznie 16 prac doktorskich i habilitacyjnych dotyczących technologii pomiarowych. Natomiast instytucja o stosunkowo dużej liczbie nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego (15) – Akademia Górniczo-Hutnicza – cechowała się mniejszą liczbą publikacji (96), ale większą liczbą patentów (106) w omawianym obszarze.

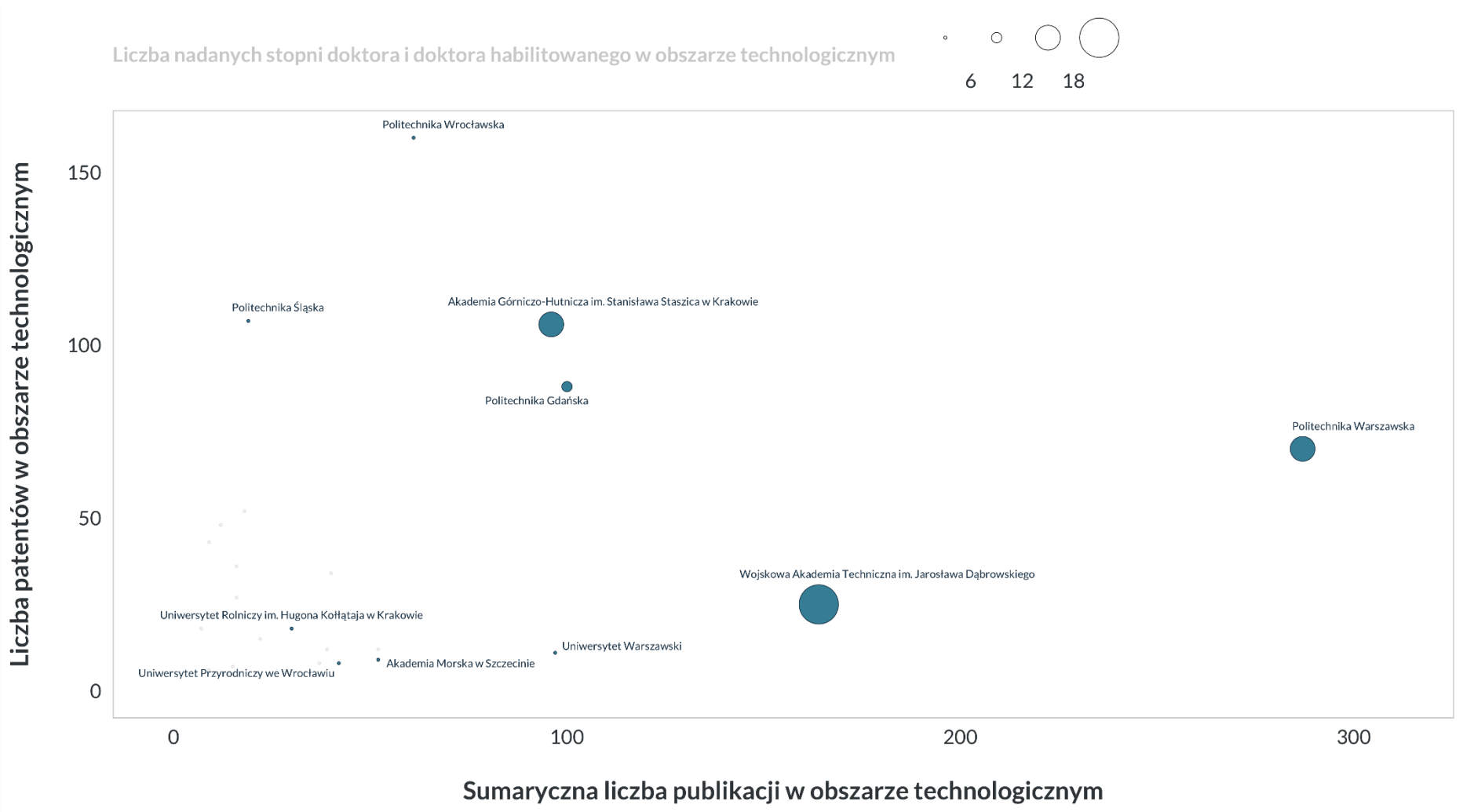
Największą liczbę zgłoszeń patentowych zanotowały uczelnie z południa Polski: Politechnika Wrocławska (160), Politechnika Śląska (107) oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (106 zgłoszeń, por. Załącznik 5.9, Z5.9.5). Instytucje te znalazły się na ósmym, dziewiątym i piątym miejscu w rankingu wiodących jednostek. Z pierwszej trójki wiodących instytucji, najwyższą aktywnością patentową cechowała się Politechnika Gdańska (88 zgłoszeń). Niewiele mniej zgłoszeń złożyła Politechnika Lubelska oraz instytucja spoza rankingu – Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji.

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii pomiarowych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli 3.3.1.

Wykres 5.9.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii pomiarowych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii pomiarowych zidentyfikowano 8 projektów realizowanych w ramach prestiżowego programu Horyzont 2020. Koordynacją projektu wykazał się tylko Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Z kolei pod względem liczby pozostałych uczestnictw w projektach, na pierwszym miejscy znalazło się Centrum Badań Kosmicznych PAN (3 uczestnictwa), czyli jednostka z drugą lokatą w ogólnej klasyfikacji według wskaźnika syntetycznego. W dwóch projektach uczestniczył Uniwersytet Warszawski. Po jednym projekcie zrealizowano zaś w Sieci Badawczej Łukasiewicz – PIAP oraz na Politechnice Gdańskiej.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w pozostałych projektach finansowanych z funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**. Wykaz programów, które były analizowane pod tym kątem, zamieszczono w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (s. 24).

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod względem: (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (por. Tabela 5.9.2). W **5 projektach** dotyczących obszaru technologii pomiarowych o łącznej wartości **24 772 200 zł** uczestniczyło w sumie **8 jednostek naukowych**.

Tabela 5.9.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii pomiarowych*

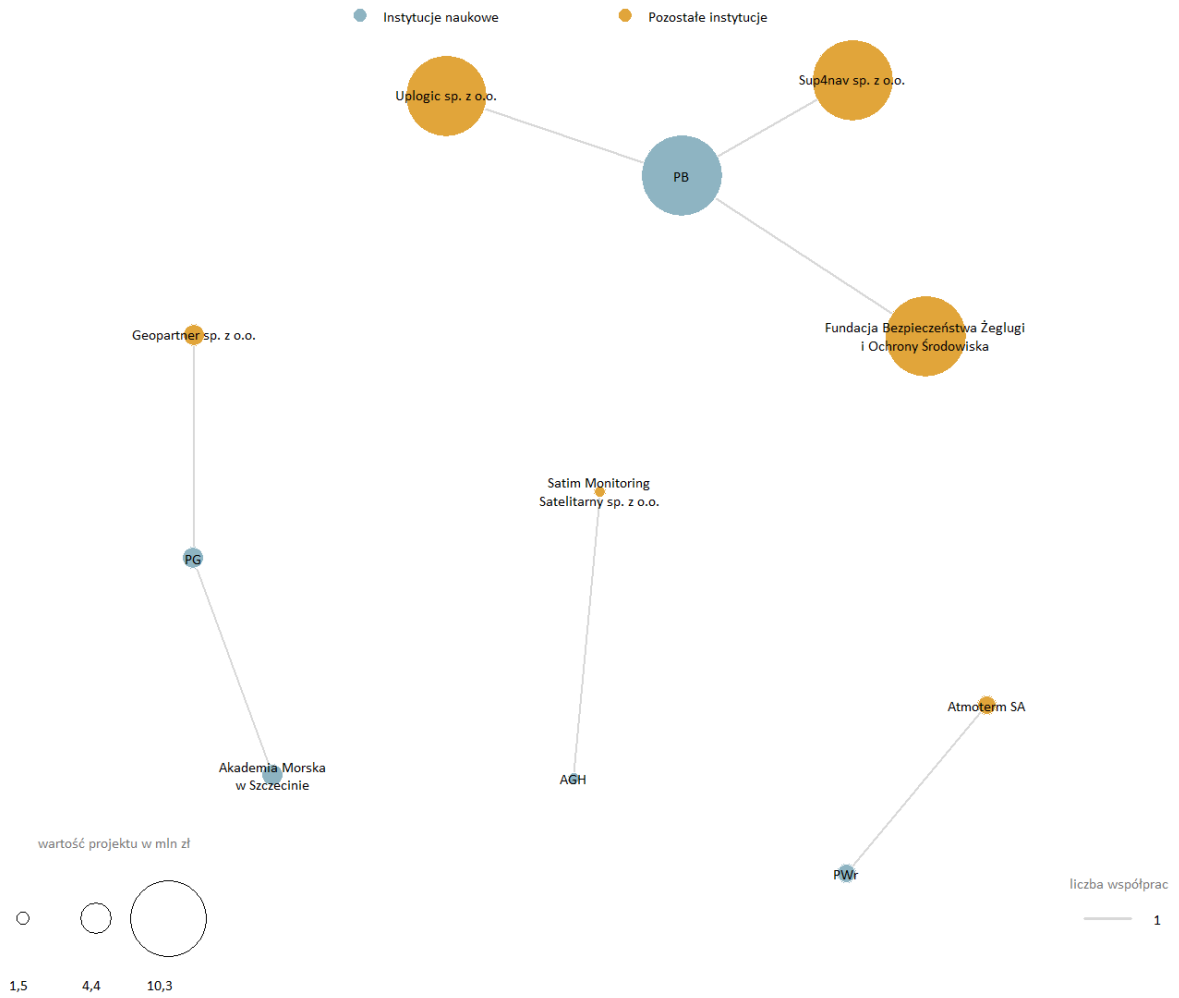
Typ funduszy	Liczba projektów	Instytucje uczestniczące - konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące - wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	4	5	3	17 039 256
Programy krajowe	1	3	1	7 732 944
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	0	0	0	0
Sumarycznie	**5**			**24 772 200**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich i współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

W przypadku technologii pomiarowych **aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich była tożsama z projektami realizowanymi we współpracy z jednostkami spoza systemu POL-on.** Pięć instytucji uczestniczyło w czterech projektach finansowanych w ramach funduszy europejskich. Do tej grupy należały: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Akademia Morska w Szczecinie, Politechnika Białostocka, Politechnika Gdańska oraz Politechnika Wrocławska. Łączna wartość pozyskanych przez nich projektów stanowiła **17 039 256 zł**. **Była to zarazem łączna wartość projektów zrealizowanych we współpracy z jednostkami spoza systemu POL-on** (zob. wykres 5.9.2).

Wykres 5.9.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii pomiarowych*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Wśród wymienionych wyżej podmiotów, **projekt o największej wartości zrealizowała Politechnika Białostocka (10 343 437 zł)** we współpracy z trzema podmiotami spoza systemu POL-on: Fundacją Żeglugi i Ochrony Środowiska, firmą Uplogic sp. z o.o. oraz Sup4nav sp. z o.o.

Drugi co do wielkości projekt (**2 795 895 zł)** wykonały **Akademia Morska w Szczecinie**, **Politechnika Gdańska** oraz firma Geopartner sp. z o.o. Projekt o wartości **2 423 106 zł** zrealizowała Politechnika Wrocławska z firmą Atmoterm S.A. Z kolei Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie współpracowała z Satim Monitoring Satelitarny sp. zo.o. w przedsięwzięciu o wartości **1 476 817 zł**.

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Jednostki, które były aktywne projektowo w **ramach funduszy krajowych** – Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX, Politechnika Śląska i Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia – współpracowały ze sobą w ramach jednego przedsięwzięcia o wartości **7 732 944 zł**.

TRL określono w ramach **trzech projektów** realizowanych w obszarze technologii pomiarowych. Rozwiązania opracowane w tych projektach osiągnęły TRL na poziomie VII i IX:

- **Jeden projekt** zakończył się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Był to projekt zrealizowany przez Politechnikę Gdańską w ramach konkursu POIR 04.01.04;
- **Dwa projekty** zakończyły się **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursów POIR 04.01.01 przez Akademię Górniczo-Hutniczą oraz POIR 04.01.04 przez Politechnikę Białostocką.

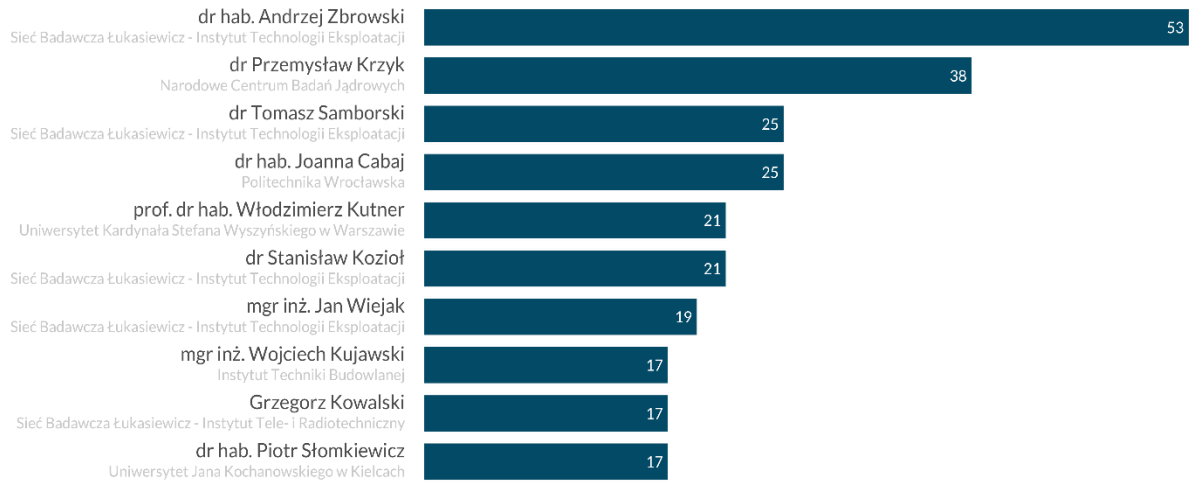
5.9.2 Wiodący naukowcy

W zestawieniu najlepszych naukowców znalazły się dwie osoby zatrudnione w instytucjach spoza rankingu wiodących jednostek: prof. dr hab. Jacek Kozak z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i mgr inż. Irina Zakharenkova z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, którzy zajęli odpowiednio dziewiąte i trzynaste miejsce w rankingu (por. tabela 5.9.3).

Pierwsze trzy miejsca w rankingu wiodących naukowców w obszarze technologii pomiarowych należały do prof. dr. hab. Krzysztofa Kulpy i dr. hab. Piotra Samczyńskiego z Politechniki Warszawskiej oraz dr hab. Iwony Stachlewskiej z Uniwersytetu Warszawskiego. Jednostki zatrudniające wspomniane osoby znalazły się na pierwszym i szóstym miejscu w zestawieniu wiodących jednostek w omawianym obszarze technologicznym (por. tabela 5.9.1).

Prof. dr hab. Krzysztof Kulpa osiągnął najwyższe wyniki pod kątem liczby publikacji (101), które zgromadziły też najwięcej cytowań (777), oraz pod względem indeksu Hirscha (14). Niewiele niższy indeks Hirscha odnotowano dla dr hab. Iwony Stachlewskiej (13). Z kolei największy poziom wpływu cechował prace autorstwa prof. dr. hab. Jacka Kozaka (MNCS = 3,54). Wskaźnik ten został jednak osiągnięty w tym przypadku przy niewielkiej liczbie prac (jedynie 6).

Wykres 5.9.3. *Naukowcy z największą liczbą zgłoszeń patentowych w obszarze technologii pomiarowych w okresie 2010–2019*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring).

Tabela 5.9.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii pomiarowych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Krzysztof Kulpa	Politechnika Warszawska	101	777	0,93	14	**100**
2	dr hab. Piotr Samczyński		87	493	0,77	12	**78**
3	dr hab. Iwona Stachlewska	Uniwersytet Warszawski	28	479	2,55	13	**76**
4	dr hab. Mateusz Malanowski	Politechnika Warszawska	64	516	0,92	11	**70**
5	dr hab. Aleksander Pietruczuk	Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk	17	397	3,28	10	**69**
6	dr hab. Krzysztof Stereńczak	Instytut Badawczy Leśnictwa*	26	409	2,54	9	**63**
7	dr hab. Witold Kazimierski	Akademia Morska w Szczecinie	15	223	2,41	10	**54**
8	dr hab. Krzysztof Markowicz	Uniwersytet Warszawski	20	270	1,95	9	**51**
9	prof. dr hab. Jacek Kozak	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	6	139	3,54	6	**48**
10	dr hab. Jacek Misiurewicz	Politechnika Warszawska	60	247	0,49	7	**45**
11	dr Marta Włodarczyk-Sielicka	Akademia Morska w Szczecinie	9	159	2,61	7	**44**
12	dr hab. Witold Rohm	Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu	8	126	2,79	5	**39**
13	mgr inż. Irina Zakharenkova	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*	9	123	2,36	6	**38**
14	dr hab. Piotr Wężyk	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	10	126	2,16	6	**36**
15	dr Artur Szkop	Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk	7	105	2,81	4	**36**

** Wskazane miejsce zatrudnienia nie jest podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

W czołówce rankingu naukowców z największą liczbą zgłoszeń patentowych znaleźli się badacze zatrudnieni w jednostkach spoza zestawienia wiodących instytucji w obszarze (por. wykres 5.9.3). Na pierwszym miejscu znalazł się dr. hab. Andrzej Zborowski z Instytutu Technologii Eksploatacji z Sieci Badawczej Łukasiewicz (53), natomiast na drugim - dr Przemysław Krzyk z Narodowego Centrum Badań Jądrowych (38). Wśród wiodących naukowców, tylko dr hab. Mateusz Malanowski z Politechniki Warszawskiej zgłosił stosunkowo niewielką liczbę patentów (6).

5.10 Technologie rolno-spożywcze

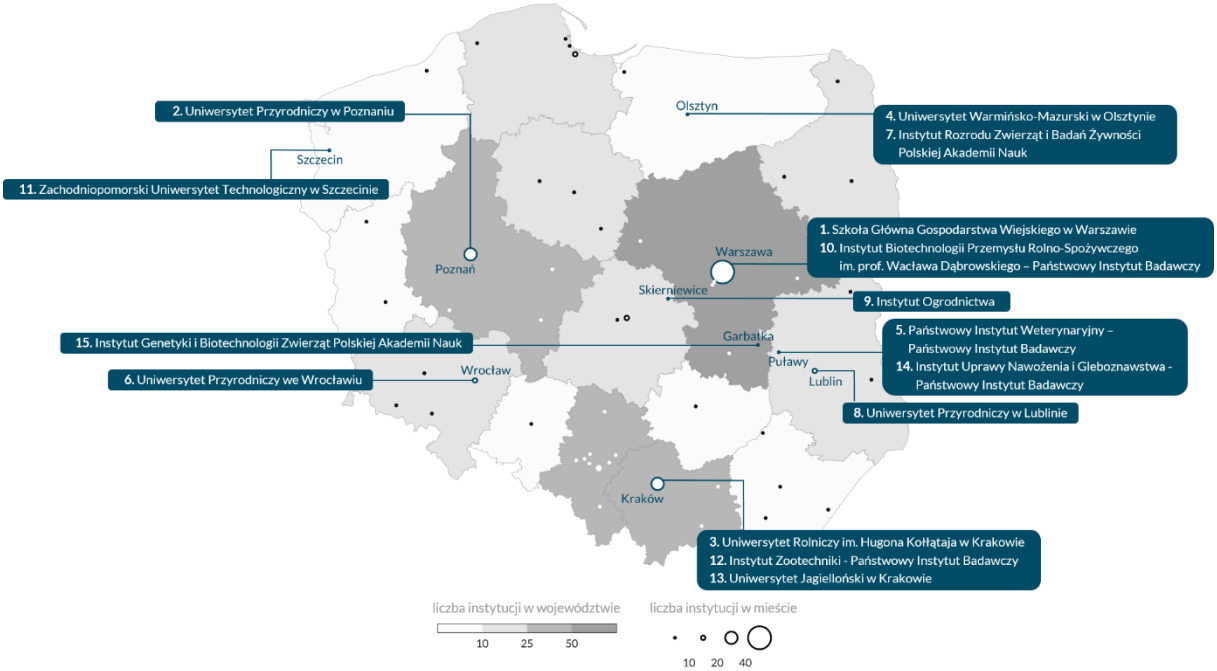
5.10.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii rolno-spożywczych, który objął 11 podklas IPC:

1. **A01B** – Uprawa gleby w rolnictwie lub leśnictwie; części, elementy lub osprzęt maszyn lub narzędzi rolniczych, ogólnie;
2. **A01C** – Sadzenie; siew; nawożenie;
3. **A01G** – Ogrodnictwo; uprawa warzyw, kwiatów, ryżu, owoców, winorośli, chmielu lub wodorostów morskich; leśnictwo; nawadnianie;
4. **A01K** – Zootechnika; hodowla ptactwa; pszczelarstwo; hodowla ryb; rybołówstwo; hodowla lub rozmnażanie zwierząt nieprzewidziane gdzie indziej; nowe rasy zwierząt;
5. **A01M** – Chwytanie zwierząt, chwytanie zwierząt w pułapki lub straszenie; urządzenia do zwalczania szkodników zwierzęcych lub roślinnych;
6. **A21C** – Maszyny lub urządzenia do produkcji lub przetwarzania ciasta; obróbka ciasta przy wyrobie pieczywa;
7. **A23F** – Kawa; herbata; ich namiastki; przygotowanie lub zaparzanie;
8. **A23K** – Pasze specjalnie przystosowane dla zwierząt; metody specjalnie przystosowane do ich produkcji;
9. **A23L** – Żywność, środki spożywcze lub napoje bezalkoholowe nieobjęte przez podklasy A21D lub A23B-A23J; przygotowywanie ich lub obróbka, np. gotowanie, modyfikowanie właściwości odżywczych, obróbka metodami fizycznymi; konserwowanie żywności lub środków spożywczych, ogólnie;
10. **A23N** – Maszyny lub sprzęt do masowej obróbki zbiorów owoców, warzyw lub cebulek kwiatowych nieprzewidziane gdzie indziej; obieranie warzyw lub owoców na skalę przemysłową; urządzenia do przygotowywania pasz;
11. **A23P** – Formowanie lub obróbka środków spożywczych nieobjęte w całości przez inną podklasę.

Chociaż większość wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii rolno-spożywczych działa w stolicach województw, to kilka z nich znajduje się w mniejszych miejscowościach (por. mapa 5.10.1). Do tej grupy należą: Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy i Instytut Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, zlokalizowane w Puławach, Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN położony w Garbatce, oraz Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach. Zdecydowanie najwięcej jednostek naukowych z obszaru technologii rolno-spożywczych (ponad 50) zlokalizowanych jest w województwie mazowieckim. Wśród instytucji ujętych w rankingu według wskaźnika syntetycznego, po trzy znajdują się na Mazowszu, Lubelszczyźnie i w Małopolsce. Dwie instytucje funkcjonują w Olsztynie, tj. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski i Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN. Lokalizacje pozostałych jednostek naukowych to: Szczecin, Poznań i Wrocław.

Mapa 5.10.1. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii rolno-spożywczych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Pierwsze miejsce w rankingu wiodących jednostek (por. tabela 5.10.1) w obszarze technologii rolno-spożywczych zajęła Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie zdobywając najwyższe noty w dwóch składowych wskaźnika syntetycznego: potencjale kadrowym i aktywności patentowej. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu uzyskał drugi wynik we wskaźniku łącznym, a Uniwersytet Rolniczy w Krakowie – trzeci, choć zdobył najwyższą notę pod względem potencjału publikacyjnego. Natomiast najlepszy pod kątem aktywności projektowej okazał się Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, co pozwoliło mu osiągnąć siódme miejsce w rankingu ogólnym.

Oprócz SGGW w Warszawie, dużym potencjałem kadrowym mogły wykazać się Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu i Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, które zajęły pod tym względem odpowiednio drugie i trzecie miejsce w rankingu (por. Załącznik 5.10, Z5.10.1). Lider zestawienia zdobył najwyższe noty w trzech miarach składowych: liczbie stopni naukowych nadanych w obszarze technologii rolno-spożywczych w latach 1999–2019, liczbie osób ze stopniem naukowym uzyskanym w omawianym obszarze, pracujących w tej jednostce w 2019 roku oraz pod względem udziału zatrudnionych w liczbie naukowców w obszarze ogółem w 2019 roku. Natomiast pod kątem specjalizacji pracowników, czyli udziału zatrudnionych w obszarze do zatrudnienia ogółem w instytucji, pierwsze miejsce należało do Instytutu Ogrodnictwa, który uplasował się dopiero na dziewiątym miejscu w ogólnej klasyfikacji.

Tabela 5.10.1. *Ranking instytucji w obszarze technologii rolno-spożywczych według wskaźnika syntetycznego*

	Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
		Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie	100	99	100	85	**100**
2	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu	90	98	98	15	**79**
3	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	81	100	61	50	**76**
4	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	61	57	70	-	**49**
5	Państwowy Instytut Weterynaryjny - Państwowy Instytut Badawczy	39	74	3	65	**47**
6	Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu	58	50	42	23	**45**
7	Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk	19	37	2	100	**41**
8	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie	42	50	64	-	**41**
9	Instytut Ogrodnictwa	37	66	23	23	**39**
10	Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy	28	31	88	-	**38**
11	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	31	36	38	31	**35**
12	Instytut Zootechniki - Państwowy Instytut Badawczy	24	41	58	-	**32**
13	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	21	60	5	31	**30**
14	Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy	29	63	-	23	**30**
15	Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt Polskiej Akademii Nauk	18	39	38	15	**29**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Potencjał publikacyjny określono na podstawie pięciu miar składowych (por. Załącznik 5.10, Z5.10.2). Najlepiej w rankingu publikacyjnym wypadł Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, zdobywając najwyższy wynik w zakresie liczby publikacji. Pod względem specjalizacji publikacji, najwyższy wynik należał do Instytutu Ogrodnictwa. Najwięcej cytowań uzyskały publikacje badaczy z Uniwersytetu Jagiellońskiego, który zajął 13. lokatę w rankingu. Z kolei największy poziom wpływu prac (MNCS) w obszarze cechował jednostkę spoza wiodącej grupy – Międzynarodowy Instytut Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie.

Najwięcej osób z przynajmniej jedną publikacją w obszarze pracowało w instytucjach z pierwszej trójki rankingu wiodących jednostek: w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (512), na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie (493) i na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu (443) (por. Załącznik 5.10, Z5.10.4). Naukowcy z tych trzech uczelni stanowili prawie 20% wszystkich zatrudnionych z przynajmniej jedną publikacją w obszarze technologii rolno-spożywczych. W zestawieniu znalazła się również jedna uczelnia spoza czołowej grupy rankingu – Politechnika Łódzka z liczbą 166 zatrudnionych. Pracownicy tej jednostki stanowili 2,2% wszystkich zatrudnionych w obszarze.

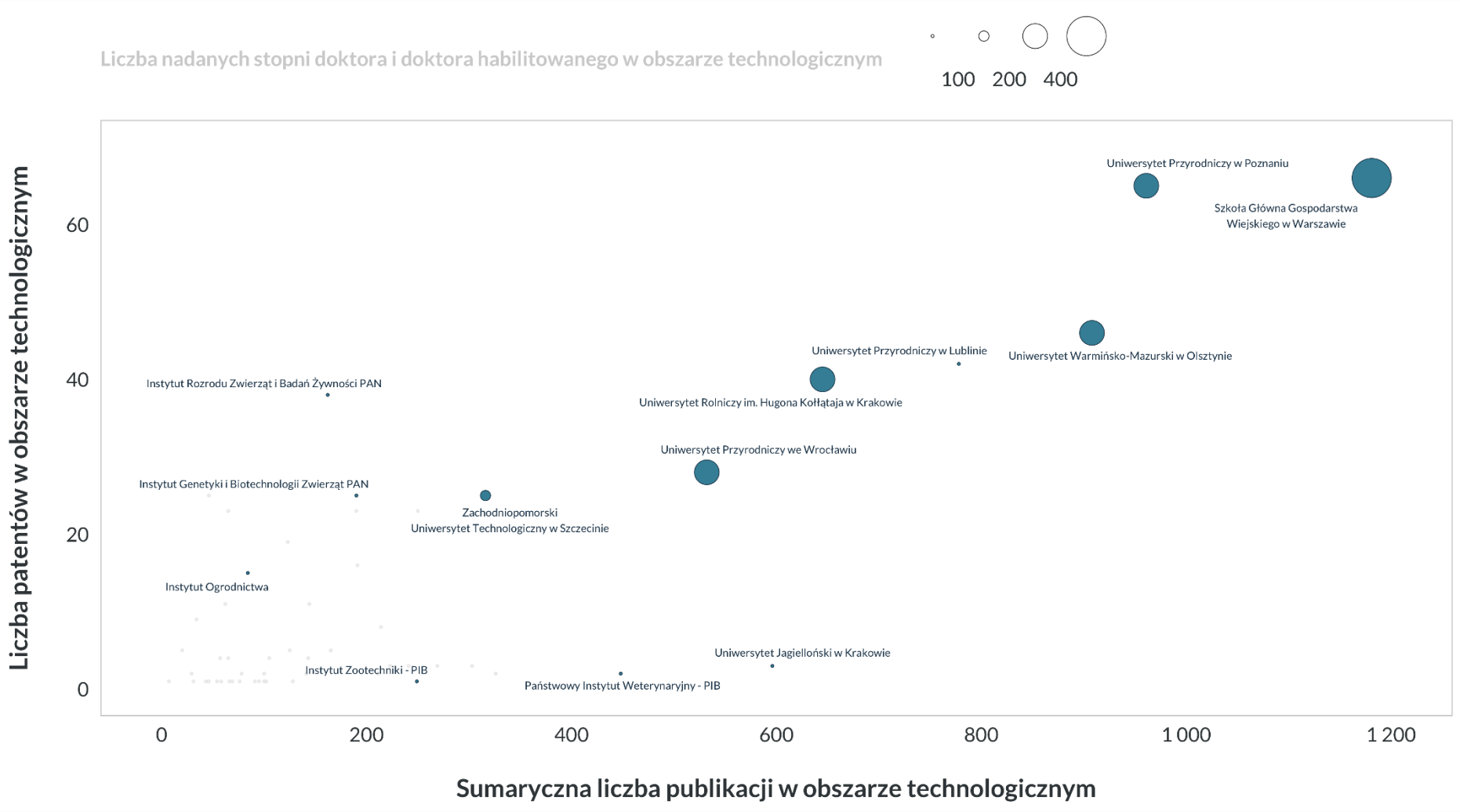
W całym obszarze technologii rolno-spożywczych w latach 1999–2019 nadano 2 680 stopni doktora i 1 040 stopni doktora habilitowanego. Największą liczbę przyznanych stopni doktora i doktora habilitowanego zanotowano dla SGGW (353 doktoraty i 154 habilitacje) – lidera pod względem liczby zatrudnionych osób w 2019 roku z przynajmniej jedną publikacją w omawianym obszarze (por. Załącznik 5.10, Z5.10.3). Stopnie naukowe nadane w tej jednostce stanowiły 14% wszystkich stopni doktora i doktora habilitowanego w technologiach rolno-spożywczych. Co dziesiąty stopień naukowy w omawianym obszarze został nadany na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu, gdzie obroniono 259 doktoratów i 117 habilitacji. Trzecia lokata pod względem liczby nadanych stopni naukowych należała do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, w którym nadano 249 doktoratów i 92 habilitacje.

Pod względem specjalizacji publikacji wyróżniał się Instytut Ogrodnictwa (blisko 24% prac Instytutu stanowiły prace z obszaru technologii rolno-spożywczych), a także Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (17,6%) i Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy (16,6%, por. Załącznik 5.10, Z5.10.6). Udział pracowników naukowych z obszaru technologii rolno-spożywczych zatrudnionych w tych jednostkach wśród wszystkich pracowników z tego obszaru technologicznego w Polsce wynosił odpowiednio: 1,7%, 1,3% i 1,7%, a zatem pozostawał na niskim poziomie. Z kolei udział publikacji tych trzech podmiotów w całkowitej liczbie publikacji w omawianym obszarze kształtował się na poziomie: 2,7%, 2,6% i 3,6%.

Instytucje z pierwszej trójki wiodących jednostek naukowych cechowały się największym udziałem pracowników naukowych z obszaru technologii rolno-spożywczych wśród wszystkich pracowników z tego obszaru oraz najwyższym udziałem publikacji w całkowitej liczbie publikacji z omawianego obszaru technologicznego. W przypadku SGGW udział pracowników wynosił 6,9%, zaś udział publikacji 7,9%. Dla Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wartości te stanowiły odpowiednio 6,0% i 7,5%, zaś dla Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie – 6,7% i 9,8%. Najwyższy wskaźnik specjalizacji publikacji spośród tych trzech instytucji miał Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (12,4%). Wskaźniki specjalizacji dwóch pozostałych instytucji były niższe i wynosiły dla Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu 8,1%, natomiast dla Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego – 5,5%.

Wśród 15 wiodących jednostek naukowych, ponadprzeciętnym wpływem cechowały się prace badaczy jedynie z dwóch instytucji: Uniwersytetu Jagiellońskiego (MNCS = 1,6) i Instytutu Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN (MNCS = 1,02, por. Załącznik 5.10, Z5.10.7). Podmioty te uplasowały się odpowiednio na 13. i 15. miejscu w ogólnej klasyfikacji. Uniwersytet Jagielloński cechował się również największą liczbą cytowań (10 194) spośród wszystkich instytucji w obszarze. Najwyższy wskaźnik wpływu w obszarze technologii rolno-spożywczych należał do trzech jednostek spoza pierwszej piętnastki, które opublikowały poniżej 50 publikacji w tym obszarze.

Wykres 5.10.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba zgłoszeń patentowych, liczba publikacji oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze technologii rolno-spożywczych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Prace przygotowane przez naukowców z trzech wiodących instytucji w ogólnej klasyfikacji, choć bardzo liczne, osiągnęły poziom wpływu poniżej średniej w obszarze (MNCS między 0,8 a 0,9). Najwięcej publikacji w badanym obszarze spośród wszystkich instytucji przygotowano w SGGW (1 181) i prace te zgromadziły drugą co do wielkości największą sumaryczną liczbę cytowań (9 663). Niewiele mniej publikacji przygotowano na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu (961 – druga największa liczba publikacji), co szło w parze z wysoka liczbą cytowań (8 711 – trzecia co do wielkości liczba cytowań). Trzeci wynik pod względem liczby publikacji i piąty pod względem liczby cytowań uzyskał czwarty w rankingu ogólnym Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (908 publikacji i 5 948 cytowań). Mimo dużej liczby prac wskaźnik wpływu dla tej instytucji był niski i wynosił 0,6.

Największą liczbę zgłoszeń patentowych zanotowały dwie uczelnie z pierwszej trójki: Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego (66 zgłoszeń patentowych) i Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (65) (por. Załącznik 5.10, Z5.10.5). Na trzecim miejscu pod względem zgłoszonych patentów uplasował się Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego – Państwowy Instytut Badawczy z 58 patentami, zajmujący 10. lokatę w rankingu wiodących jednostek. Stosunkowo wysoką liczbę zgłoszeń patentowych miał też Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz (34) – jednostka spoza rankingu piętnastu wiodących instytucji w obszarze.

W jednostce o największej liczbie zgłoszonych patentów (SGGW – 66) nadano jednocześnie najwięcej stopni doktora (353) i doktora habilitowanego (154), a także przygotowano najwięcej publikacji w omawianym obszarze technologicznym (1 181). Na drugim miejscu pod względem tych trzech wskaźników znalazł się Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu z liczbą 65 zgłoszonych patentów, z 259 doktoratami, 117 habilitacjami i z sumaryczną liczbą 961 publikacji (por. wykres 5.10.1). Dużą liczbą nadanych stopni naukowych w obszarze wyróżniały się ponadto: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (249 doktoratów i 92 habilitacje), Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (202 doktoraty i 88 habilitacji) oraz Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (171 doktoratów i 117 habilitacji). Te ostatnie podmioty uzyskały jednak słabsze wyniki pod względem liczby zgłoszonych patentów i sumarycznej liczby publikacji.

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii rolno-spożywczych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1**.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii rolno-spożywczych zidentyfikowano 80 projektów w ramach prestiżowego programu Horyzont 2020. Koordynacją projektów wykazały się tylko trzy jednostki z rankingu wiodących instytucji naukowych. Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN koordynował dwa projekty, zaś Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy i Uniwersytet Rolniczy w Krakowie koordynowały po jednym projekcie. Dodatkowo w roli wnioskodawcy wystąpiły dwie instytucje spoza pierwszej piętnastki rankingu według wskaźnika syntetycznego: Akademia Górniczo-Hutnicza i Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN. Pod względem liczby uczestnictw w projektach jako partner, na pierwszym miejscu znalazła się SGGW (11 uczestnictw), czyli

lider ogólnej klasyfikacji jednostek. W czterech projektach uczestniczył Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny i Uniwersytet Jagielloński, oraz dwie instytucje spoza rankingu: Politechnika Wrocławska i Instytut Chemii Bioorganicznej PAN. Po trzy uczestnictwa w projektach miały kolejne cztery instytucje: Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy oraz Instytut Ogrodnictwa. Dalszych dziewięć instytucji zrealizowało po dwa projekty z programu Horyzont 2020.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w projektach finansowanych z pozostałych funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**.

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem: (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (por. tabela 5.10.2).

W **54 projektach** o łącznej wartości **503 mln zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów uczestniczyło w sumie **49 jednostek naukowych.**

- W **30 projektach** realizowanych w ramach funduszy europejskich uczestniczyło **31 instytucji naukowych,** spośród których 17 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **niemal 232 mln zł.**
- W **13 projektach** finansowanych z programów krajowych udział wzięło **25 jednostek naukowych,** a 11 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **prawie 203 mln zł**.
- W **11 projektach** finansowanych z programów międzynarodowych (Fundusze Norweskie i EOG) uczestniczyło **12 podmiotów**, wśród których 8 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **niemal 69 mln zł**.

Tabela 5.10.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii rolno-spożywczych*

Typ funduszy	Liczba projektów	Instytucje uczestniczące - konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące - wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	30	31	17	231 637 838
Programy krajowe	13	25	11	202 646 133
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	11	12	8	68 976 098
Sumarycznie	**54**	**-**	**-**	**503 260 069**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Najwięcej projektów w ramach funduszy europejskich (5) zrealizował Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych z sieci Łukasiewicz o łącznej wartości **33 513 503 zł**. Po trzy projekty wykonała Politechnika

Warszawska (**15 832 569 zł**) i Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (**20 651 035 zł**). Po dwa projekty zrealizowały: Instytut Ogrodnictwa (21 577 701 zł), Politechnika Łódzka (8 567 388 zł), Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej BLACHOWNIA (7 043 124 zł), Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Organicznego (9 088 394 zł), Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (8 575 434 zł) i Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (7 525 655 zł). Pozostałe instytucje zrealizowały po jednym projekcie. Projekt o najwyższej wartości pozyskała Politechnika Wrocławska (**53 142 392 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Największą aktywnością w ramach projektów z funduszy krajowych wykazał się Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, który zrealizował trzy o łącznej wartości **139 397 188 zł.** Po dwa projekty wykonały trzy jednostki: Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN (**50 341 544 zł**), Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy (**78 799 176 zł**) oraz Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych z Sieci Badawczej Łukasiewicz (**52 039 821 zł**). Spośród instytucji, które zrealizowały po jednym projekcie, największy z nich pozyskała Politechnika Częstochowska (**52 613 320 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

Spośród 11 projektów zrealizowanych przez instytucje naukowe w ramach funduszy międzynarodowych, w trzech uczestniczyła Politechnika Gdańska (**19 466 769 zł**) oraz Politechnika Śląska (**20 817 407 zł**). Po dwa projekty zrealizowały cztery jednostki: Instytut Geodezji i Kartografii (11 809 903 zł), Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej Polskiej Akademii Nauk (**13 607 237 zł**), Politechnika Poznańska (**13 661 582 zł**) oraz Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (**10 214 429 zł**).

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

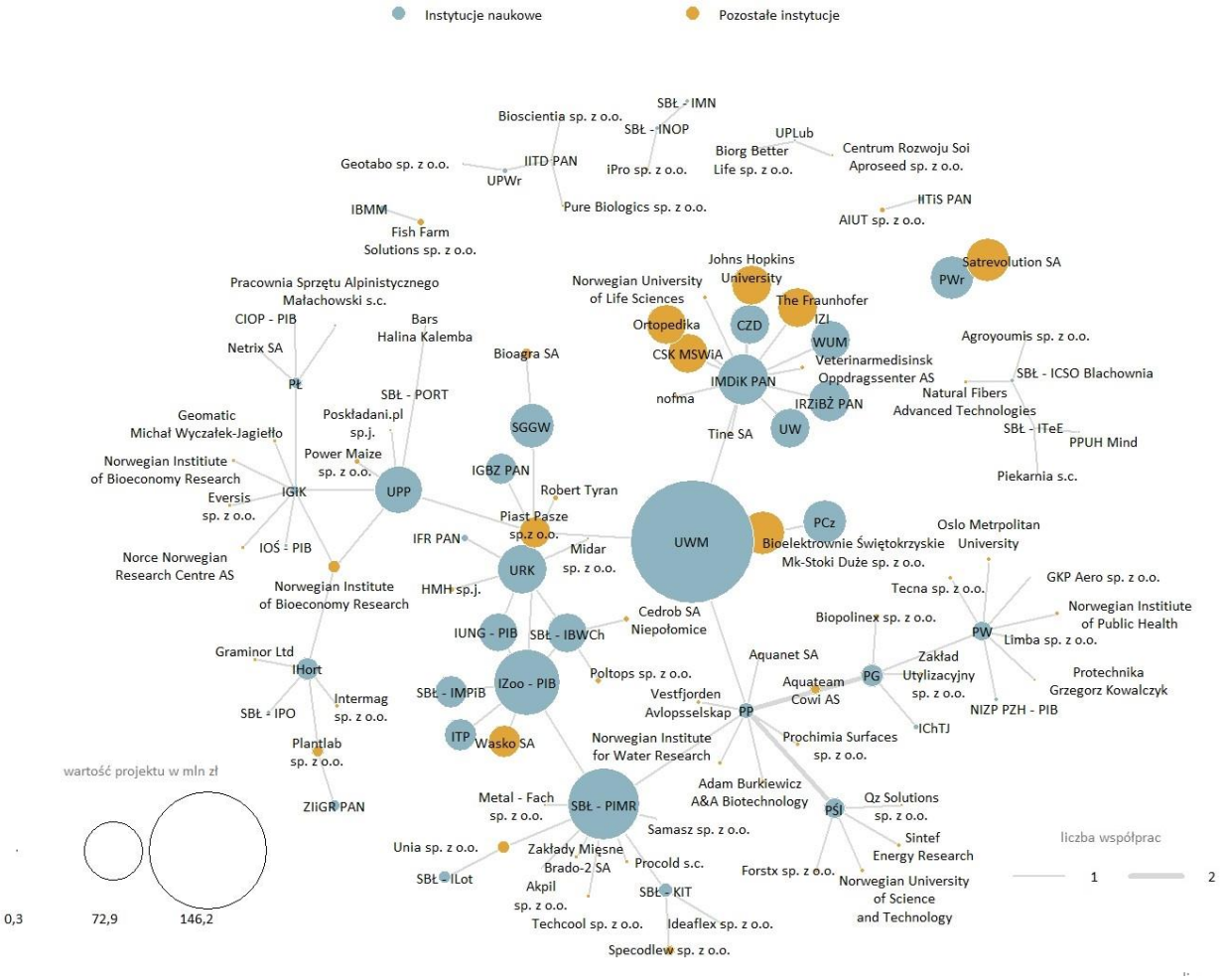
Na wykresie 5.10.2 przedstawiono projekty finansowane w ramach programów wskazanych powyżej i realizowanych we współpracy z instytucjami spoza systemu POL-on. **Łącznie 45 jednostek z systemu POL-on zrealizowało 45 takich unikatowych projektów o wartości 490 mln zł.**

Projekty o największej, łącznej wartości realizował Uniwersytet Warmińsko-Mazurski (**146 186 910 zł**) we współpracy z Piast Pasze sp. z o.o. i Bioelektrownie Świętokrzyskie Mk-Stoki Duże sp. z o.o., które są podmiotami spoza systemu POL-on, oraz z jednostkami naukowymi: Instytutem Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN i Politechniką Poznańską.

Pod kątem wartości projektów realizowanych z jednostkami spoza systemu POL-on, na drugim miejscu ulokował się Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz (**85 553 324 zł**), który współpracował z takimi instytucjami spoza systemu POL-on jak: Metal-Fach sp. z o.o, Akpil sp. z o.o, Procold s.c., Samasz sp. z o.o., Techcool sp. z o.o., Unia sp. z o. o. oraz Zakłady Mięsne Brado-2 S.A. Projekty o dużej wartości **(78 799 176 zł)** wykonał również Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy wspólnie z Wasko S.A. i Piast Pasze sp. z o.o. – instytucjami spoza systemu POL-on i pięcioma jednostkami naukowymi.

Do **jednostek naukowych**, które współpracowały z **największą liczbą instytucji**, zaliczają się: Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN (13 instytucji współpracujących), Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych (10 instytucji współpracujących) oraz Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy (7 instytucji).

Wykres 5.10.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii rolno-spożywczych*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

W sieci współpracy jednostek naukowych w obszarze technologii rolno-spożywczych znalazły się **instytucje zagraniczne**, m.in.: Norvegian University of Science and Technology, Oslo Metropolitan University, Norvegian Institute of Public Health i Johns Hopkins University.

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w 19 projektach realizowanych w obszarze technologii rolno-spożywczych. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL od VII do IX:

- **Dwa projekty** zakończyły się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Do tej grupy należały projekty realizowane w ramach konkursu POIR 04.01.01 przez Instytut Przemysłu Organicznego z Sieci Badawczej Łukasiewicz, oraz w ramach konkursu POIR 04.01.04 przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- **Sześć projektów** zakończyło się **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. W tej grupie projekty realizowały: w ramach konkursów POIR 04.01.02 Instytut Technologii Eksploatacji i PORT Polski Ośrodek

Rozwoju Technologii, obie z Sieci Badawczej Łukasiewicz, oraz Politechnika Łódzka; a także w ramach konkursów POIR 04.01.04 – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej BLACHOWNIA i Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych z Sieci Badawczej Łukasiewicz oraz Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN.

- **Jedenaście projektów** zakończyło się **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie w ramach konkursów POIR 04.01.02 projekty realizowały: Politechnika Warszawska, Politechnika Gdańska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie oraz Instytut Ogrodnictwa; a w ramach konkursów POIR 04.01.04 – Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Obróbki Plastycznej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych i Politechnikę Łódzką.

5.10.2 Wiodący naukowcy

W czołówce rankingu naukowców w obszarze technologii rolno-spożywczych znaleźli się: prof. dr hab. Maciej Banach z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, prof. dr hab. Piotr Tryjanowski z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz dr hab. Łukasz Łuczaj z Uniwersytetu Rzeszowskiego, którzy zajęli odpowiednio pierwszą, drugą i trzecią lokatę (por. tabela 5.10.3). Spośród wymienionych jednostek zatrudniających najlepszych naukowców w obszarze technologii rolno-spożywczych, tylko Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu znalazł się w rankingu wiodących jednostek, plasując się na drugiej pozycji (por. tabela 5.10.1).

Prof. dr hab. Maciej Banach z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi wyróżniał się w zakresie liczby cytowań (2 229) oraz poziomu wskaźnika poziomu cytowań (MNCS = 13,67). Pod względem indeksu Hirscha, najlepszy wynik przypadł dr. hab. Łukaszowi Łuczajowi (h = 16). Wysokie wyniki indeksu Hirscha zanotowano także dla prof. dr. hab. Macieja Banacha, dr hab. Iwony Traczyk oraz prof. dr hab. Urszuli Gawlik-Dziki (h = 15). Najwięcej publikacji przygotował zaś prof. dr. hab. Jacek Osek z Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego (49).

Spośród wiodących naukowców, siedem osób było zatrudnionych w instytucjach, które nie znalazły się w rankingu najlepszych jednostek w obszarze technologii rolno-spożywczych. Oprócz dwóch naukowców z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi i Uniwersytetu Rzeszowskiego, do tej grupy należeli: dr hab. Iwona Traczyk z Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, która zajęła czwarte miejsce w rankingu wiodących badaczy, prof. dr hab. Dariusz Jakubas z Uniwersytetu Gdańskiego (siódme miejsce), prof. dr hab. Katarzyna Chojnacka z Politechniki Wrocławskiej (11. miejsce), prof. dr hab. Przemysław Niedzielski z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu (12. miejsce) i dr hab. Piotr Rzymski z Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu (15. miejsce).

Największą liczbę zgłoszeń patentowych odnotowano dla dr hab. Joanny Pawłat z Politechniki Lubelskiej (16), która nie znalazła się w rankingu wiodących jednostek w omawianym obszarze. Na drugim miejscu, z 15 zgłoszeniami, uplasował się dr Marian Remiszewski z Instytutu Biotechnologii

Tabela 5.10.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii rolno-spożywczych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Maciej Banach	Uniwersytet Medyczny w Łodzi	20	2 229	13,67	15	**100**
2	prof. dr hab. Piotr Tryjanowski	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu	44	711	1,22	14	**69**
3	dr hab. Łukasz Łuczaj	Uniwersytet Rzeszowski	34	747	1,60	16	**64**
4	dr hab. Iwona Traczyk	Warszawski Uniwersytet Medyczny	37	587	1,49	15	**62**
5	prof. dr hab. Jacek Osek	Państwowy Instytut Weterynaryjny - Państwowy Instytut Badawczy	49	366	0,73	10	**57**
6	prof. dr hab. Urszula Gawlik-Dziki	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie	32	530	1,48	15	**55**
7	prof. dr hab. Dariusz Jakubas	Uniwersytet Gdański	34	436	0,99	13	**49**
8	dr hab. Michał Świeca	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie	27	506	1,79	14	**47**
9	prof. dr hab. Dominika Guzek	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie	37	268	0,93	11	**45**
10	prof. dr hab. Henryk Zieliński	Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk	30	453	1,43	12	**43**
11	prof. dr hab. Katarzyna Chojnacka	Politechnika Wrocławska	36	328	0,68	10	**41**
12	prof. dr hab. Przemysław Niedzielski	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	26	378	1,44	13	**40**
13	dr hab. Magdalena Larska	Państwowy Instytut Weterynaryjny - Państwowy Instytut Badawczy	33	294	0,82	11	**40**
14	Agnieszka Surwiłło	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie*	24	498	2,00	12	**39**
15	dr hab. Piotr Rzymski	Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu	29	356	1,34	11	**38**

** Wskazane miejsce zatrudnienia nie jest podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Web of Science, stan na maj 2021 r.

Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego (10. miejsce w rankingu jednostek naukowych). Dla pięciu kolejnych osób odnotowano po 14 zgłoszeń patentowych. Tylko dwie osoby z rankingu wiodących naukowców zgłosiły swoje patenty: prof. dr hab. Dominika Guzek ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego i prof. dr hab. Katarzyna Chojnacka z Politechniki Wrocławskiej (po 7 zgłoszeń patentowych).

5.11 Technologie systemów kontroli i sterowania

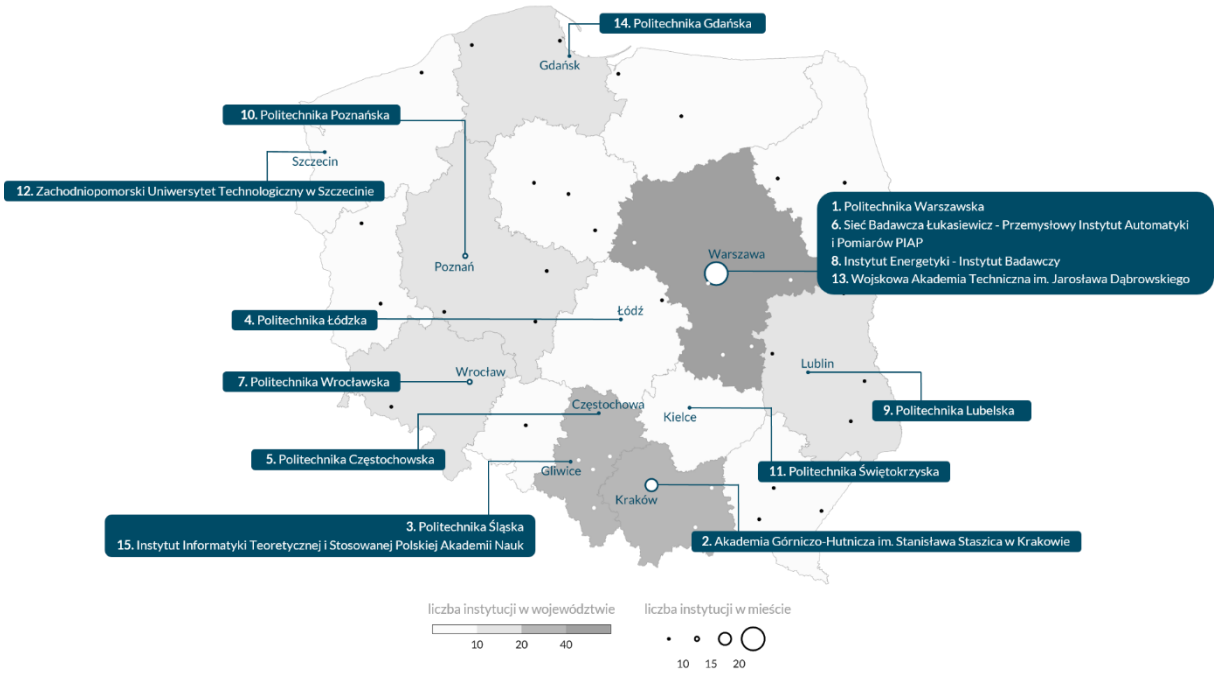
5.11.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania, który objął 5 podklas IPC:

1. **G05B** – Układy sterowania lub regulacji ogólnie; elementy funkcjonalne tych układów; monitorowanie lub testowanie tych układów lub elementów;
2. **G05D** – Układy do sterowania lub regulacji zmiennych nieelektrycznych;
3. **G07C** – Urządzenia do rejestrowania czasu lub obecności; rejestrowanie lub wskazywanie pracy maszyn; wytwarzanie liczb losowych; urządzenia do głosowania lub urządzenia loteryjne; układy lub urządzenia do kontroli nieprzewidziane gdzie indziej;
4. **G08B** – Układy sygnalizacyjne lub wywoławcze; telegrafy dyspozycyjne; układy alarmowe;
5. **G08G** – Układy sterowania ruchem drogowym.

W obszarze technologii systemów kontroli i sterowania, 15 wiodących jednostek jest zlokalizowanych w 11 miastach w 10 województwach (por. mapa 5.11.1). W większości przypadków jednostki znajdują się w stolicach województw. Wyjątkiem są Gliwice, gdzie znajduje się Politechnika Śląska i Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN oraz Częstochowa, gdzie działa Politechnika Częstochowska. Aż 4 jednostki spośród 15 wiodących instytucji znajdują się w Warszawie.

Mapa 5.11.1. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Tabela 5.11.1. *Ranking instytucji w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania według wskaźnika syntetycznego*

Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
	Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1 Politechnika Warszawska	100	100	48	50	**100**
2 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	86	66	71	50	**92**
3 Politechnika Śląska	62	96	62	-	**74**
4 Politechnika Łódzka	69	39	24	50	**61**
5 Politechnika Częstochowska	25	42	-	100	**56**
6 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP	14	34	100	-	**50**
7 Politechnika Wrocławska	51	63	33	-	**50**
8 Instytut Energetyki - Instytut Badawczy	6	22	5	100	**45**
9 Politechnika Lubelska	39	41	48	-	**43**
10 Politechnika Poznańska	11	40	67	-	**39**
11 Politechnika Świętokrzyska	32	32	43	-	**36**
12 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	28	35	33	-	**32**
13 Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego	38	41	14	-	**31**
14 Politechnika Gdańska	29	45	19	-	**31**
15 Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk	6	32	-	50	**30**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

W rankingu instytucji z obszaru technologii systemów kontroli i sterowania najwyższa lokata należała do Politechniki Warszawskiej, która zdobyła najlepsze noty w potencjale kadrowym oraz publikacyjnym. Drugą pozycję zajęła Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, a trzecie miejsce – Politechnika Śląska. Pod kątem aktywności projektowej, najlepszy wynik należał do Politechniki Częstochowskiej oraz Instytutu Energetyki – Instytutu Badawczego. Z kolei najwiekszą aktywnością patentową charakteryzował się Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP z Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Politechnika Warszawska, która mogła poszczycić się największym potencjałem kadrowym, osiągnęła najlepszy wynik w zakresie nadanych stopni naukowych oraz udziału zatrudnionych w omawianym obszarze do liczby naukowców w tym obszarze ogółem w 2019 roku (por. Załącznik 5.11, Z5.11.1). Najwięcej osób zatrudnionych ze stopniem naukowym w obszarze w 2019 r. pracowało na Politechnice Łódzkiej. Z kolei najlepszy wynik w zakresie udziału zatrudnionych w obszarze do zatrudnienia ogółem w instytucji w 2019 roku należał do jednostki spoza rankingu według wskaźnika syntetycznego.

Na podstawie przeszukania bazy Nauka Polska, Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN oraz Politechnika Poznańska nie posiadały żadnych osiągnięć w dwóch miarach potencjału kadrowego (tj. liczba nadanych stopni naukowych oraz liczba osób zatrudnionych ze stopniem naukowym w obszarze w 2019 roku); ponadto, dla Instytutu Energetyki – Instytutu Badawczego oraz Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów PIAP z Sieci Badawczej Łukasiewicz nie odnotowano nadanych stopni naukowych w omawianym obszarze.

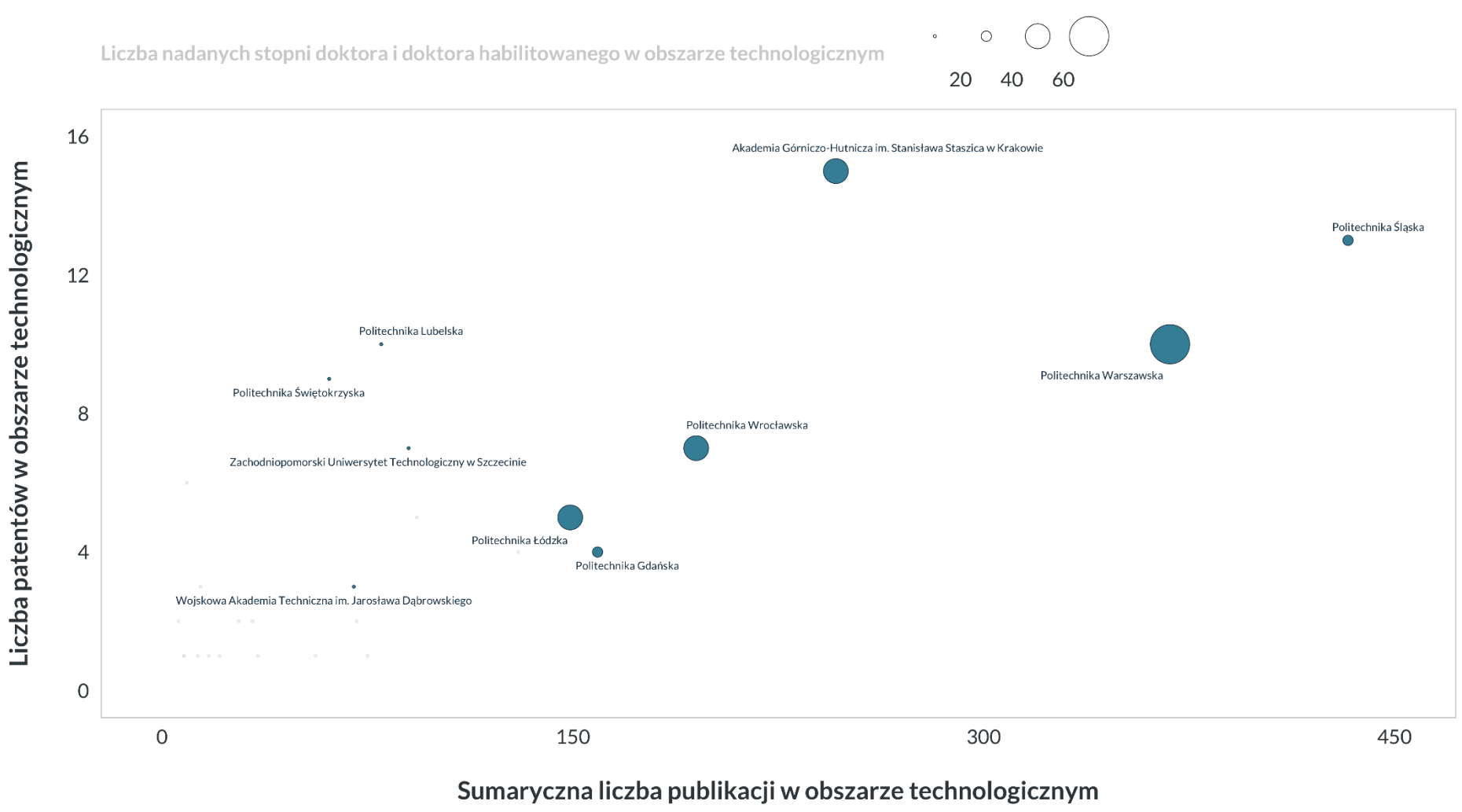
W zakresie potencjału publikacyjnego ponownie pierwszą lokatę zajęła Politechnika Warszawska, która zdobyła także najwyższy wynik pod kątem liczby publikacji, natomiast liderem pod względem cytowań była Politechnika Śląska, czyli jednostka z trzeciego miejsca w ogólnej klasyfikacji. W przypadku pozostałych miar składowych – liczby publikacji na autora, specjalizacji oraz znormalizowanego poziomu wpływu pierwsze lokaty należały do instytucji spoza wiodącej piętnastki (por. Załącznik 5.11, Z5.11.2).

Największą liczbę zatrudnionych z przynajmniej jedną publikacją w obszarze zanotowano dla lidera rankingu według wskaźnika syntetycznego, czyli Politechniki Warszawskiej: 211 pracowników naukowych tej uczelni stanowiło 12% wszystkich zatrudnionych publikujących prace naukowe z omawianego obszaru w 2019 roku. Na drugim i trzecim miejscu uplasowały się AGH w Krakowie (167) oraz Politechnika Śląska (144), zajmujące analogiczne lokaty w ogólnej klasyfikacji. Badacze z przynajmniej jedną publikacją z omawianego obszaru zatrudnieni na tych trzech uczelniach stanowili 29% ogółu pracowników naukowych publikujących w tym obszarze w Polsce (por. Załącznik 5.11, Z5.11.4).

Największą liczbę nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze zanotowano dla Politechniki Warszawskiej (65 doktoratów, 16 habilitacji), która zajęła pierwsze miejsce pod względem liczby zatrudnionych osób z przynajmniej jedną publikacją w omawianym obszarze w 2019 roku. Drugie miejsce przypadło AGH w Krakowie. W tej uczelni nadano 53 stopnie doktora oraz 7 habilitacji. Niewiele mniej stopni doktora (50) oraz tyle samo habilitacji co na AGH nadano na Politechnice Łódzkiej, która znalazła się na czwartym miejscu w rankingu wiodących jednostek według wskaźnika syntetycznego. W tych trzech jednostkach nadano 40% wszystkich przyznanych stopni doktora i doktora habilitowanego w całym obszarze (por. Załącznik 5.11, Z5.11.3).

Wśród 15 wiodących jednostek naukowych pod kątem specjalizacji publikacji wyróżnił się Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP z Sieci Badawczej Łukasiewicz: specjalizacja w przypadku Instytutu wyniosła 2,6% (por. Załącznik 5.11, Z5.11.6). Słabiej wypadł on jednak pod względem udziału publikacji w całkowitej liczbie publikacji w obszarze oraz udziału pracowników naukowych publikujących na temat technologii systemów kontroli i sterowania wśród wszystkich takich naukowców w Polsce w 2019 roku. Oba wskaźniki kształtowały się na poziomie poniżej 1%. Ponadto, pomimo znacznej specjalizacji, prace naukowe autorstwa badaczy ze wspomnianego Instytutu charakteryzowały się mniejszym wpływem niż średnia w obszarze (por. Załącznik 5.11, Z5.11.7).

Wykres 5.11.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba zgłoszeń patentowych w latach 2010–2018, liczba publikacji w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Jednostką o największym udziale pracowników naukowych z obszaru technologii systemów kontroli i sterowania była Politechnika Warszawska (11,6%), której publikacje stanowiły największy udział w ogóle publikacji w omawianym obszarze technologicznym (12,8%).

Wśród pozostałych podmiotów z wiodącej piętnastki, których udział publikacji w obszarze wynosił ponad 4% (tj. Politechnika Śląska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego), specjalizacja kształtowała się na poziomie około 1%. Jednostki te różniły się udziałem pracowników naukowych z omawianego obszaru technologicznego wśród wszystkich pracowników z tego obszaru technologicznego w Polsce. Najwięcej takich osób zatrudniała AGH (9,2%), a najmniej – WAT (5,7%).

Prace naukowców z pięciu jednostek z grupy 15 wiodących instytucji cechowały się większym wpływem niż średnia w obszarze (por. Załącznik 5.11, Z5.11.7). Do tej grupy należeli: Politechnika Częstochowska (1,52), Politechnika Wrocławska (1,32), Instytut Energetyki – Instytut Badawczy (1,27), Politechnika Gdańska (1,26) oraz Politechnika Lubelska (1,12). Spośród nich największą liczbę cytowań i publikacji osiągnęła Politechnika Wrocławska (195 publikacji i 1 571 cytowań). Z kolei Instytut Energetyki – Instytut Badawczy uzyskał ponadprzeciętny wpływ przy niewielkiej liczbie prac (6) oraz cytowań (11).

Wśród 15 wiodących instytucji, ponad tysiąc cytowań zgromadziły publikacje badaczy z: Politechniki Śląskiej (2 063), Politechniki Wrocławskiej (1 571), Politechniki Warszawskiej (1 423) i Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (1 048).

Największą liczbę zgłoszeń patentowych złożył Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP z Sieci Badawczej Łukasiewicz (21). Nieco mniej patentów zgłoszono z AGH w Krakowie (15), Politechniki Poznańskiej (14) oraz Politechniki Śląskiej (13, por. Załącznik 5.11, Z5.11.5).

Według danych przedstawionych na wykresie 5.11.1, spośród 7 wiodących jednostek naukowych posiadających ponad 100 publikacji, najwięcej zgłoszeń patentowych złożono przez wspomnianą wyżej AGH (15), a najmniej – przez Politechnikę Gdańską (4). Instytucja o największej liczbie zgłoszeń patentowych – Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP – nie nadała stopni naukowych oraz posiadała jedynie niewielką liczbę publikacji w omawianym obszarze technologicznym.

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w Tabeli **3.3.1**.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii systemów kontroli i sterowania zrealizowano 6 projektów w ramach programu Horyzont 2020. Wśród nich Politechnika Częstochowska koordynowała jeden projekt, natomiast pozostałe instytucje posiadały status uczestnika. Do tej ostatniej grupy należały: Instytut Energetyki – Instytut Badawczy (2 projekty), Politechnika Warszawska (1 projekt), Politechnika Łódzka (1), Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN (1) oraz AGH w Krakowie (1).

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w projektach finansowanych z pozostałych funduszy europejskich, krajowych i norweskich i EOG. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**. Programy przeanalizowane pod tym kątem wskazano w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (s. 24).

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem: (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (por. tabela 5.11.2).

W **25 projektach** o łącznej wartości **155 365 320 zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów uczestniczyło w sumie **21 jednostek naukowych.**

- W **22 projektach** finansowanych z funduszy europejskich uczestniczyło **19 instytucji naukowych,** spośród których 11 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **145 298 717 zł.**
- W **2 projektach** realizowanych w ramach programów krajowych udział wzięły **2 jednostki naukowe,** będące jednocześnie wnioskodawcami. Wartość projektów stanowiła **2 539 902 zł**.
- W **1 projekcie** finansowanym z programu międzynarodowego (Fundusze Norweskie i EOG) uczestniczyły **2 jednostki**, wśród których 1 pełniła funkcję wnioskodawcy. Wartość projektu wynosiła **7 526 701 zł**.

Tabela 5.11.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania*

Typ funduszy	Liczba Projektów	Instytucje uczestniczące - konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące - wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	22	19	11	145 298 717
Programy krajowe	2	2	2	2 539 902
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	1	2	1	7 526 701
Sumarycznie	**25**			**155 365 320**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

W przypadku technologii systemów kontroli i sterowania, najwięcej projektów (3) w ramach funduszy europejskich zrealizował lider ogólnego zestawienia – Politechnika Warszawska, a ich wartość wynosiła **13 505 427 zł**. Po **dwa projekty** wykonały: Instytut Kolejnictwa (wartość projektów wyniosła **14 288 490 zł**), Politechnika Łódzka (**17 309 551 zł**), Politechnika Poznańska (**8 755 973 zł**) i Politechnika Wrocławska **(14 344 689 zł**). Pozostałe instytucje zrealizowały po 1 projekcie. Największy z nich

wykonało Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A.[14], a jego wartość kształtowała się na poziomie **30 236 337 zł**.

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Dwie jednostki zrealizowały po jednym projekcie w ramach funduszy krajowych: Politechnika Śląska (**360 000 zł**) oraz Politechnika Świętokrzyska (**2 179 902 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

Dwie jednostki, które były aktywne projektowo w **ramach funduszy międzynarodowych** – Politechnika Śląska i Politechnika Wrocławska – współpracowały ze sobą w ramach jednego przedsięwzięcia o wartości **7 526 700 zł**.

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

W **23 projektach** o łącznej wartości **152 825 418 zł** realizowanych w ramach współpracy z podmiotami spoza systemu POL-on uczestniczyło **20 jednostek naukowych** (por. wykres 5.11.2). Projekt o największej wartości zrealizowało Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A. (**30 236 337 zł**) we współpracy z Hanplast sp. z o.o. Drugą instytucją pod względem sumy wdrożonych projektów byłaPolitechnika Wrocławska (21 871 390 zł), która współpracowała z następującymi instytucjami spoza systemu POL-on: Lasertex sp. z o.o., Przedsiębiorstwem Wdrażania Postępu Naukowo Technicznego, Przedsiębiorstwem Projektowo-Wdrożeniowym Koltech sp. z o.o., Aquateam Cowi AS, Slimfactor sp. z o.o. oraz Miejskim Przedsiębiorstwem Wodociągów i Kanalizacji S.A. Na trzecim miejscu pod względem sumy projektów realizowanych wspólnie z innymi instytucjami była Politechnika Łódzka (17 309 551 zł) współpracująca z Pracownią Sprzętu Alpinistycznego Małachowski s.c. oraz Seco/Warwick sp. z o.o. Czwarte i piąte miejsce zajęły: Instytut Kolejnictwa (14 288 490 zł) oraz Politechnika Warszawska (13 505 427 zł). Instytut Kolejnictwa współpracował z Zakładem Automatyki i Urządzeń Pomiarowych Arex sp. z o.o., Rail-Mil Computers sp. z o.o. sp.k., Siled sp. z o.o. oraz ABZ Consulting sp. z o.o. Z kolei Politechnika Warszawska działał wspólnie z: CRL Sp. z o.o., Silten Terbud sp. z o.o. sp.k. oraz HeelWheel Lab sp. z o.o.

Do **jednostek naukowych**, które współpracowały z **największą liczbą instytucji**, zaliczają się: Politechnika Wrocławska (7 instytucji współpracujących) oraz Instytut Kolejnictwa (4 instytucje współpracujące).

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w 10 projektach realizowanych w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL od VII do IX:

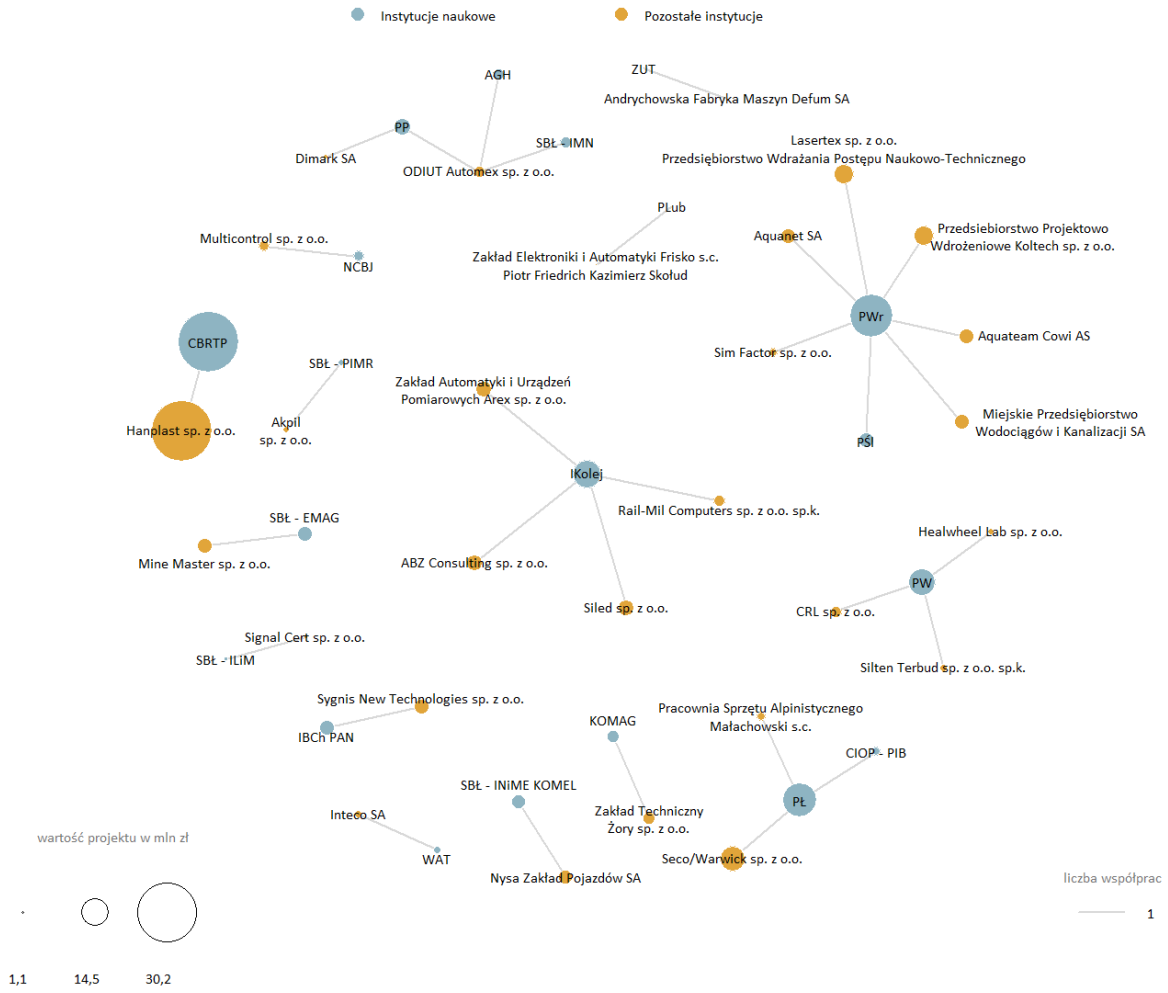
- **Jeden projekt** zakończył się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Projekt był realizowany przez Politechnikę Poznańską w ramach konkursu POIR 04.01.02.
- **Trzy projekty** zakończyły się **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej

[14] Jednostka o statusie „inna instytucja naukowa" w systemie POL-on.

warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. W tej grupie projekty w ramach konkursu POIR 04.01.01 realizowały: Instytut Kolejnictwa (2 projekty) oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Logistyki i Magazynowania.

- **Sześć projektów** zamknięto **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursu POIR 04.01.02 przez następujące jednostki: Politechnikę Lubelską, Wojskową Akademię Techniczną, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Politechnikę Warszawską; oraz w ramach konkursu POIR 04.01.04 przez Politechnikę Wrocławska i Politechnikę Łódzką.

Wykres 5.11.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

5.11.2 Wiodący naukowcy

W rankingu wiodących naukowców w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania znalazło się 5 badaczy zatrudnionych w 2 jednostkach spoza grupy 15 wiodących instytucji w obszarze: dr hab. Dorota Mozyrska, dr hab. Ewa Pawłuszewicz i dr hab. Małgorzata Wyrwas z Politechniki Białostockiej, które uplasowały się na szóstym, ósmym i czternastym miejscu; oraz dr Iwona Grobelna

i dr hab. Remigiusz Wiśniewski z Uniwersytetu Zielonogórskiego, którzy zajęli dziesiąte i trzynaste miejsce w zestawieniu (por. tabela 5.11.3)

Pierwsze miejsce rankingu wiodących naukowców w omawianym obszarze zajął dr hab. Andrzej Przybył z Politechniki Częstochowskiej. Na drugiej pozycji uplasował się prof. dr hab. Cezary Zieliński z Politechniki Warszawskiej. Trzecie miejsce przypadło dwóm naukowcom zatrudnionym w Politechnice Częstochowskiej: prof. dr. hab. Rafałowi Schererowi oraz dr hab. Marcinowi Korytkowskiemu, którzy byli współautorami 13 prac naukowych. Największą liczbę publikacji – 31 – odnotowano dla prof. dr hab. Cezarego Zielińskiego, zaś najwyższy indeks Hirscha (9) osiągnęło pięciu naukowców: dr hab. Andrzej Przybył, prof. dr hab. Rafał Scherer, dr hab. Marcin Korytkowski, dr hab. Michał Niezabitowski oraz dr hab. Dorota Mozyrska. Dr hab. Andrzej Przybył osiągnął również najwyższy wynik pod kątem sumarycznej liczby cytowań (300) oraz MNCS (3,59), jednak przy relatywnie małej liczbie prac (13).

Największą liczbę zgłoszeń patentowych – 9 – odnotowano dla mgr. inż. Tadeusza Goszczyńskiego z Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów PIAP należącego do Sieci Badawczej Łukasiewicz. Kolejne miejsce pod względem liczby zgłoszonych patentów (5) zajął prof. dr hab. Mirosław Pajor z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Dla żadnego z wiodących badaczy nie odnotowano zgłoszeń patentowych na podstawie danych z bazy PATSTAT.

Tabela 5.11.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	dr hab. Andrzej Przybył	Politechnika Częstochowska	13	300	3,59	9	**100**
2	prof. dr hab. Cezary Zieliński	Politechnika Warszawska	31	242	1,42	8	**95**
3	prof. dr hab. Rafał Scherer	Politechnika Częstochowska	13	223	2,50	9	**81**
3	dr hab. Marcin Korytkowski	Politechnika Częstochowska	13	223	2,50	9	**81**
5	dr hab. Michał Niezabitowski	Politechnika Śląska	16	216	2,02	9	**80**
6	dr hab. Dorota Mozyrska	Politechnika Białostocka	18	176	1,45	9	**73**
7	prof. dr hab. Marek Pawełczyk	Politechnika Śląska	20	139	2,07	8	**73**
8	dr hab. Ewa Pawłuszewicz	Politechnika Białostocka	28	160	0,97	7	**72**
9	prof. dr hab. Jacek Czeczot	Politechnika Śląska	20	166	1,37	8	**69**
10	dr Iwona Grobelna	Uniwersytet Zielonogórski	16	156	2,14	7	**64**
11	dr hab. Adam Cwudziński	Politechnika Częstochowska	17	146	1,32	8	**62**
12	dr Tomasz Winiarski	Politechnika Warszawska	13	164	2,01	7	**60**
13	dr hab. Remigiusz Wiśniewski	Uniwersytet Zielonogórski	20	122	1,85	6	**59**
14	dr hab. Małgorzata Wyrwas	Politechnika Białostocka	20	136	1,16	7	**59**
15	prof. dr hab. Roman Szewczyk	Politechnika Warszawska	27	101	0,89	6	**58**

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Web of Science, stan na maj 2021 r

5.12 Technologie środowiskowe

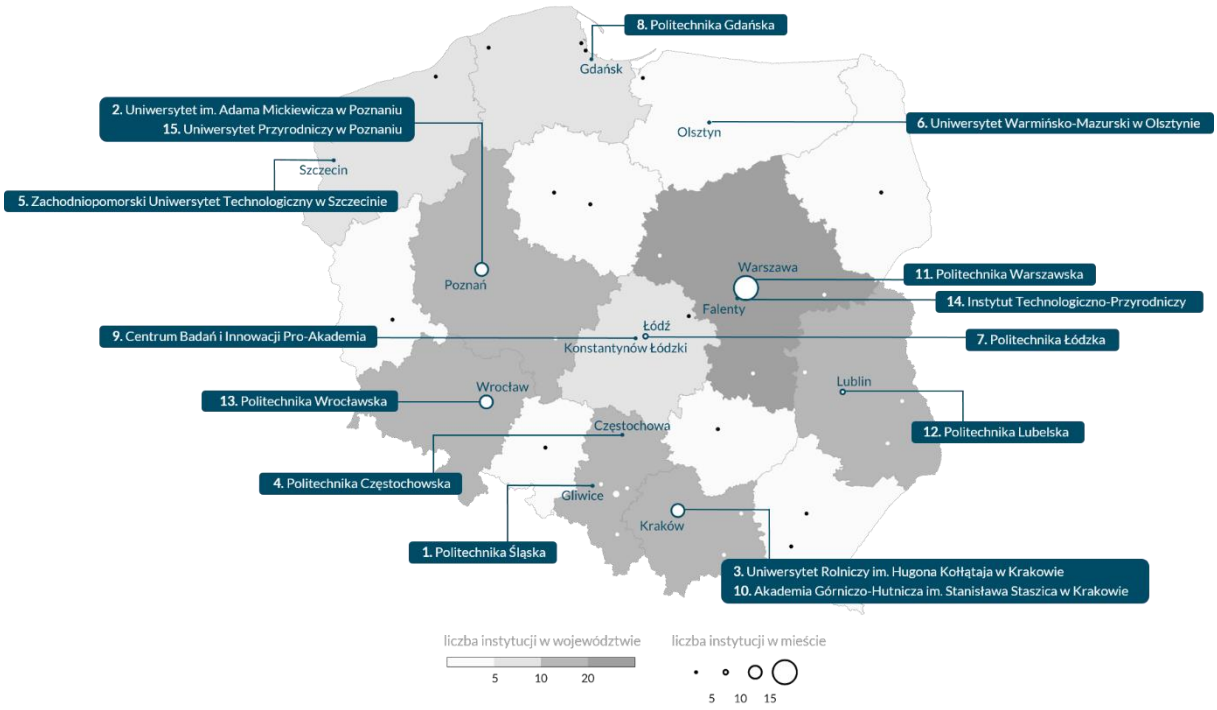
5.12.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii środowiskowych, który objął 3 podklasy IPC:

1. **B09C** – Regeneracja zanieczyszczonych gruntów;
2. **B65F** – Gromadzenie lub usuwanie śmieci lub podobnych odpadów;
3. **C02F** – Obróbka wody, ścieków przemysłowych, komunalnych lub osadów kanalizacyjnych.

Wiodące jednostki z obszaru technologii środowiskowych były rozmieszczone w 12 miastach w 9 województwach. Najwięcej z nich – po dwie – znajdowało się w Krakowie oraz Poznaniu. Cztery wiodące jednostki to podmioty zlokalizowane poza stolicami województw (por. mapa 5.12.1).

Mapa 5.12.10. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii środowiskowych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Obszar technologii środowiskowych był jednym z nielicznych, w którym wszystkie 15 jednostek zestawienia osiągnęło wysokie wartości wskaźnika syntetycznego, przekraczającego 50 punktów, a cztery składowe wymiary potencjału technologicznego rozłożyły się miedzy pięć wiodących jednostek (por. tabela 5.12.1). Pierwsza instytucja w rankingu – Politechnika Śląska – osiągnęła najwyższy potencjał publikacyjny. Drugą lokatę zajął Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, który

Tabela 5.12.10. *Ranking instytucji w obszarze technologii środowiskowych według wskaźnika syntetycznego*

Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
	Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1 Politechnika Śląska	77	100	59	-	**100**
2 Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	43	64	23	100	**97**
3 Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie	100	85	36	-	**94**
4 Politechnika Częstochowska	88	71	55	-	**90**
5 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	55	62	95	-	**90**
6 Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	47	55	95	-	**84**
7 Politechnika Łódzka	48	52	91	-	**81**
8 Politechnika Gdańska	49	92	41	-	**77**
9 Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia*	8	65	-	100	**73**
10 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	54	66	50	-	**72**
11 Politechnika Warszawska	59	61	36	-	**66**
12 Politechnika Lubelska	22	40	91	-	**65**
13 Politechnika Wrocławska	83	37	27	-	**62**
14 Instytut Technologiczno-Przyrodniczy	18	22	100	-	**60**
15 Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu	49	30	55	-	**56**

** Jednostka o statusie „inna instytucja naukowa" w systemie POL-on.*

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

razem z dziewiątą jednostką w rankingu, tj. Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia[15], cechował się największą aktywnością projektową w obszarze. Na podstawie dokonanego przeszukania danych Krajowego Punktu Kontaktowego, były to jedyne jednostki, posiadające osiągnięcia w tym wymiarze potencjału technologicznego. Trzecie miejsce zestawienia według wskaźnika syntetycznego zajął Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie, wyróżniający się największym potencjałem kadrowym. Z kolei najwięcej patentów zostało zgłoszonych przez przedostatnią jednostkę w rankingu 15 wiodących instytucji w obszarze – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. Jedynym podmiotem aktywnym we wszystkich czterech składowych potencjału technologicznego był Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

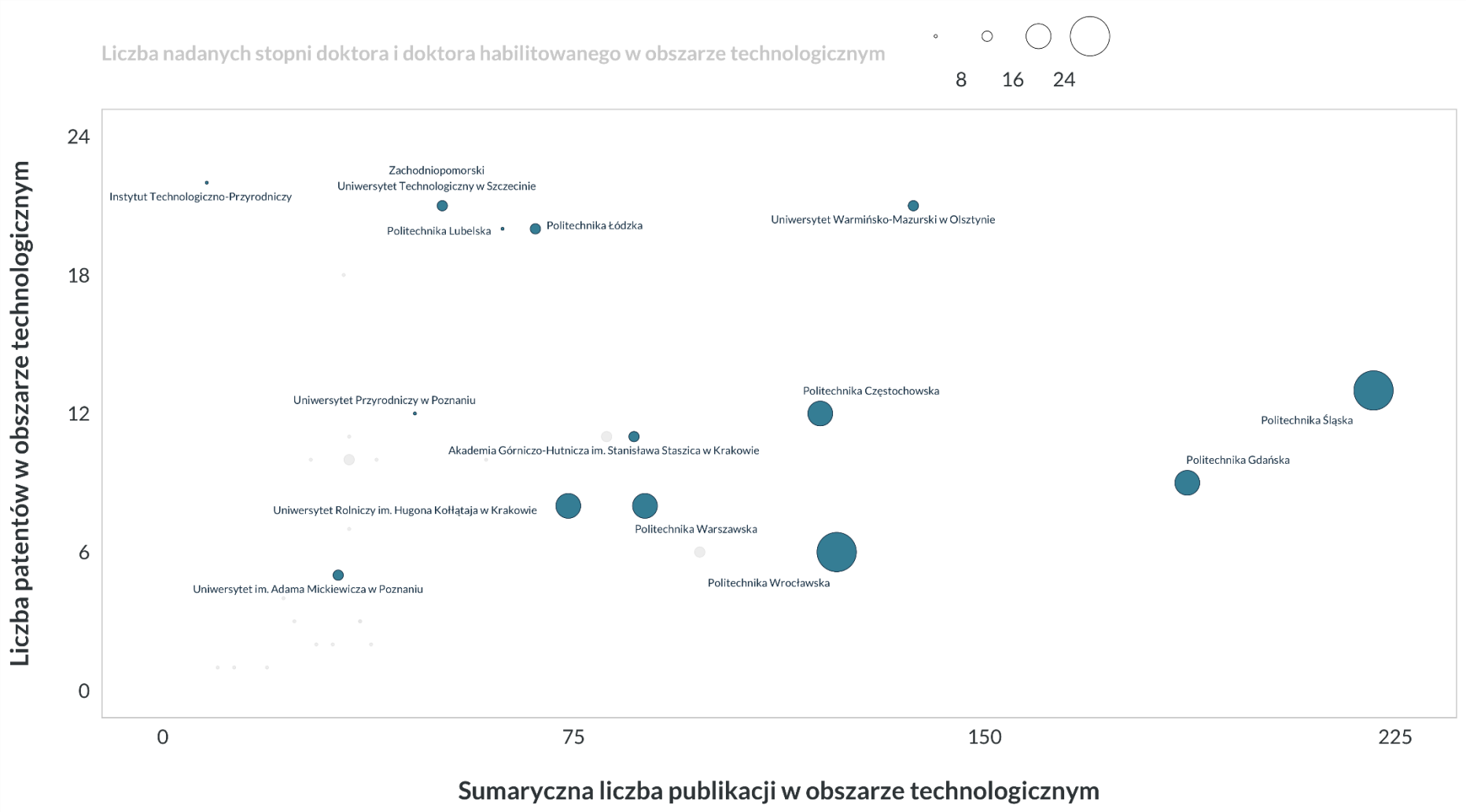
Lider rankingu potencjału kadrowego, zbudowanego na podstawie czterech miar składowych (Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie), zatrudniał w 2019 roku największą liczbę pracowników naukowych, którzy w latach 2013–2019 opublikowali przynajmniej jedną pracę naukową z obszaru technologii środowiskowych (por. Załącznik 5.12, Z5.12.2). 69 pracowników tej jednostki stanowiło prawie 8% wszystkich publikujących w obszarze w analizowanym okresie (por. Załącznik 5.12, Z5.12.3). Na Politechnice Częstochowskiej, która zajęła czwarte miejsce w ogólnej klasyfikacji, pracowały 43 takie osoby. Nieco mniej autorów prac było zatrudnionych na: Politechnice Warszawskiej (36), AGH (35) oraz Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu (34). Z kolei największą specjalizacją kadry cechowała się jednostka spoza pierwszej 15 wiodących instytucji – Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii PAN. W ostatnich dwóch wymiarach potencjału kadrowego największe wartości zdobyła 13. jednostka według wskaźnika syntetycznego – Politechnika Wrocławska, na której w latach 1999–2019 nadano najwięcej stopni naukowych w obszarze (24 stopnie doktora i 5 – doktora habilitowanego, por. Załącznik 5.12, Z5.12.5). Była to również jednostka zatrudniająca w 2019 roku najwięcej osób ze stopniem naukowym uzyskanym w obszarze. Spośród 10 jednostek z największą liczbą nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze, siedem z nich to politechniki. Wśród 16 instytucji, na których nadano więcej niż 2% wszystkich stopni naukowych w obszarze technologii środowiskowych, cztery to instytucje spoza pierwszej 15 zestawienia według wskaźnika syntetycznego, z których najwięcej stopni doktora (13) oraz doktora habilitowanego (2) przyznano na Politechnice Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki.

Potencjał publikacyjny został określony na podstawie pięciu miar składowych (por. Załącznik 5.12, Z5.12.2). Mimo że najwyższą notę w tym potencjale uzyskała Politechnika Śląska (lider ogólnego zestawienia), jednostka ta nie zdobyła największej wartości w żadnej z miar składowych. W latach 2013–2019 w systemie PBN największy dorobek publikacyjny zgromadził Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Pod względem sumarycznej liczby cytowań, najlepiej wypadła Politechnika Gdańska, która uplasowała się na ósmym miejscu ogólnej klasyfikacji, natomiast pod względem specjalizacji publikacji – Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia. Najwyższy średni poziom cytowań (MNCS) należał do instytucji spoza rankingu – Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej.

Spośród 15 wiodących jednostek, Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, charakteryzujące się największą specjalizacją prac w omawianym obszarze wynoszącą 4,6%, cechowało się niewielkim udziałem zarówno wszystkich publikacji w obszarze technologii środowiskowych, jak i osób zatrudnionych w 2019 roku aktywnie publikujących w tym obszarze (po 0,1%, por. Załącznik 5.12, Z5.12.6). Jednostka o największym według systemu PBN dorobku publikacyjnym z obszaru w latach

[15] Jednostka o statusie „inna instytucja naukowa" w systemie POL-on.

Wykres 5.12.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii środowiskowych*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

2013–2019 i zatrudniająca największy odsetek osób publikujących z tego zakresu, tj. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowi, charakteryzowała się stosunkowo wysoką specjalizacją publikacyjną na tle pozostałych 13 jednostek w obszarze (1,3%). Pod względem specjalizacji, prace z obszaru pozostałych jednostek stanowiły mniej niż 1% ich dorobku publikacyjnego. Wśród nich, największą wartość osiągnęła Politechnika Częstochowska (0,8%). W tym podmiocie zatrudniano w 2019 roku 4,8% wszystkich osób publikujących w obszarze, a prace autorstwa naukowców z tej jednostki stanowiły 6,7% wszystkich publikacji naukowych w omawianym obszarze.

Ponadprzeciętnym wpływem cechowały się prace naukowców z czterech instytucji, wśród których najwyższy poziom cytowań wyróżniał publikacje z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (MNCS = 2,68, por. Załącznik 5.12, Z5.12.7). Na drugim miejscu znalazła się ósma jednostka w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Politechnika Gdańska (1,9), ze 187 pracami cytowanymi ponad 3,2 tys. razy. Pozostałymi instytucjami o ponadprzeciętnym wpływie prac były: Politechnika Gdańska (1,9), Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (1,84) oraz Politechnika Łódzka (1,39). Spośród nich najwięcej publikacji przygotowali naukowcy z Politechnika Gdańskiej – 187 prac cytowanych najwięcej razy w obszarze – ponad 3,2 tys. Według bazy WoS w latach 2010–2019 największy dorobek publikacyjny posiadała Politechnika Śląska, której naukowcy popełnili 221 prac z obszaru i zgromadzili prawie 1,7 tys. cytowań. Średni poziom cytowań prac ich autorstwa ukształtował się poniżej średniej w obszarze (MNCS = 0,82).

Najwięcej patentów zostało zgłoszonych przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy zlokalizowany w Falentach (22), który zajął 14. miejsce w ogólnym zestawieniu (por. Załącznik 5.12, Z5.12.4). Pozostałymi instytucjami z nieco mniejszą liczbą zgłoszeń patentowych były: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie i Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (po 21 zgłoszeń) oraz Politechnika Lubelska i Politechnika Łódzka, które zgłosiły po 20 patentów. Wśród instytucji spoza rankingu wiodących jednostek według wskaźnika syntetycznego, największą liczbę patentów zgłoszono przez Politechnikę Rzeszowską im. Ignacego Łukasiewicza (18 patentów), co przełożyło się na szóstą pozycję pod względem zgłoszeń patentowych.

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, czyli lider pod względem zgłoszeń patentowych, cechował się bardzo niską liczbą publikacji w obszarze oraz brakiem nadanych stopni naukowych (por. wykres 5.12.1). Spośród 15 wiodących jednostek naukowych posiadających ponad 100 publikacji, najwięcej zgłoszeń patentowych złożono przez Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (21), a najmniej – przez Politechnikę Gdańską (9). Z kolei największą liczbę nadanych stopni naukowych oraz publikacji odnotowano dla Politechniki Śląskiej (26 stopni naukowych i 221 publikacji); niewiele mniej stopni nadano na Politechnice Częstochowskiej (24).

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii środowiskowych w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1**.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

Tylko dwie jednostki wdrożyły projekty finansowane w ramach programu Horyzont 2020. Jeden projekt koordynowało Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, natomiast w charakterze uczestnika występował Uniwersytet im. Adama Mickiewicza.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w projektach finansowanych z pozostałych funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**. Wykaz programów, które były analizowane pod tym kątem, zamieszczono w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w poszczególnych obszarach technologicznych (s. 24).

Aktywność projektową w poszczególnych typach funduszy przeanalizowano pod kątem: (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (por. Tabela 5.12.2).

W **ośmiu projektach** o łącznej wartości **41 444 051 zł** finansowanych w ramach wymienionych wyżej programów uczestniczyło w sumie **dziesięć jednostek naukowych.**

- W **pięciu projektach** finansowanych z funduszy europejskich udział wzięło **siedem instytucji naukowych,** spośród których trzy pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **30 599 326 zł.**
- W **dwóch projektach** realizowanych w ramach programów krajowych uczestniczyły **dwie jednostki naukowe,** będące jednocześnie wnioskodawcami. Wartość projektów stanowiła **4 362 350 zł**.
- W **jednym projekcie** finansowanym z programu międzynarodowego (Fundusze Norweskie i EOG) brały udział **dwa podmioty**, z których jeden był wnioskodawcą. Wartość projektu wynosiła **6 482 375 zł**.

Tabela 5.12.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii środowiskowych*

Typ funduszy	Liczba projektów	Instytucje uczestniczące - konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące - wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	5	7	3	30 599 326
Programy krajowe	2	2	2	4 362 350
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	1	2	1	6 482 375
Sumarycznie	**8**			**41 444 051**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Po jednym projekcie w ramach funduszy europejskich zrealizowały następujące instytucje: Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (**11 351 081 zł**), Politechnika Łódzka (**5 928 412 zł**), Politechnika Wrocławska (**2 883 750 zł**) oraz Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki (**2 438 426 zł**). Projekt o łącznej wartości **7 997 655 zł** wykonały wspólnie: Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Politechnika Gdańska oraz Politechnika Warszawska.

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

Po jednym projekcie finansowanym z funduszy krajowych zrealizowało Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii PAN (**2 104 750 zł**) oraz Politechnika Częstochowska (**2 257 600 zł**).

Aktywność projektowa w ramach funduszy międzynarodowych

Jeden projekt w ramach funduszy międzynarodowych zrealizowały we współpracy Instytut Biotechnologii i Medycyny Molekularnej oraz Politechnika Gdańska. Wartość projektu wynosiła **6 482 375 zł**.

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

We współpracy z jednostkami spoza systemu POL-on zrealizowano **sześć projektów**, w których uczestniczyło **osiem instytucji**. Ich łączna wartość wynosiła **37 081 701 zł**. Na wykresie 5.12.2 przedstawiono wszystkie projekty wykonane wspólnie z instytucjami spoza systemu POL-on. Projekty o największej, łącznej wartości zrealizowała Politechnika Gdańska (**14 480 030 zł**) we współpracy z Biopolinex sp. z o.o., będącym podmiotem spoza systemu POL-on, oraz z jednostkami naukowymi: Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej, Politechniką Warszawską oraz Instytutem Biotechnologii i Medycyny Molekularnej. Na drugim miejscu pod kątem wartości projektów realizowanych z jednostkami spoza systemu POL-on, ulokował się Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (**11 351 081 zł**), który współpracował z EcotechSystem sp. z o.o.

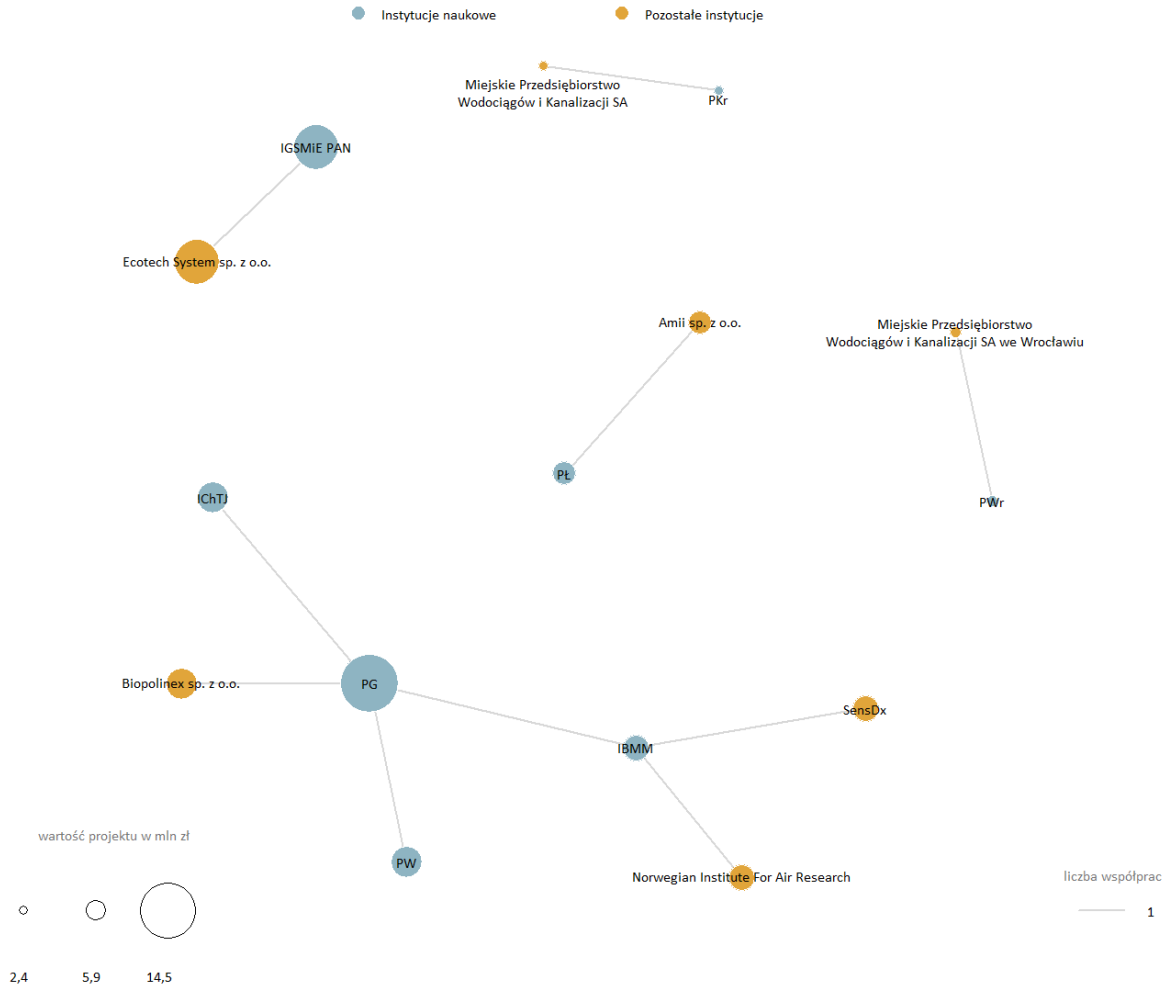
Największa liczba instytucji współpracujących cechowała Politechnikę Gdańską (4), a także Instytut Biotechnologii i Medycyny Molekularnej (3). Ta ostatnia jednostka, oprócz Politechniki Gdańskiej, współpracowała również z SensDx oraz z podmiotem zagranicznym – Norwergian Institute for Air Research.

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w dwóch projektach z obszaru technologii środowiskowych, finansowanych w ramach konkursu POIR 04.01.02. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL VII i IX:

- Projekt pn. „Innovative technologies of waste recovery and processing and revitalization of contaminated areas in the municipal circulation system" realizowany przez Politechnikę Krakowską zakończył się na **poziomie VII**, w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych.
- Projekt pn. „Development of the technology for preparation substrates used in methane co-fermentation by disintegration methods" zrealizowany przez Politechnikę Gdańską zakończył się na **poziomie IX**, co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie.

Wykres 5.12.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii środowiskowych*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

5.12.2 Wiodący naukowcy

Wśród 15 najlepszych naukowców w obszarze technologii środowiskowych znalazło się dwóch badaczy, którzy pracowali w jednostkach spoza rankingu 15 wiodących instytucji w obszarze: prof. dr hab. Piotr Stepnowski z Uniwersytetu Gdańskiego, który uplasował się na trzeciej pozycji, oraz prof. dr hab. Krzysztof Jóźwiakowski z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, który zajął ósmą lokatę (por. tabela 5.12.3).

Oprócz wyżej wspomnianego prof. dr. hab. Piotra Stepnowskiego z Uniwersytetu Gdańskiego, do czołówki rankingu wiodących naukowców zakwalifikowali się badacze z Politechniki Gdańskiej. Pierwszą i drugą lokatę zdobyli odpowiednio dr hab. Grzegorz Boczkaj oraz prof. dr hab. Magdalena Gajewska, przy czym dr. hab. Grzegorz Boczkaj osiągnął zdecydowanie większy wynik we wskaźniku syntetycznym (100) niż prof. dr hab. Magdalena Gajewska (58). Dr hab. Boczkaj posiadał największą liczbę cytowań prac (1 232), największy poziom wpływu (MNCS = 7,78), a także najwyższy indeks Hirscha (18). Z kolei prof. Gajewska mogła poszczycić się zdecydowanie największą liczbą publikacji w obszarze technologii środowiskowych (36).

Tabela 5.12.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii środowiskowych według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	dr hab. Grzegorz Boczkaj	Politechnika Gdańska	21	1 232	7,78	18	**100**
2	prof. dr hab. Magdalena Gajewska		36	315	1,05	12	**58**
3	prof. dr hab. Piotr Stepnowski	Uniwersytet Gdański	16	453	2,68	9	**42**
4	dr hab. Agnieszka Cydzik-Kwiatkowska	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	23	270	1,17	10	**41**
5	dr hab. Marta Gmurek	Politechnika Łódzka	15	401	2,95	8	**39**
6	prof. dr hab. Jacek Mąkinia	Politechnika Gdańska	22	241	1,09	10	**39**
7	prof. dr hab. Ewa Korzeniewska	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	18	390	2,06	8	**39**
8	prof. dr hab. Krzysztof Jóźwiakowski	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie	24	259	1,22	7	**37**
9	dr hab. Monika Harnisz	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	19	364	1,86	7	**37**
10	prof. dr hab. Mariusz Dudziak	Politechnika Śląska	28	133	0,48	7	**35**
11	prof. dr hab. Piotr Konieczka	Politechnika Gdańska	9	379	4,73	5	**34**
12	dr hab. Magdalena Zielińska	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie	21	190	0,76	9	**34**
13	dr hab. Grzegorz Łagód	Politechnika Lubelska	25	136	0,81	7	**33**
14	prof. dr hab. Sylwia Mozia	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	12	393	2,61	6	**31**
15	dr hab. Aneta Łuczkiewicz	Politechnika Gdańska	14	270	1,72	8	**30**

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

W zakresie zgłoszeń patentowych, największą ich liczbę odnotowano dla osób spoza rankingu wiodących naukowców, czyli dla dr. Adama Masłonia z Politechniki Rzeszowskiej oraz dr. hab. Piotra Słomkiewicza z Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach (po 13 zgłoszeń). Na drugim miejscu znalazł się prof. dr hab. Mirosław Krzemieniewski[16] z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (11 zgłoszeń), natomiast na trzeciej pozycji uplasowali się trzej badacze: prof. dr hab. Marcin Dębowski i prof. dr hab. Marcin Zieliński z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, a także prof. dr hab. Antoni Morawski z ZUT w Szczecinie (po 10 zgłoszeń).

Wśród 15 wiodących naukowców, cztery zgłoszenia patentowe odnotowano dla prof. dr hab. Sylwii Mozii z ZUT w Szczecinie oraz trzy zgłoszenia – dla prof. dr. hab. Krzysztofa Jóźwiakowskiego z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

[16] W przypadku wspomnianego badacza, wskazane miejsce zatrudnienie stanowi ostatnie według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.

5.13 Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej

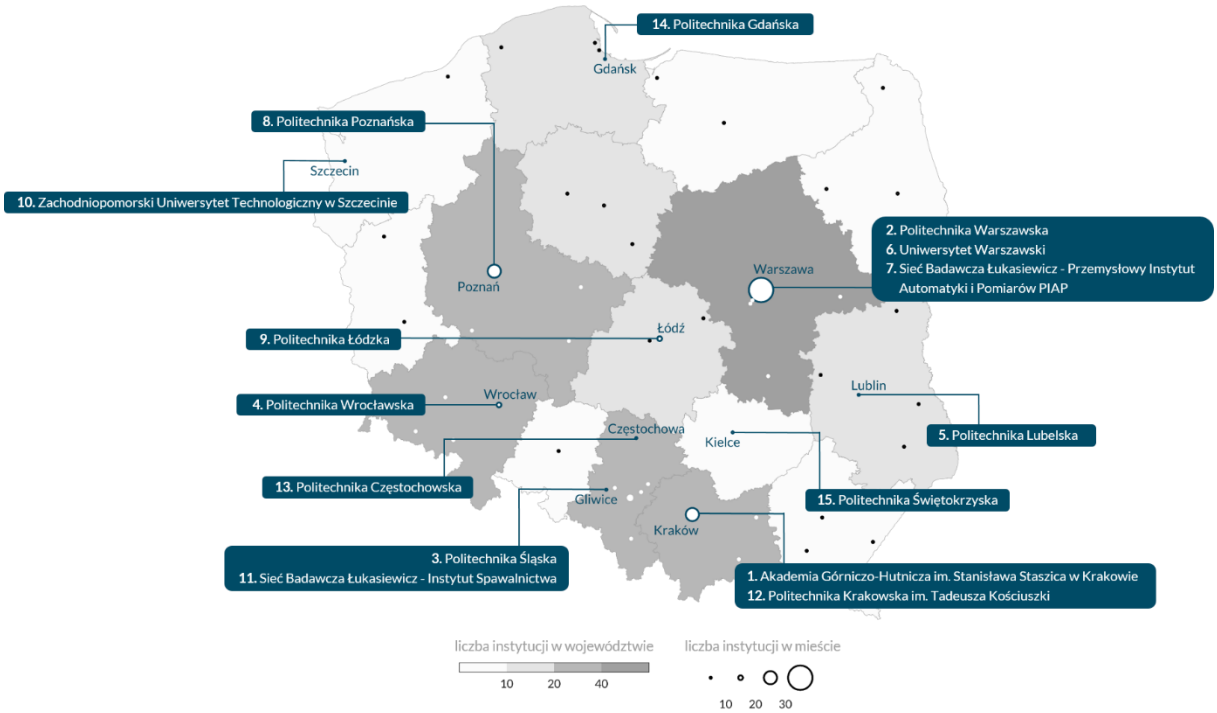
5.13.1 Wiodące jednostki

W rozdziale opisano wiodące jednostki naukowe w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej, który objął 25 podklas IPC:

1. **B02C** – Kruszenie, proszkowanie lub rozdrabnianie ogólnie; mielenie ziarna;
2. **B07B** – Rozdzielanie ciał stałych przez przesiewanie lub za pomocą strumieni gazów; rozdzielanie innymi sposobami suchymi materiałów sypkich, np. przedmiotów luzem, które można traktować jak materiał sypki;
3. **B21F** – Obróbka lub przetwarzanie drutu metalowego;
4. **B23K** – Lutowanie lub rozlutowywanie; spawanie lub zgrzewanie; powlekanie powierzchni lub platerowanie przez lutowanie, spawanie lub zgrzewanie; cięcie przez nagrzewanie miejscowe, np. cięcie palnikiem; obróbka za pomocą strumienia laserowego;
5. **B23P** – Obróbka metali nieprzewidziana gdzie indziej; operacje połączone; obrabiarki uniwersalne;
6. **B23Q** – Obróbka pomocnicza wyrobów przed lub w trakcie obróbki skrawaniem, mająca na celu poprawienie działania narzędzia lub stosowana w celu uzyskania wymaganego stanu końcowego wyrobu, np. usunięcia naprężeń wewnętrznych; obrabiarki ogólnie, znamienne konstrukcją poszczególnych elementów lub części; kombinacje lub zestawy do metali nie przeznaczone wyłącznie do uzyskania szczególnych efektów;
7. **B24B** – Maszyny, urządzenia lub sposoby szlifowania lub polerowania; obciąganie lub kondycjonowanie powierzchni ściernych; podawanie materiałów ściernych, polerujących lub docierających;
8. **B25H** – Wyposażenie warsztatowe, np. do trasowania; wyposażenie magazynowe dla warsztatów;
9. **B25J** – Manipulatory; komory zaopatrzone w urządzenia do manipulowania;
10. **B26D** – Cięcie; wspólne elementy maszyn do dziurkowania, przebijania, wycinania, wykrawania lub rozdzielania;
11. **B27C** – Strugarki, wiertarki, frezarki, tokarki lub uniwersalne obrabiarki do drewna lub podobne materiały;
12. **B27G** – Pomocnicze maszyny lub urządzenia do obróbki drewna lub podobnych materiałów; narzędzia do obróbki drewna lub podobnych materiałów; urządzenia zabezpieczające do maszyn lub narzędzi do obróbki drewna;
13. **B27J** – Mechaniczna obróbka trzciny, korka lub podobnych materiałów;
14. **B27K** – Sposoby, urządzenia lub dobór materiałów do impregnacji, bejcowania, barwienia, bielenia drewna lub podobnych materiałów lub obróbka drewna lub podobnych materiałów ze zdolnością przenikania cieczy, nieprzewidziane gdzie indziej; chemiczna lub mechaniczna obróbka korka, trzciny, sitowia, słomy lub podobnych materiałów;
15. **B28C** – Przygotowanie gliny; sporządzanie mieszanin zawierających glinę lub inne materiały podobne do cementu, np. zaprawy tynkowe;
16. **B29C** – Formowanie lub łączenie tworzyw sztucznych; formowanie materiału w stanie plastycznym, nieprzewidziane gdzie indziej; obróbka następcza wyrobów formowanych np. naprawa;

17. **B33Y** – Wytwarzanie przyrostowe, tj. wytwarzanie obiektów trójwymiarowych [3D] poprzez depozycję przyrostową, aglomerowanie przyrostowe lub przyrostowe tworzenie warstw, np. poprzez drukowanie 3D, stereolitografię lub selektywne spiekanie laserem;
18. **B42B** – Trwałe łączenie arkuszy, składek lub sygnatur lub trwałe mocowanie do nich przedmiotów;
19. **B44B** – Maszyny, urządzenia lub narzędzia do prac artystycznych, np. do rzeźbienia, giloszowania, snycerstwa, wypalania lub inkrustacji;
20. **C04B** – Wapno palone; magnezyt kaustyczny; żużel; cement; ich mieszaniny, np. zaprawy, beton lub podobne materiały budowlane; sztuczny kamień; ceramika; materiały ogniotrwałe; obróbka kamienia naturalnego;
21. **C14B** – Mechaniczna obróbka lub przetwarzanie skórek lub skór surowych lub skóry wyprawionej, ogólnie; maszyny do strzyżenia skór futerkowych; maszyny do rozdzielania jelit;
22. **D03J** – Aparatura pomocnicza tkalni; narzędzia tkackie; czółenka tkackie;
23. **D06H** – Znakowanie, sprawdzanie, łączenie lub rozdzielanie materiałów włókienniczych;
24. **D21J** – Płyty pilśniowe; wytwarzanie wyrobów z celulozowej masy włóknistej lub z papieru mâché;
25. **F16M** – Ramy, obudowy lub płyty fundamentowe do silników, maszyn lub urządzeń, nieograniczone do silników, maszyn lub aparatury przewidzianej gdzie indziej; stojaki; podpory.

Mapa 5.13.11. *Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska, systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Wśród jednostek naukowych z pierwszej piętnastki rankingu według wskaźnika syntetycznego w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej najwięcej (trzy) mieści się w Warszawie, a po dwie są obecne w Gliwicach i Krakowie (por. mapa 5.13.1). W przygotowanym zestawieniu najwyższą notę otrzymała Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, wyróżniająca się największym potencjałem kadrowym oraz największą aktywnością patentową (por. tabela 5.13.1). Drugie miejsce przypadło Politechnice Warszawskiej, która charakteryzowała się największym potencjałem publikacyjnym. Tylko osiem jednostek z pierwszej piętnastki uczestniczyło w projektach w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej, finansowanych w ramach programu Horyzont 2020. Maksymalną notę w ramach tego składnika wskaźnika syntetycznego uzyskał Uniwersytet Warszawski, plasujący się na szóstym miejscu w rankingu wiodących jednostek.

Potencjał kadrowy został wyznaczony na podstawie czterech miar składowych (por. Załącznik 5.13, Z5.13.1). W tym wymiarze zdecydowanie wyróżniała się Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, która zdobyła maksymalne noty pod względem: nadanych stopni naukowych w obszarze, liczby zatrudnionych w 2019 roku doktorów i doktorów habilitowanych, a także udziału pracowników z przynajmniej jedna pracą naukową opublikowaną w latach 2013–2019 w obszarze w ogóle autorów z tego obszaru zatrudnionych w Polsce w 2019 roku. W latach 1999–2019 na tej uczelni nadano 182 stopnie naukowe za dysertacje dotyczące omawianego obszaru (151 doktoratów i 31 habilitacji, por. Załącznik 5.13, Z5.13.5). Drugie miejsce pod tym względem przypadło Politechnice Wrocławskiej (92 doktoraty, 19 habilitacji), a trzecie – Politechnice Warszawskiej (89 doktoratów, 18 habilitacji). Stopnie nadane w tych trzech jednostkach stanowiły 27% wszystkich przyznanych w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej. W dwóch jednostkach z grupy wiodących instytucji w obszarze nie zidentyfikowano stopni naukowych nadanych za dysertacje dotyczące technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej. Były to: Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP oraz Instytut Spawalnictwa, należące do Sieci Badawczej Łukasiewicz. Wśród instytucji spoza rankingu wiodących jednostek, największą liczbę przyznanych stopni naukowych w obszarze zanotował Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (19 doktoratów i 18 habilitacji).

Pod względem liczby osób zatrudnionych w 2019 roku publikujących w omawianym obszarze, najlepiej wypadły trzy pierwsze jednostki z ogólnej klasyfikacji: AGH w Krakowie, na której w 2019 roku pracowało prawie 500 autorów prac z omawianego obszaru, Politechnika Warszawska (463 osoby) oraz Politechnika Śląska (344, por. Załącznik 5.13, Z5.13.3). W 2019 roku wyżej wymienione uczelnie zatrudniały około 23% wszystkich pracowników w obszarze.

W przypadku specjalizacji pracowników, wyrażonej udziałem liczby zatrudnionych w obszarze do zatrudnienia ogółem w instytucji, najlepszy wynik osiągnął Instytut Spawalnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz. Jednostka ta zajęła 11 miejsce w ogólnym zestawieniu.

Potencjał publikacyjny określono na podstawie czterech miar składowych (por. Załącznik 5.13, Z5.13.2). W tym wymiarze działalności najwyższy wynik osiągnęła Politechnika Warszawska, która według systemu PBN w latach 2013–2019 cechowała się największym dorobkiem publikacyjnym z obszaru wytwarzania i produkcji przemysłowej. Z kolei najwięcej cytowań zgromadziły prace naukowców afiliujących do Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Tabela 5.13.11. *Ranking instytucji w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej według wskaźnika syntetycznego*

Nazwa jednostki	**Ranking** (wskaźniki znormalizowane w przedziale 0-100)				
	Potencjał kadrowy	**Potencjał publikacyjny**	**Aktywność patentowa**	**Aktywność projektowa**	**Instytucje**
1 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	100	88	100	18	**100**
2 Politechnika Warszawska	74	100	36	36	**80**
3 Politechnika Śląska	66	86	55	27	**76**
4 Politechnika Wrocławska	56	66	41	36	**65**
5 Politechnika Lubelska	38	57	94	-	**62**
6 Uniwersytet Warszawski	12	74	2	100	**61**
7 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP	12	32	65	73	**59**
8 Politechnika Poznańska	17	53	79	9	**52**
9 Politechnika Łódzka	52	44	36	-	**43**
10 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	37	48	47	-	**43**
11 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa	36	67	25	-	**42**
12 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	52	43	17	-	**36**
13 Politechnika Częstochowska	48	48	14	-	**36**
14 Politechnika Gdańska	34	48	10	9	**33**
15 Politechnika Świętokrzyska	30	43	25	-	**32**

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych z bazy Nauka Polska oraz systemów PBN i POL-on, stan na 1.10.2021, Krajowego Punktu Kontaktowego, stan na marzec 2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

Wśród 15 wiodących jednostek naukowych pod kątem specjalizacji zdecydowanie wyróżniał się Instytut Spawalnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz – prawie 60% całego dorobku publikacyjnego z lat 2013–2019 tej instytucji stanowiły publikacje z omawianego obszaru (por. Załącznik 5.13, Z5.13.6). Wartości pozostałych dwóch wskaźników dla tego podmiotu były jednak niższe: udział pracowników naukowych z obszaru wśród wszystkich osób publikujących w tym obszarze w kraju wyniósł 0,7%, natomiast udział publikacji wśród wszystkich publikacji w obszarze kształtował się na poziomie 2,4%. Stosunkowo wysoką specjalizacją na tle pozostałych jednostek (17,3%) charakteryzował się również Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP, należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz. Prace badaczy z tego podmiotu miały jednak niewielki udział w ogóle publikacji w obszarze (0,9%). Niewielki odsetek (0,6%) stanowili również pracownicy naukowi z omawianego obszaru wspomnianego Instytutu wśród wszystkich pracowników naukowych z tego obszaru w Polsce.

Największym udziałem pracowników naukowych z omawianego obszaru technologicznego wśród wszystkich naukowców z tego obszaru w Polsce cechowała się AGH w Krakowie (8,6%). Jednostka ta należała również do trzech instytucji o największym udziale publikacji w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej, który wyniósł 7,9%. Pozostałe jednostki przodujące pod względem udziału publikacji w obszarze to Politechnika Śląska (9,8%) oraz Politechnika Warszawska (10,3%). Publikacje naukowe z omawianego obszaru stanowiły 5,7% w dorobku pracowników Politechniki Śląskiej, 4,4% na AGH oraz 4,2% na Politechnice Warszawskiej.

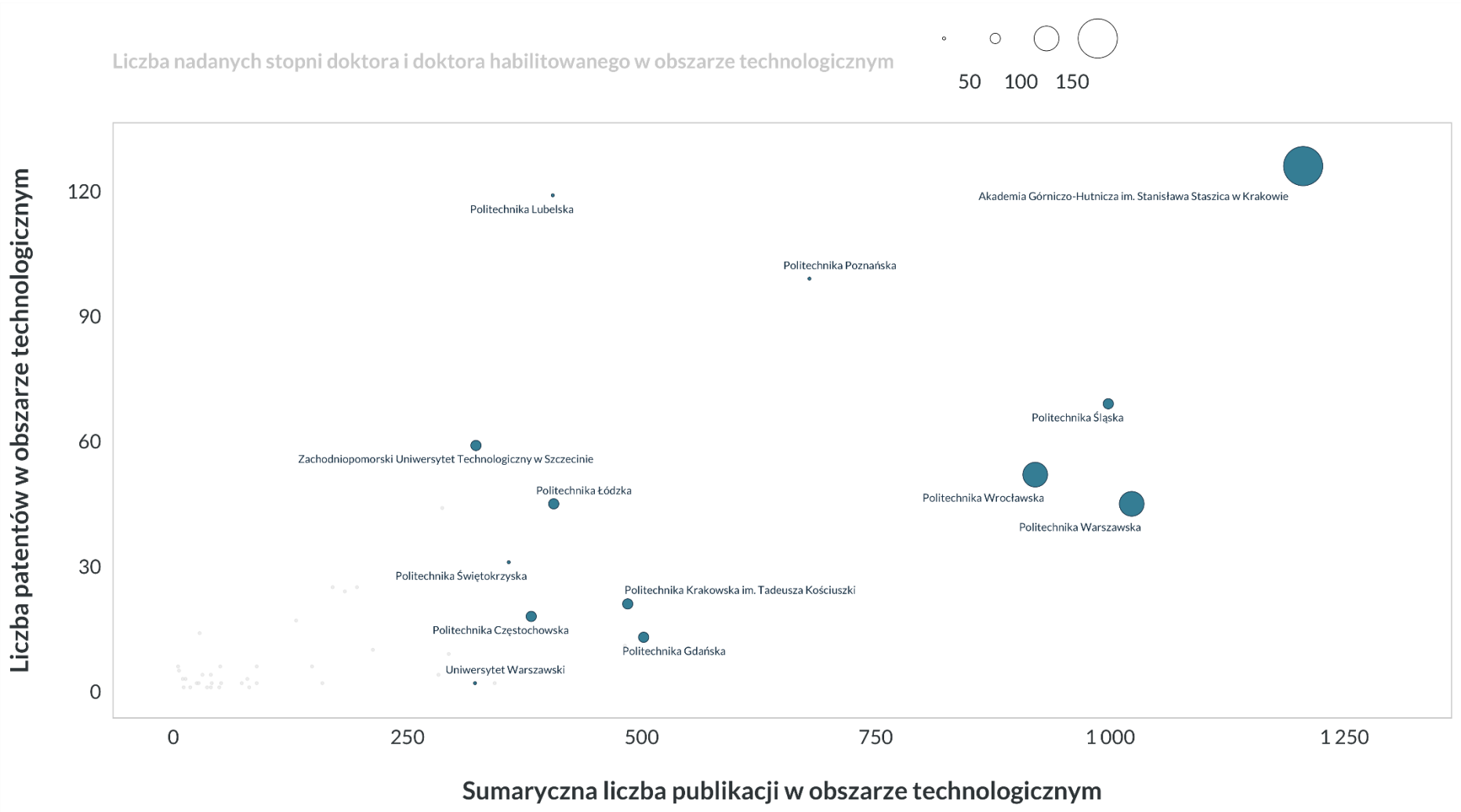
Wśród 15 wiodących jednostek naukowych, ponadprzeciętnym wpływem cechowały się prace badaczy z pięciu instytucji. Najwyższy poziom cytowań osiągnęły publikacje naukowców z Uniwersytetu Warszawskiego (MNCS = 2,53, por. Załącznik 5.13, Z5.13.7). Wysokim poziomem wpływu charakteryzowały się również publikacje naukowców afiliujących do: Politechniki Lubelskiej (MNCS = 1,42), Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (MNCS = 1,37), Politechniki Gdańskiej (MNCS = 1,38) oraz Politechniki Łódzkiej (MNCS = 1,05). Wśród wymienionych instytucji najwięcej cytowań zgromadziły prace badaczy z Uniwersytetu Warszawskiego (7 361), a największa liczba publikacji w latach 2010–2019 cechowała Politechnikę Gdańską (502 prace).

Instytucją o największej sumarycznej liczbie cytowań i publikacji wśród 15 wiodących jednostek była Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, której badacze w latach 2010–2019 opublikowali 206 prac cytowanych prawie 7,4 tys. razy. Do grupy jednostek o sumarycznej liczbie cytowań powyżej 5 tys., oprócz wspomnianego już Uniwersytetu Warszawskiego (7 361 cytowań), należały trzy Politechniki: Warszawska (7 114 cytowań), Wrocławska (6 597) i Śląska (5 506). Drugi dorobek publikacyjny w obszarze wytwarzania i produkcji przemysłowe wypracowała druga jednostka w rankingu według wskaźnika syntetycznego – Politechnika Warszawska (1 023).

Najwięcej zgłoszeń patentowych odnotowano dla: Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (126), Politechniki Lubelskiej (119) oraz Politechniki Poznańskiej (99, por. Załącznik 5.13, Z5.13.4). Jednostki te zajęły odpowiednio pierwsze, piąte i ósme miejsce w rankingu według wskaźnika syntetycznego.

Lider rankingu jednostek naukowych z największą liczbą zgłoszeń patentowych, czyli AGH w Krakowie (por. wykres 5.13.1), wyróżniał się także pod względem sumarycznej liczby publikacji w obszarze (1 206) oraz liczby nadanych stopni naukowych (182). Dwie pozostałe instytucje o największej liczbie zgłoszeń patentowych – Politechnika Lubelska oraz Politechnika Poznańska – cechowały się niewielką

Wykres 5.13.1. *Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej*



Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Nauka Polska, stan na 1.10.2021, oraz baz PATSTAT Global 2021 – single edition (Spring) i Web of Science, stan na maj 2021.

liczbą nadanych stopni naukowych (odpowiednio 34 i 2) oraz przeciętną liczbą publikacji w obszarze (odpowiednio 405 oraz 679). Spośród pozostałych pięciu jednostek posiadających przynajmniej 90 nadanych stopni naukowych, oprócz AGH, najwięcej patentów zgłoszono przez Politechnikę Śląską (69), a najwięcej prac z obszaru przygotowano na Politechnice Warszawskiej (1 023).

Aktywność projektowa

W rozdziale przedstawiono aktywność projektową w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej w podziale na dwie kategorie:

(1) Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020;
(2) Pozostała aktywność projektowa w zakresie programów ujętych w tabeli **3.3.1**.

Aktywność projektowa w ramach programu Horyzont 2020

W obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej, 44 projekty w programie Horyzont 2020 zrealizowały 23 jednostki naukowe, przy czym tylko jeden podmiot – Uniwersytet Warszawski – uczestniczył w projekcie w charakterze koordynatora.

Wśród 23 jednostek naukowych realizujących projekty w omawianym obszarze, 15 stanowiły instytucje spoza wiodącej grupy jednostek. W aż ośmiu projektach uczestniczył jeden podmiot – Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP. Na drugim miejscu pod względem uczestnictw znalazł się Uniwersytet Warszawski, który koordynował jeden projekt i brał udział w trzech projektach. Po cztery projekty zrealizowano również na Politechnice Warszawskiej i Politechnice Wrocławskiej. Na trzeciej pozycji znalazła się Politechnika Śląska z trzema projektami. W pozostałych instytucjach zrealizowano po jednym lub dwa projekty.

Pozostała aktywność projektowa

Poza aktywnością w ramach programu Horyzont 2020, przeanalizowano udział jednostek naukowych w projektach finansowanych z pozostałych funduszy europejskich, krajowych i norweskich. W szczególności, zwrócono uwagę na dwa aspekty aktywności projektowej: **współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on (w tym z przedsiębiorstwami)** oraz **stopień gotowości technologicznej**. Wykaz programów, które były analizowane pod tym kątem, zamieszczono w opisie metody identyfikacji wiodących jednostek naukowych i naukowców w wytypowanych obszarach technologicznych (s. 24).

Aktywność projektową w poszczególnych rodzajach funduszy przeanalizowano pod kątem: (1) liczby projektów, w których jednostki uczestniczyły, (2) liczby uczestnictw oraz (3) skali finansowania (por. tabela 5.13.2).

W **52 projektach** o łącznej wartości **381 186 258 zł** uczestniczyły w sumie **43 jednostki naukowe:**

- W **34 projektach** finansowanych z funduszy europejskich brało udział **31 instytucji naukowych,** spośród których 16 pełniło funkcję wnioskodawcy. Wartość projektów wynosiła **221 082 097 zł.**
- W **17 projektach** realizowanych w ramach programów krajowych uczestniczyło **21 jednostek naukowych,** a 11 z nich było wnioskodawcą. Wartość projektów stanowiła **152 640 411 zł**.
- W **jednym projekcie** finansowanym z programów międzynarodowych – Funduszy Norweskich – uczestniczył **jeden podmiot**, który był jednocześnie wnioskodawcą. Wartość projektu to **7 463 750 zł**.

Tabela 5.13.2. *Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej*

Typ funduszy	Liczba projektów	Instytucje uczestniczące – konsorcjant lub wnioskodawca	Instytucje uczestniczące – wnioskodawca	Wartość projektów (zł)
Fundusze europejskie	34	31	16	221 082 097
Programy krajowe	17	21	11	152 640 411
Program międzynarodowe (Fundusze Norweskie i EOG)	1	1	1	7 463 750
Sumarycznie	52			381 186 258

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Aktywność projektowa w ramach funduszy europejskich

Biorąc pod uwagę aktywność projektową w ramach **funduszy europejskich,** na pierwszym miejscu pod względem **liczby uczestnictw w projektach** znalazła się Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie z **pięcioma projektami** o łącznej wartości **24 815 984 zł**. Jest to jednostka będąca liderem w rankingu wiodących instytucji.

Na drugiej pozycji pod względem liczby uczestnictw ulokowały się instytucje realizujące po **cztery projekty**: Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, która uczestniczyła w przedsięwzięciach o łącznej wartości **21 678 724 zł** (12. pozycja w rankingu wiodących instytucji) oraz Politechnika Łódzka z projektami o łącznej wartości **20 802 071 zł**. Ta ostatnia instytucja znalazła się na dziewiątym miejscu w rankingu wiodących jednostek.

Na trzecim miejscu pod względem liczby realizowanych projektów uplasował się Instytut Metali Nieżelaznych z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który wykonał trzy projekty o całkowitej wartości **22 991 047 zł**. W pozostałych jednostkach zrealizowano po 1 lub po 2 projekty w ramach funduszy unijnych.

Aktywność projektowa w ramach funduszy krajowych

W największej liczbie projektów w ramach programów krajowych uczestniczyły Politechnika Warszawska oraz Instytut Metali Nieżelaznych z Sieci Badawczej Łukasiewicz. Każdy z tych podmiotów zrealizował po trzy projekty, których sumaryczna wartość stanowiła odpowiednio **42 288 709 zł** oraz **63 530 526 zł**.

Po **dwa projekty** zrealizowały następujące jednostki: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (**37 924 147 zł**), Politechnika Łódzka (**16 443 862 zł**), Politechnika Śląska (**8 093 819 zł**) oraz Uniwersytet Śląski w Katowicach (**5 435 391 zł**). W pozostałych podmiotach pozyskano po 1 projekcie, a najbardziej wartościowy z nich wykonywały wspólnie Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych i Instytut Techniki i Aparatury Medycznej ITAM z Sieci Łukasiewicz (**36 386 300 zł**).

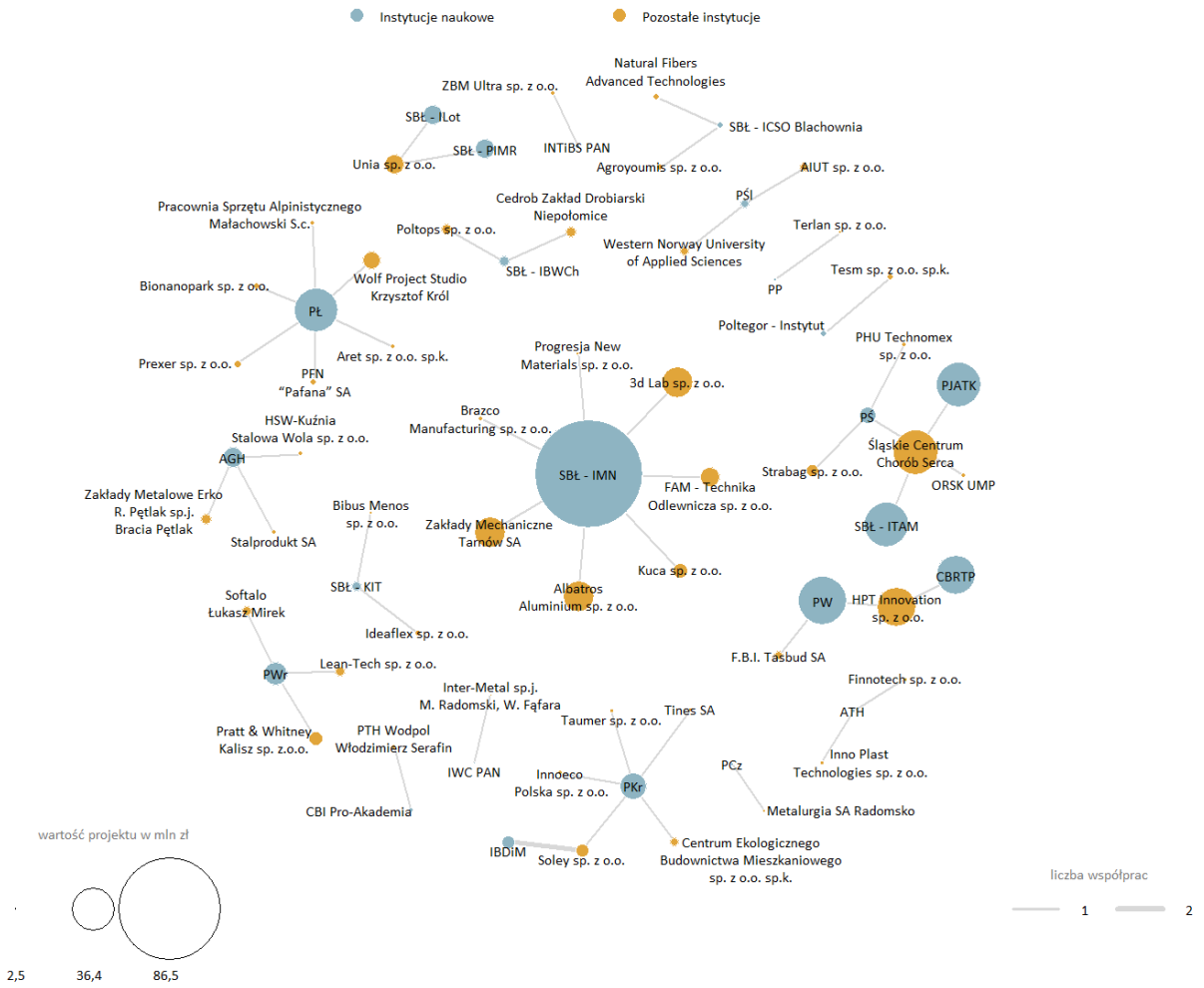
Aktywność projektowa w ramach funduszy norweskich

Instytucje naukowe mogą również pozyskiwać dofinansowanie z **Funduszy Norweskich** Tylko jeden podmiot wykazał się aktywnością w tym typie konkursów w obszarze wytwarzania i produkcji przemysłowej. Politechnika Śląska zrealizowała projekt o wartości **7 463 750 zł**.

Współpraca z jednostkami spoza systemu POL-on

Na wykresie 5.13.2 przedstawiono nawiązane sieci współpracy w projektach finansowanych w ramach wskazanych powyżej programów. **Łącznie 25 jednostek z systemu POL-on zrealizowało 39 unikatowych projektów o wartości 346 143 594 zł, w ramach których nawiązano współpracę z instytucjami spoza systemu POL-on.**

Wykres 5.13.2. *Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej*



Uwaga: Wyjaśnienia skrótów nazw podmiotów przedstawionych na wykresie zawiera Załącznik 6

Źródło: opracowanie OPI PIB na podstawie danych NCBiR, stan na marzec 2021.

Sześć projektów o największej, łącznej wartości (**86 521 573 zł**) zrealizowano w Instytucie Metali Nieżelaznych z Sieci Badawczej Łukasiewicz. Jednostka ta współpracowała z następującymi podmiotami spoza systemu POL-on: 3d Lab sp. z o.o., Albatros Aluminium sp. z o.o., Brazco Manufacturing sp. z o.o., FAM – Technika Odlewnicza sp. z o.o., Kuca sp. z o.o., Progresja New Materials sp. z o.o. oraz Zakłady Mechaniczne Tarnów S.A.

Kolejne co do wartości projekty wykonano na Politechnice Warszawskiej (łącznie **dwa projekty** o wartości **38 766 174 zł**) we współpracy z F.B.I. Tasbud SA i HTP Innovation sp. z o.o. Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych zrealizowała **jeden** projekt ze Śląskim Centrum Chorób Serca oraz

Instytutem Techniki i Aparatury Medycznej ITAM o wartości **38 766 174 zł.** Z kolei Politechnika Łódzka zrealizowała **pięć projektów** o łącznej wartości **35 311 401 zł**.

Do **jednostek naukowych**, które współpracowały z **największą liczbą instytucji**, zaliczają się: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych (**siedem instytucji współpracujących**), Politechnika Łódzka (**sześć instytucji współpracujących**), Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki (**pięć instytucji współpracujących**) oraz AGH, Politechnika Wrocławska i Politechnika Śląska (po **trzy instytucje współpracujące**). Pozostałe instytucje z systemu POL-on działały w ramach jednej lub dwóch współprac.

Stopień gotowości technologicznej

TRL określono w 19 projektach realizowanych w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej. Rozwiązania opracowane w ramach tych projektów osiągnęły TRL od VII do IX:

- **Pięć projektów** zakończyło się **na poziomie VII,** w którym dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Do tej grupy należały przedsięwzięcia realizowane w ramach konkursu POIR 04.01.02 przez dwie instytucje: "Poltegor-Instytut" Instytut Górnictwa Odkrywkowego oraz Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia; oraz w ramach konkursu POIR 04.01.04 przez trzy instytucje: Politechnikę Krakowską im. Tadeusza Kościuszki, Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych oraz Politechnikę Wrocławską.
- **Sześć projektów** ukończono **na poziomie VIII,** tj. potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach, czyli zakończono poziom demonstracji. W tej grupie projekty w ramach konkursu POIR 04.01.01 zrealizował Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN; w ramach konkursu POIR 04.01.02 – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki; oraz w ramach POIR 04.01.04 następujące jednostki: Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego PAN, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej BLACHOWNIA, Politechnika Łódzka oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych.
- **Osiem projektów** zakończyło się **na poziomie IX,** co oznacza, że sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt i demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie. W tej grupie znalazły się projekty realizowane w ramach konkursów POIR 04.01.02 przez: Politechnikę Częstochowską, Politechnikę Świętokrzyską oraz Politechnikę Poznańską; oraz w ramach POIR 04.01.04 – przez Politechnikę Łódzką (3 projekty), Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz Politechnikę Krakowską im. Tadeusza Kościuszki.

5.13.2 Wiodący naukowcy

W rankingu najlepszych naukowców w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej znalazło się czterech badaczy z trzech instytucji spoza zestawienia wiodących jednostek w obszarze (por. tabela 5.13.3). Byli to: prof. dr hab. Grzegorz Królczyk z Politechniki Opolskiej, który zajął trzecią pozycję w rankingu; dr hab. Dariusz Bochenek i prof. dr hab. Wojciech Pisarski z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, którzy zajęli odpowiednio piątą i dziesiątą lokatę, oraz prof. dr hab. Krzysztof Nadolny z Politechniki Koszalińskiej z jedenastego miejsca w zestawieniu.

Tabela 5.13.3. *Ranking naukowców w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej według wskaźnika syntetycznego*

	Naukowiec	Podstawowe miejsce pracy	Liczba		MNCS	Indeks Hirscha	Wskaźnik znormalizowany w przedziale 0-100
			publikacji	cytowań			
1	prof. dr hab. Krzysztof Górski	Uniwersytet Warszawski	32	5 017	14,99	25	**100**
2	dr hab. Łukasz Sadowski	Politechnika Wrocławska	52	844	2,42	18	**48**
3	prof. dr hab. Grzegorz Królczyk	Politechnika Opolska	42	816	3,80	17	**44**
4	prof. dr hab. Cezary Zieliński	Politechnika Warszawska	79	376	0,58	9	**43**
5	dr hab. Dariusz Bochenek	Uniwersytet Śląski w Katowicach	67	314	0,59	9	**36**
6	prof. dr hab. Roman Szewczyk	Politechnika Warszawska	76	145	0,23	6	**34**
7	dr hab. Tomasz Ponikiewski	Politechnika Śląska	44	554	1,52	13	**33**
8	dr hab. Szymon Wojciechowski	Politechnika Poznańska	24	657	4,82	15	**33**
9	dr Mateusz Wyrzykowski	Politechnika Łódzka*	22	843	3,95	16	**32**
10	prof. dr hab. Wojciech Pisarski	Uniwersytet Śląski w Katowicach	46	424	1,10	13	**32**
11	prof. dr hab. Krzysztof Nadolny	Politechnika Koszalińska	48	384	1,06	12	**31**
12	dr hab. Marek Płaczek	Politechnika Śląska	50	279	0,66	12	**31**
13	dr hab. Danuta Barnat-Hunek	Politechnika Lubelska	38	392	1,82	13	**29**
14	dr hab. Izabela Hager	Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	47	505	1,22	10	**29**
15	dr Paweł Sikora	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	23	407	3,48	14	**26**

**Miejsce ostatniego zatrudnienia, które nie było podstawowym według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.*

Pola wyróżnione na szaro oznaczają jednostki spoza grupy 15 wiodących instytucji w tym obszarze, a pola zaznaczone na zielono – najwyższe zanotowane wartości poszczególnych statystyk.

Źródło: Opracowanie OPI PIB na podstawie bazy Web of Science, stan na maj 2021 r, oraz systemu POL-on, stan na 1.10.2021 r.

W czołówce rankingu, oprócz prof. dr. hab. Grzegorza Królczyka, znaleźli się prof. dr hab. Krzysztof Górski z Uniwersytetu Warszawskiego i dr hab. Łukasz Sadowski z Politechniki Wrocławskiej. Naukowcy zajęli odpowiednio pierwsze i drugie miejsce, przy czym wskaźnik znormalizowany dla dr hab. Sadowskiego był znacznie niższy w porównaniu do wartości uzyskanej przez prof. dr hab. Górskiego. Instytucje zatrudniające wspomnianych naukowców uplasowały się odpowiednio na szóstym i czwartym miejscu w zestawieniu wiodących jednostek naukowych w obszarze (por. tabela 5.13.1).

Lider rankingu najlepszych naukowców – prof. dr hab. Krzysztof Górski – zgromadził największą sumaryczną liczbę cytowań (5 017), uzyskał największy poziom wpływu (MNCS równy prawie 15) oraz najwyższy indeks Hirscha (25). Z kolei najwięcej publikacji odnotowano dla prof. dr. hab. Cezarego Zielińskiego (79) z Politechniki Warszawskiej, który zajął czwartą lokatę.

Najwięcej patentów zgłosiły zaś osoby spoza rankingu wiodących badaczy. Pierwszą pozycję zajął prof. dr hab. Janusz Sikora (37) z Politechniki Lubelskiej. Na drugim miejscu znalazł się dr hab. Andrzej Zbrowski (27) z Instytutu Technologii Eksploatacji – Sieci Badawczej Łukasiewicz. Z kolei na trzecim miejscu uplasowali się badacze z Politechniki Wrocławskiej: dr Andrzej Vogt[17] oraz prof. dr hab. Sławomir Szafert, dla których odnotowano po 25 zgłoszeń. Wśród wiodących naukowców, zgłoszenia patentowe w omawianym obszarze zidentyfikowano jedynie w przypadku prof. dr. hab. Krzysztofa Nadolnego z Politechniki Koszalińskiej (7 zgłoszeń).

[17]W przypadku wspomnianego badacza, wskazane miejsce zatrudnienia stanowi ostatnie według danych z systemu POL-on, stan na 2021 r.

5.14 Infrastruktura

W podrozdziale opisano (1) **strategiczną infrastrukturę badawczą na podstawie Bazy infrastruktury badawczej (tj. o wartości powyżej 500 tys. zł) według stanu na 2018 rok** oraz (2) **infrastrukturę sfinansowaną w ramach Działania PO IR 4.2. *Rozwój nowoczesnej infrastruktury badawczej sektora nauki***. Celem Działania 4.2 PO IR było wsparcie wybranych projektów dużej, strategicznej infrastruktury badawczej, o charakterze ogólnokrajowym lub międzynarodowym, znajdujących się na Polskiej Mapie Drogowej Infrastruktury Badawczej.

Strategiczna infrastruktura badawcza

Politechnika Warszawska skupia największy potencjał w zakresie infrastruktury strategicznej. Uczelnia ta zajęła miejsce w pierwszej trójce pod względem liczby (lider – 77, por. wykres 5.14.1) oraz wartości strategicznej infrastruktury badawczej (3. miejsce, 108,9 mln zł, por. wykres 5.14.2). Politechnika Łódzka oraz Narodowy Instytut Kardiologii Stefana Wyszyńskiego – Państwowy Instytut Badawczy zajęły odpowiednio drugie i trzecie miejsce pod względem liczby jednostek infrastruktury ogółem. Natomiast Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN w Krakowie zajął pierwsze miejsce pod względem wartości (190,6 mln zł), wyprzedzając Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Otwocku (110,7 mln zł).

Wśród jednostek naukowych o największej wartości strategicznej infrastruktury badawczej i/lub o największej jej liczbie, wskazanych na wykresie 5.14.1 i 5.14.2, znalazło się 10 podmiotów, które zostały wyłonione jako wiodące w co najmniej jednym obszarze technologicznym. Do grupy tej należą:

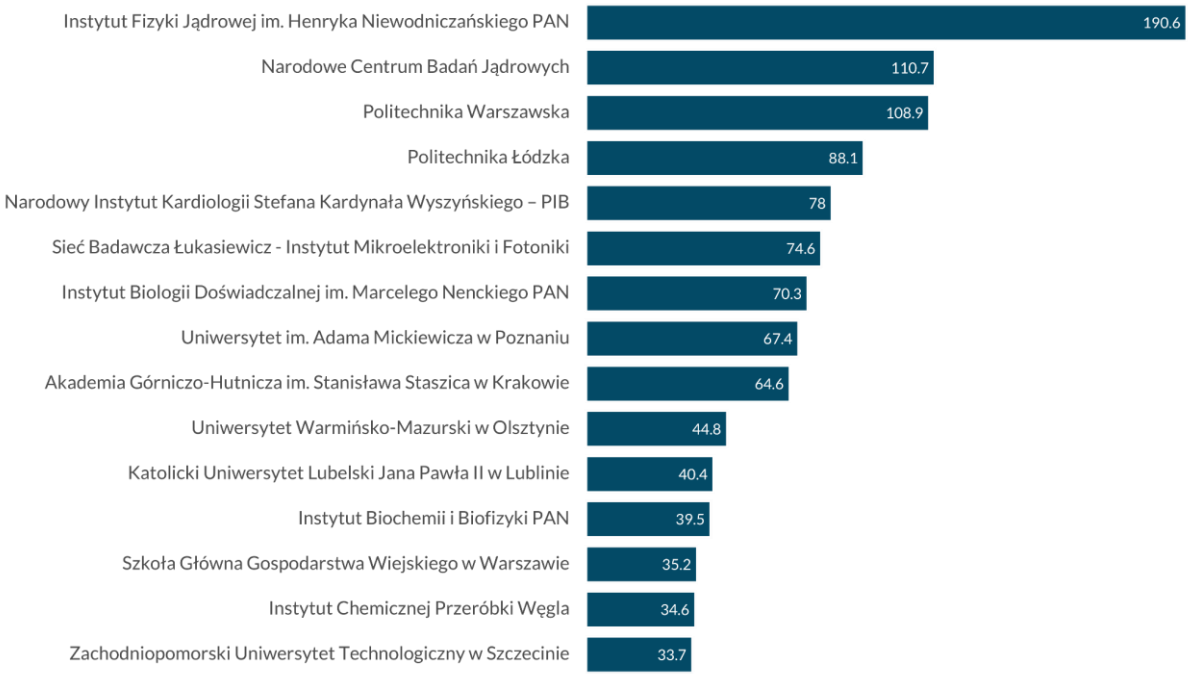
- Politechnika Warszawska (wiodąca jednostka w 11 obszarach: nanotechnologia, technologie chemiczne, technologie energetyczne, technologie informacyjne i komunikacyjne, technologie inżynierii cywilnej, technologie lotnicze, technologie medyczne i farmaceutyczne, technologie pomiarowe, technologie systemów kontroli i sterowania, technologie środowiskowe oraz technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej),
- Politechnika Łódzka (wiodąca jednostka w 11 obszarach: nanotechnologia, technologie chemiczne, technologie energetyczne, technologie informacyjne i komunikacyjne, technologie inżynierii cywilnej, technologie lotnicze, technologie medyczne i farmaceutyczne, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji, technologie systemów kontroli i sterowania, technologie środowiskowe oraz technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej),
- Akademii Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie (wiodąca jednostka w 11 obszarach: nanotechnologia, technologie chemiczne, technologie energetyczne, technologie informacyjne i komunikacyjne, technologie inżynierii cywilnej, technologie lotnicze, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji, technologie pomiarowe, technologie systemów kontroli i sterowania, technologie środowiskowe oraz technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej),
- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (wiodąca jednostka w 10 obszarach: nanotechnologia, technologie chemiczne, technologie energetyczne, technologie informacyjne i komunikacyjne, technologie inżynierii cywilnej, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji, technologie rolno-spożywcze, technologie systemów kontroli i sterowania, technologie środowiskowe oraz technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej),

- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (wiodąca jednostka w 4 obszarach: technologie chemiczne, technologie medyczne i farmaceutyczne, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji oraz technologie rolno-spożywcze),

Wykres 5.14.1. *Liczba strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w 2018 roku*

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bazy infrastruktury badawczej, stan na 2018 r.

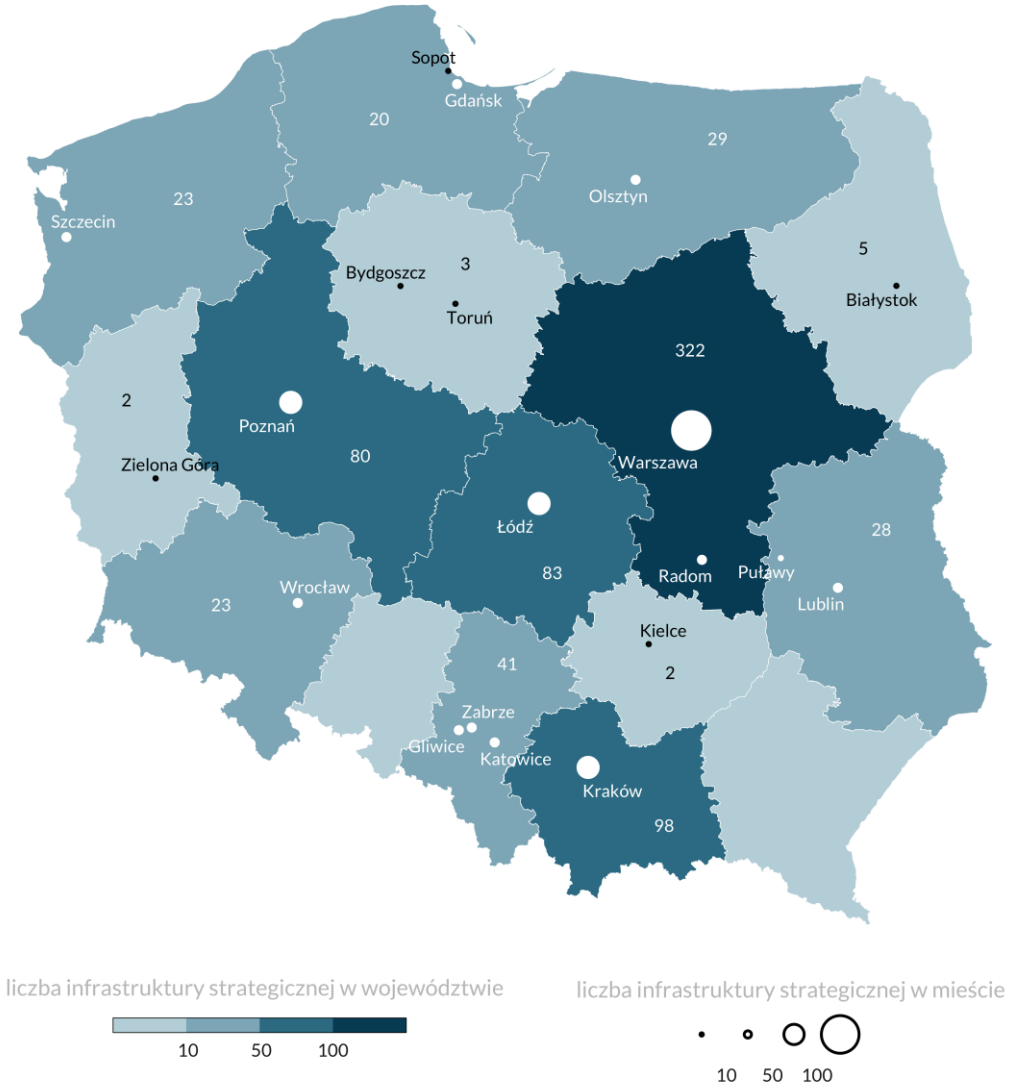
Wykres 5.14.2. *Wartość strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w 2018 roku (mln zł)*



Źródło: Opracowanie własne OPI PIB na podstawie Bazy infrastruktury badawczej, stan na 2018 r.

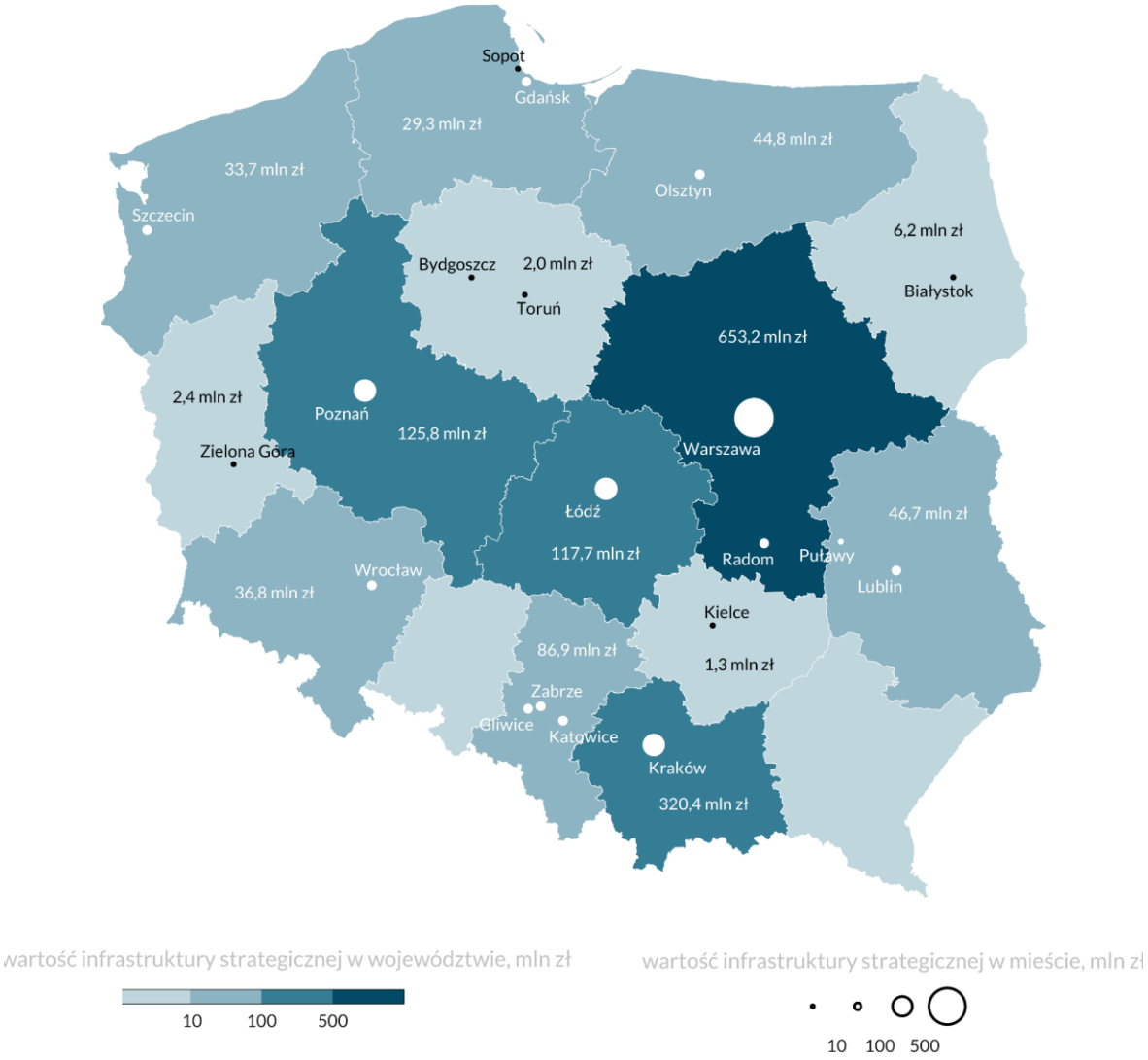
- Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (wiodąca jednostka w 3 obszarach: nanotechnologia, technologie chemiczne i technologie środowiskowe),
- Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (wiodąca jednostka w 3 obszarach: technologie chemiczne, technologie rolno-spożywcze i technologie środowiskowe),
- Instytut Chemii Bioorganicznej PAN (wiodąca jednostka w 2 obszarach: technologie informacyjne i komunikacyjne oraz technologie inżynierii cywilnej),
- Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (wiodąca jednostka w 2 obszarach: technologie pomiarowe i technologie rolno-spożywczych),
- Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji (wiodąca jednostka w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji).

Mapa 5.14.12. *Liczba strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w poszczególnych województwach w 2018 roku*



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bazy infrastruktury badawczej, stan na 2018 r.

Mapa 5.14.2. *Wartość strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w poszczególnych województwach w 2018 roku*



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bazy infrastruktury badawczej, stan na 2018 r.

Pozostałe instytucje uwzględnione w zestawieniach dotyczących strategicznej infrastruktury badawczej nie zakwalifikowały się do 15 wiodących jednostek naukowych w żadnym z 13 obszarów. Wśród nich znalazły się: Narodowy Instytut Kardiologii Stefana Kardynała Wyszyńskiego – Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego PAN, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II w Lublinie, Instytut Nafty i Gazu – PIB, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN i Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN, Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki z Sieci Łukasiewicz, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN oraz Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla,.

Zdecydowanie największy potencjał w zakresie strategicznej aparatury badawczej koncentruje się w województwie mazowieckim. Znalazły się tam 322 jednostki aparatury o łącznej wartości 653,2 mln złotych (por. mapa 5.14.1, 5.14.2). W każdym z pozostałych województw zidentyfikowano mniej niż 100 jednostek aparatury. Za województwem mazowieckim znalazły się małopolskie (98) oraz łódzkie (83), przy czym wartość strategicznej infrastruktury badawczej w małopolskim (320,4 mln zł) znacznie

przekraczała jej wartość w łódzkim (117,7 mln zł). W dwóch regionach – podkarpackim i opolskim – nie stwierdzono ani jednej sztuki strategicznej infrastruktury badawczej.

We wszystkich regionach strategiczna infrastruktura była skoncentrowana w stolicach. Jedynie w czterech województwach (pomorskie, mazowieckie, lubelskie, śląskie) jednostki tej infrastruktury znajdowały się także w innych miastach. Należały do nich: Sopot (Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk), Otwock (Narodowe Centrum Badań Jądrowych), Radom (Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Technologii Eksploatacji i Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu), Puławy (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy i Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy), a także Gliwice (Politechnika Śląska oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica) i Zabrze (Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla) na Śląsku.

Infrastruktura sfinansowana w ramach Działania 4.2

W Działaniu 4.2 PO IR, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu zrealizował zdecydowanie najwięcej projektów w charakterze lidera i o największej wartości ogółem (6 projektów o łącznej wartości 1,4 mld zł). Na kolejnym miejscu pod względem liczby projektów znalazł się Uniwersytet Jagielloński w Krakowie z trzema projektami, finansującymi infrastrukturę badawczą o łącznej wartości 151 mln zł. Z kolei Narodowe Centrum Badań Jądrowych i Politechnika Warszawska zrealizowały po dwa projekty o łącznych wartościach odpowiednio 347 mln zł oraz 193 mln zł. Należy zauważyć, że Narodowe Centrum Badań Jądrowych zrealizowało drugie pod względem łącznej wartości projekty w omawianym Działaniu.

Wśród pozostałych jednostek liderujących pojedynczym projektom w Działaniu 4.2 PO IR znalazły się: Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, Politechnika Warszawska, Uniwersytet Warszawski, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Instytut Geofizyki PAN, Główny Instytut Górnictwa, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Politechnika Lubelska i Instytut Nafty i Gazu - Państwowy Instytut Badawczy. Wśród wymienionych projektów, przedsięwzięcie o największej wartości zrealizowano w Instytucie Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN (255 mln zł).

6 Przyporządkowanie technologii do KIS

Technologie ustalone na wcześniejszych etapach badania zostały przyporządkowane do krajowych inteligentnych specjalizacji (według listy obowiązującej na 1.01.2021 r.). Dodatkowo do KIS przypisano wyodrębnione na ich podstawie obszary technologiczne (por. tabela 6.1).

Charakterystyka przyporządkowania na poziomie obszarów technologicznych

Najbardziej pojemnym spośród 14 obszarów jest obszar **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej**, do którego zaklasyfikowano 25 technologii. Kolejne co do wielkości 3 obszary technologiczne to: **technologie chemiczne** obejmujący 12 technologii z tego zakresu, **technologie informacyjne i komunikacyjne** – 11 technologii oraz **technologie rolno-spożywcze** obejmujące 10 unikalnych technologii. Dwa najwęższe obszary technologiczne to **nanotechnologia** i **technologie lotnicze**. Każdy z tych obszarów zawiera po jednej technologii. Pozostałe 8 obszarów technologicznych obejmują swoim zakresem od 3 do 6 technologii.

Biorąc pod uwagę przyporządkowanie obszarów technologicznych do krajowych inteligentnych specjalizacji, należy zauważyć, że jeden obszar, tj. **technologie informacyjne i komunikacyjne,** został przypisany do wszystkich KIS. Przy czym obszar ten w całości (każda z 11 technologii wchodzących w jego skład) został przypisany do trzech KIS z działu Innowacyjne technologie i procesy przemysłowe: **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty, **KIS 9**. Elektronika i Fotonika oraz do **KIS 10**. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne. Najmniejsza liczba technologii z tego obszaru została przypisana do KIS 5. Inteligentne i energooszczędne budownictwo (1 technologia). Przypisanie tego obszaru do wszystkich inteligentnych specjalizacji pozwala wnioskować, że jest on istotny z punktu widzenia potrzeb społeczno-gospodarczych w Polsce. Ponadto jest to obszar, który charakteryzuje się stosunkowo dużą liczbą zgłoszonych patentów w bazie PATSTAT (2 536), jak i publikacji indeksowanych w bazie WOS (8 756).

Drugie miejsce, pod względem liczby przyporządkowań do KIS, zajęły dwa obszary: **technologie pomiarowe** i **technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej**, które zostały przypisane do 12 specjalizacji**. Obszar technologii pomiarowych** został w całości (5 technologii) przypisany do dwóch KIS: **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty oraz do **KIS 9.** Elektronika i fotonika. Z kolei 4 technologie z tego obszaru zostały przyporządkowane do **KIS 11**. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych. Najmniej technologii (po 1) z obszaru technologii pomiarowych przypisano do czterech specjalizacji: KIS 3. Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska, KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku, KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne oraz do KIS 13. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy. Żadna z technologii tego obszaru nie znalazła zastosowania w KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady.

Obszar technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej został w całości (25 technologii) przypisany do **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty. Po 18 technologii z tego obszaru zostało przypisane do **KIS 2.** Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego oraz do **KIS 11**. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych**.** Najmniej technologii z obszaru

technologii wytwarzania produkcji przemysłowej zostało przypisanych do KIS 10. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne (1 technologia) i do KIS 13. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy (2 technologie). Żadna z technologii tego obszaru nie znalazła zastosowania w KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne.

Przypisanie technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej oraz technologii pomiarowych do 12 specjalizacji świadczy o ich dużym znaczeniu z punktu widzenia rozwoju społeczno-gospodarczego Polski. Odzwierciedleniem tego jest wysoki potencjał w zakresie publikacji i zgłoszeń patentowych w obu obszarach. Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej odnotowały jeden z największych wyników pod względem liczby zgłoszeń patentowych (3059), co przekłada się na wysoki udział (1,64%), jak i specjalizację patentów (1,63), oraz pod względem liczby publikacji (13039), których udział i współczynnik specjalizacji wynosiły odpowiednio: 1,86% i 1,22. Także technologie pomiarowe osiągnęły wysoką liczbę zgłoszeń patentowych (2 822), co przełożyło się na ich udział na poziomie 1,36% i specjalizację równą 1,35.

Na trzecim miejscu, z 11 przypisanymi specjalizacjami, znalazły się trzy obszary technologiczne: **technologie chemiczne**, **technologie energetyczne** oraz **technologie systemów kontroli i sterowania**. **Obszar technologii chemicznych** został w całości (12 technologii) przyporządkowany do **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty, zaś najmniej technologii z tego obszaru zostało przypisanych do KIS 5. Inteligentne energooszczędne budownictwo (1 technologia). Żadna z technologii składających się na ten obszar nie odnosi się do KIS 10. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne oraz KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne.

Obszar technologii chemicznych charakteryzował się znacznymi osiągnięciami w wymiarze patentowym i publikacyjnym, choć większa specjalizacja dotyczyła zgłoszeń patentowych. W obszarze tym odnotowano 3 467 zgłoszeń patentowych, których udział wyniósł 2,05% w ogólnej liczbie zgłoszeń w tym obszarze, a współczynnik specjalizacji – 2,04. W obszarze technologii chemicznych powstało również 21 810 publikacji, których udział wyniósł 1,40%, a specjalizacja – 0,92.

Obszar technologii energetycznych został w całości (5 technologii) przypisany do trzech krajowych inteligentnych specjalizacji: **KIS 4**. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii, **KIS 5.** Inteligentne i energooszczędne budownictwo oraz **KIS 8.** Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty. Najmniej technologii z tego obszaru (po jednej) zostało przyporządkowanych do trzech specjalizacji: KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego, KIS 3. Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska oraz do KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady. Żadna z technologii tego obszaru nie została przypisana do dwóch specjalizacji: KIS 1. Zdrowe społeczeństwo i KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne.

Obszar technologii systemów kontroli i sterowania został przypisany w całości (4 technologie) do trzech inteligentnych specjalizacji: **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty, **KIS 9**. Elektronika i fotonika i do **KIS 10.** Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne. Technologie z tego

Tabela 6.1. *Liczba przypisanych obszarów technologicznych i technologii do tytułów KIS*

NUMER I NAZWA KIS/OBSZAR TECHNOLOGICZNY	Inżynieria cywilna	Nanotechnologia	Technologie chemiczne	Technologie energetyczne	Technologie informacyjne i komunikacyjne	Technologie lotnicze	Technologie medyczne i farmaceutyczne	Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji	Technologie pomiarowe	Technologie rolno-spożywcze	Technologie systemów kontroli i sterowania	Technologie środowiskowe	Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej	Inne	**Suma obszarów technologicznych**	**Suma technologii**
Zdrowe społeczeństwo		1	5		6		6		3		1		7		**7**	**29**
KIS 1. Zdrowe społeczeństwo		1	5		6		6		3		1		7		**7**	**29**
Biogospodarka rolno-spożywcza, leśno-drzewna i środowiskowa	2	1	12	2	6		2	3	3	10	1	3	18	1	**13**	**64**
KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego	2	1	10	1	5		1	3	3	10	1	3	18	1	**13**	**59**
KIS 3. Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska		1	10	1	2		1		1	3		3	4		**9**	**26**
Zrównoważona energetyka	2	1	7	5	7	1	1	2	4	1	3	3	15	2	**14**	**54**
KIS 4. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii			3	5	6			1	3	1	2	2	3		**9**	**26**
KIS 5. Inteligentne i energooszczędne budownictwo	2		1	5	1			2	2		1	2	7		**9**	**23**
KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku	1	1	5	4	6	1	1	2	1		3	1	10	2	**13**	**38**

NUMER I NAZWA KIS/OBSZAR TECHNOLOGICZNY	Inżynieria cywilna	Nanotechnologia	Technologie chemiczne	Technologie energetyczne	Technologie informacyjne i komunikacyjne	Technologie lotnicze	Technologie medyczne i farmaceutyczne	Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji	Technologie pomiarowe	Technologie rolno-spożywcze	Technologie systemów kontroli i sterowania	Technologie środowiskowe	Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej	Inne	Suma obszarów technologicznych	Suma technologii
Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady		1	5	1	3			2			1	3	6		**8**	**22**
KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady		1	5	1	3			2			1	3	6		**8**	**22**
Innowacyjne technologie i procesy przemysłowe (w ujęciu horyzontalnym)	3	1	12	5	11	1	6	4	5	10	4	3	25	5	**14**	**95**
KIS 8. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty	3	1	12	5	11	1	6	4	5	10	4	3	25	5	**14**	**95**
KIS 9. Elektronika i fotonika	2	1	8	4	11	1	5	4	5	6	4	2	14	2	**14**	**69**
KIS 10. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne				2	11	1	2		3		4		1		**7**	**24**
KIS 11. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych		1	7	2	8		1	4	4	3	3		18		**10**	**51**
KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne					6		1		1						**3**	**8**
KIS 13. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy	3		2	3	4			3	1		3	1	2	2	**10**	**24**
Suma KIS, do których przyporządkowano technologie z określonego obszaru	**6**	**8**	**11**	**11**	**13**	**4**	**9**	**9**	**12**	**6**	**11**	**9**	**12**	**5**		
Suma unikalnych technologii przyporządkowanych do KIS w określonym obszarze	**3**	**1**	**12**	**5**	**11**	**1**	**6**	**4**	**5**	**10**	**4**	**3**	**25**	**5**		

Źródło: Opracowanie własne.

obszaru nie znalazły zastosowania w dwóch specjalizacjach: KIS 3. Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska i w KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne. Do czterech KIS zostało przyporządkowane po 1 technologii z tego obszaru.

Obszarem, który wykazuje najmniej połączeń z krajowymi inteligentnymi specjalizacjami, jest najwęższy **obszar technologii lotniczych** – jedną technologię wchodzącą w jego zakres przypisano do 4 krajowych inteligentnych specjalizacji: **KIS 6** Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku, **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty, **KIS 9**. Elektronika i fotonika oraz **KIS 10**. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne.

Obszary technologii energetycznych, systemów kontroli i sterowania oraz lotniczych osiągnęły zarówno niski udział, jak i niższą niż przeciętna specjalizację w zakresie zgłoszeń patentowych. Słabsze wyniki w tych obszarach uzyskiwane były przy względnie niskich wolumenach zgłoszonych patentów i opublikowanych prac naukowych

Pozostałe obszary technologiczne, tj. **inżynieria cywilna, nanotechnologia, technologie medyczne i farmaceutyczne, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji, technologie rolno-spożywcze** oraz **technologie środowiskowe,** otrzymały od 6 do 9 przyporządkowań do KIS.

Analizując krajowe inteligentne specjalizacje pod kątem przypisanych do nich obszarów technologicznych, należy, w pierwszej kolejności, zwrócić uwagę na dwie specjalizacje, do których przypisano wszystkie obszary technologiczne. Są to: **KIS 8. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukt**y oraz **KIS 9. Elektronika i fotonika**. Na drugim miejscu pod względem liczby przypisanych obszarów (13) znalazły się również dwie specjalizacje: **KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego** oraz **KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku**. Trzecie miejsce z liczbą 10 przypisanych obszarów technologicznych zajęły: **KIS 11. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych** oraz **KIS 13. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy**.

Do pozostałych 7 krajowych inteligentnych specjalizacji przyporządkowano od 3 do 9 obszarów technologicznych. Najmniej obszarów (3) przypisano do KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne.

Charakterystyka przyporządkowania na poziomie poszczególnych technologii

Krajowa inteligentna specjalizacja, do której przypisano najwięcej technologii to **KIS 8. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty** (por. tabela 6.1). Przyporządkowano do niej wszystkie technologie wybrane jako rozwijające się w ostatnich latach na świecie w ponadprzeciętny sposób. Wskazuje to na uniwersalność i duży potencjał tej specjalizacji.

Na drugim miejscu, pod względem liczby przypisanych technologii, znalazł się **KIS 9. Elektronika i Fotonika** z 69 przyporządkowanymi technologiami. Oba KISy należą do działu Innowacyjne technologie i procesy przemysłowe.

Na trzecim i czwartym miejscu uplasowały się KISy, do których przyporządkowano nieco ponad połowę wybranych technologii: **KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego** z liczbą 59 technologii oraz **KIS 11. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych** z liczbą 51 przypisanych technologii.

Kolejną grupę krajowych inteligentnych specjalizacji stanowi 8 KISów z liczbą od 22 do 38 przyporządkowanych technologii. Najmniej wskazań w tej grupie otrzymał **KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady** (22), a najwięcej **KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku** (38). W tej grupie znalazły się ponadto następujące krajowe inteligentne specjalizacje, między którymi różnice w liczbie przyporządkowanych technologii były niewielkie: **KIS 1. Zdrowe społeczeństwo** (29), **KIS 3. Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska** (26), **KIS 4. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii** (26), **KIS 10. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjn**e (24), **KIS 13. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy** (24) oraz **KIS 5. Inteligentne i energooszczędne budownictwo** (23)

Najmniej przyporządkowań spośród wszystkich specjalizacji odnotowano dla **KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne**, do którego przyporządkowano jedynie 8 spośród 95 wyłonionych technologii. Przyczyn tego należy upatrywać w charakterze tej specjalizacji, która związana jest z produkcją niematerialną, często cyfrową. W tym przypadku nie wykorzystuje się surowców ani fizycznych komponentów, które są domeną większości analizowanych technologii.

95 wybranych do analizy technologii przeanalizowano pod kątem liczby krajowych inteligentnych specjalizacji, do których zostały przyporządkowane. Spośród wszystkich wiodących technologii, które były przyporządkowywane do KIS, dwie technologie zostały przypisane aż do 11 KIS: **G05D_G05B Układy sterowania lub regulacji ogólnie; elementy funkcjonalne tych układów; monitorowanie lub testowanie tych układów lub elementów**: **Układy do sterowania lub regulacji zmiennych nieelektrycznych** oraz **G06N Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych**. Świadczy to o szerokim spektrum zastosowania tych technologii oraz o ich dużym potencjale.

Wniosek ten potwierdza analiza wskaźnika publikacji (WOS). Dla technologii G05D_G05B odnotowano 824 publikacje, co daje wysoki udział w ogólnej liczbie na poziomie 2,53% i plasuje ją na wysokim krajowym poziomie pod względem specjalizacji (1,72). Niższe wartości technologia osiągnęła w zakresie wskaźników zgłoszeń patentowych. W tym przypadku zgłoszono tylko 149 patentów, co przekłada się na udział w ogólnej ich liczbie na poziomie 0,54% dla G05B i 0,57% dla G05D oraz świadczy o umiarkowanej specjalizacji. Wysoki udział (1,86%) i specjalizacja publikacji (1,27) cechuje technologię G06N, choć wyniki te zostały osiągnięte przy relatywnie niewysokiej liczbie prac naukowych (636). Pod względem liczby zgłoszeń patentowych technologia G06N osiągnęła niższe wartości – wskaźnik ten wynosi 100, co daje w tym przypadku udział na poziomie 0,34% i taką samą wartość współczynnika specjalizacji (0,34).

Drugie miejsce zajęły dwie technologie, powiązane z 10 krajowymi specjalizacjami. Są to: **B25J Manipulatory; komory zaopatrzone w urządzenia do manipulowania** oraz **G06T Przetwarzanie lub generowanie danych obrazowych.** Technologia B25J zajmuje wysoką pozycję, jeśli chodzi o liczbę

publikacji – 1 434 prac naukowych przekłada się na udział na poziomie 1,24% w ogólnej liczbie publikacji. Z kolei liczba zgłoszeń patentowych w ramach tej technologii wynosi 187, co daje udział w ogólnej ich liczbie na poziomie 1,05% i świadczy o średniej specjalizacji na poziomie 1,06. Technologia G06T odznacza się stosunkowo wysoką specjalizacją regionalną na poziomie 1,54 z liczbą publikacji równą 337, co stanowi również stosunkowo duży udział w ogólnej liczbie publikacji (2,27%). Natomiast biorąc pod uwagę wskaźniki zgłoszeń patentowych, technologia ta z liczbą 305 patentów ma niski udział w ich ogólnej liczbie na poziomie 0,5%, co stanowi też o niskiej specjalizacji kraju (0,51).

Na trzecim miejscu pod względem przyporządkowań do KIS znalazło się pięć technologii przypisanych do 9 krajowych inteligentnych specjalizacji:

- **B01J Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu;**
- **B65G Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrzzakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe;**
- **G01D Pomiar nieprzystosowany specjalnie do szczególnej zmiennej; urządzenia do pomiaru dwóch lub kilku zmiennych nieobjęte żadną z pozostałych podklas; aparaty taryfowe liczące; urządzenia do przekazywania i przetwarzania nieprzystosowane specjalnie do szczególnej zmiennej; pomiary lub testowanie nieprzewidziane gdzie indziej;**
- **G06Q Systemy lub metody przetwarzania danych i specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania; systemy lub metody specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania, nieujęte gdzie indziej;**
- **G16Y Technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do internetu rzeczy [IoT].**

Z kolei najmniejszą liczbą przyporządkowań do krajowych inteligentnych specjalizacji (po 1) wyróżniły się dwie technologie: **A24F Przybory do palenia; pudełka do zapałek; urządzenia do symulowanego palenia** i **D06G Mechaniczne lub ciśnieniowe czyszczenie dywanów, koców, worków, skór lub innych skórzanych, lub włókienniczych wyrobów, lub tkanin; wywracanie na drugą stronę giętkich wyrobów o kształcie rurowym lub workowym**. Niewielka liczba połączeń tych technologii z KIS jest odzwierciedleniem słabych wyników w zakresie potencjału publikacyjnego i patentowego. Zarówno A24F jak i D06G mają bardzo niskie wartości wskaźników przygotowanych na podstawie danych z PATSTAT (odpowiednio: 15 i 0 patentów) oraz z WOS (76 i 2 publikacje).

Niewiele więcej powiązań z KIS (po 2) odnotowano dla kolejnych 5 technologii:

- **B44B Maszyny, urządzenia lub narzędzia do prac artystycznych, np. Do rzeźbienia, giloszowania, snycerstwa, wypalania lub inkrustacji;**
- **D03J Aparatura pomocnicza tkalni; narzędzia tkackie; czółenka tkackie;**
- **D06H Znakowanie, sprawdzanie, łączenie lub rozdzielanie materiałów włókienniczych;**
- **E01H Oczyszczanie ulic; oczyszczanie torów; oczyszczanie plaż; oczyszczanie terenu; rozpraszanie mgły ogólnie;**
- **F16M Ramy, obudowy lub płyty fundamentowe do silników, maszyn lub urządzeń, nieograniczone do silników, maszyn lub aparatury przewidzianej gdzie indziej; stojaki; podpory.**

Przyporządkowanie pozostałych technologii do krajowych inteligentnych specjalizacji wyglądało następująco: 6 technologii przypisano do 8 KIS, 11 technologii do 7 KIS, 14 technologii do 6 KIS, kolejnych 13 technologii do 5 KIS, 16 technologii otrzymało po 4 przyporządkowania do KIS i 19 technologii otrzymało po 3 przyporządkowania do KIS.

Podsumowanie

Obszary z największą liczbą przyporządkowań do KIS (w nawiasie liczba technologii w ramach danego obszaru i liczba przyporządkowań do KIS):

- technologie informacyjne i komunikacyjne (11; 13);
- technologie pomiarowe (5; 12);
- technologie wytwarzania produkcji przemysłowej (25; 12);
- technologie chemiczne (12; 11);
- technologie energetyczne (5; 11);
- technologie systemów kontroli i sterowania (4; 11).

Technologie z największą liczbą przyporządkowań do KIS (w nawiasie liczba przyporządkowań do KIS):

- **G05D_G05B** – Układy do sterowania lub regulacji zmiennych nieelektrycznych (11);
- **G06N** – Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych (11);
- **B25J** – Manipulatory; komory zaopatrzone w urządzenia do manipulowania (10);
- **G06T** – Przetwarzanie lub generowanie danych obrazowych (10);
- **B01J** – Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu (9);
- **B65G** – Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrzzakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe (9);
- **G01D** – Pomiar nieprzystosowany specjalnie do szczególnej zmiennej; urządzenia do pomiaru dwóch lub kilku zmiennych nieobjęte żadną z pozostałych podklas; aparaty taryfowe liczące; urządzenia do przekazywania i przetwarzania nieprzystosowane specjalnie do szczególnej zmiennej; pomiary lub testowanie nieprzewidziane gdzie indziej (9);
- **G06Q** – Systemy lub metody przetwarzania danych i specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania; systemy lub metody specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania, nieujęte gdzie indziej (9);
- **G16Y** – Technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do internetu rzeczy [IoT] (9);

Krajowe inteligentne specjalizacje z największą liczbą przypisanych obszarów technologicznych (w nawiasie liczba przyporządkowanych obszarów):

- **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty (14);
- **KIS 9**. Elektronika i Fotonika (14);
- **KIS 2**. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego (13);
- **KIS 6**.Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku (13);
- **KIS 11**. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych (10);

- **KIS 13**. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy (10).

Krajowe inteligentne specjalizacje z największą liczbą przypisanych technologii (w nawiasie liczba przyporządkowanych technologii):

- **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty (95);
- **KIS 9**. Elektronika i Fotonika (69);
- **KIS 2**. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego (59);
- **KIS 11**. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych (51).

7 Wnioski: ocena potencjału technologicznego nauki w Polsce

7.1 Obszary technologiczne a wielkość luki technologicznej

Na podstawie analizy 646 szczegółowych technologii wskazano 100 technologii, które w latach 2010–2019 rozwijały się w ponadprzeciętny sposób w skali światowej (15% najdynamiczniej rozwijających się technologii). Wybrane technologie zostały zgrupowane w 14 obszarów technologicznych:

- Nanotechnologia,
- Technologie chemiczne,
- Technologie energetyczne,
- Technologie informacyjne i komunikacyjne,
- Technologie inżynierii cywilnej,
- Technologie lotnicze,
- Technologie medyczne i farmaceutyczne,
- Technologie pakowania, magazynowania i manipulacji,
- Technologie pomiarowe,
- Technologie rolno-spożywcze,
- Technologie środowiskowe,
- Technologie systemów kontroli i sterowania,
- Technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej,
- Inne.

Pod względem portfolio technologicznego w 100 zidentyfikowanych najbardziej rozwojowych technologiach, Polska jest strukturalnie podobna zarówno w odniesieniu do światowego portfolio technologii, jak i do poszczególnych krajów i grup krajów uwzględnionych w porównaniu. Luka technologiczna dzieląca Polskę od technologicznych liderów ma przede wszystkim charakter ilościowy, a nie strukturalny. Jednocześnie, widoczne jest znaczne zróżnicowanie sytuacji pod względem zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych. Na tej podstawie można postawić hipotezę, że luka technologiczna dzieląca Polską od technologicznych liderów dotyczy przede wszystkim technologii znajdujących się bliżej rynku, mających potencjał komercyjny (ponieważ są warte opatentowania). Ta obserwacja wpisuje się w diagnozowany wielokrotnie w Polsce niezadowalający poziom rozwoju potencjału badawczo-rozwojowego w sektorze przedsiębiorstw oraz niezadowalającą intensywność transferu wiedzy i technologii ze sfery nauki do gospodarki.

Najważniejszymi punktami odniesienia dla oceny luki technologicznej dla Polski są Unia Europejska oraz USA. Dorobek Polski w wyróżnionych obszarach technologicznych jest ogólnie rzecz biorąc niższy niż USA oraz Unii Europejskiej. Stanowi około 60–70% średniej UE oraz 30–50% średniej USA – w zależności od obszaru technologicznego. Jednocześnie w niektórych obszarach technologicznych dorobek technologiczny Polski jest porównywalny lub nawet przewyższa potencjał UE lub USA (po zrelatywizowaniu liczbą ludności).

Całościowa ocena potencjału rozwoju wyróżnionych technologii w Polsce wymaga uwzględnienia zarówno liczby publikacji i patentów, jak również wskaźników udziału oraz specjalizacji. O znacznym potencjale technologicznym świadczyć może zwłaszcza stosunkowo wysoki udział patentów w ich globalnej liczbie (osiągnięty przy dużym wolumenie) oraz większa od przeciętnej specjalizacja

(wskaźnik powyżej 1), której towarzyszy dodatkowo duża aktywność publikacyjna. W latach 2010–2019 takimi osiągnięciami charakteryzowały się w Polsce następujące obszary:

1. Obszar technologii chemicznych (w którego przypadku wskaźniki patentowe wskazują na większy potencjał niż wskaźniki publikacyjne),
2. Obszar technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej,
3. Obszar technologii medycznych i farmaceutycznych,
4. Obszar technologii rolno-spożywczych.

Drugą kategorię stanowią obszary, które co prawda osiągnęły wysokie wartości wskaźników udziału i specjalizacji pod względem zgłoszeń patentowych, ale odbyło się to zwykle przy stosunkowo małej liczbie zgłoszonych patentów, a także zazwyczaj niewielkiej aktywności publikacyjnej. Do tej grupy należą wymienione niżej obszary technologiczne:

5. Obszar nanotechnologii,
6. Obszar technologii środowiskowych,
7. Obszar technologii pakowania, magazynowania i manipulacji,
8. Obszar technologii inżynierii cywilnej,
9. Obszar technologii pomiarowych.

Do trzeciej kategorii obszarów technologicznych należały, z kolei, te z nich, które osiągnęły zarówno niski udział, jak i niższą niż przeciętna specjalizację w zakresie zgłoszeń patentowych. Co więcej, z reguły, te słabsze wyniki uzyskiwane były przy względnie niskich wolumenach zgłoszonych patentów i opublikowanych prac naukowych. Wśród tych obszarów należy wymienić: (1) technologie lotnicze, (2) technologie energetyczne, (3) technologie systemów kontroli i sterowania oraz (4) technologie informacyjne i komunikacyjne (te ostatnie stanowią wyjątek, gdyż jako jedyne z tej grupy odnotowały znaczny wolumen zgłoszeń patentowych i publikacji naukowych).

Na podstawie przeprowadzonych analiz rekomenduje się, aby w ramach krajowej polityki technologicznej wspierana była działalność we wszystkich trzynastu wyróżnionych obszarach technologicznych i definiujących je technologiach (z pominięciem obszaru „inne”), które w ramach analizy zostały zidentyfikowane jako rozwijające się w ponadprzeciętny sposób w skali światowej. Przy czym należy wskazać, że mamy tu do czynienia z trzema modelowymi sytuacjami. W tej grupie znajdują się (1) obszary technologiczne i technologie, w których Polska ma dobrze rozwinięty potencjał technologiczny (technologie chemicze, technologie wytwarzania i produkcji, technologie medyczne i farmaceutyczne, technologie rolno-spożywcze); (2) obszary technologiczne i technologie, w których potencjał jest średnio rozwinięty (nanotechnologia, technologie środowiskowe, technologie pakowania, magazynowania i manipulacji, technologie pomiarowe); oraz (3) obszary technologiczne i technologie, w których ten potencjał jest relatywnie słabszy, ale ich wspieranie jest istotne, ponieważ są to obszary intensywnie rozwijające się w skali globalnej (technologie energetyczne, technologie informacyjne i komunikacyjne, technolgie lotnicze oraz technoogie systemów kontroli i sterowania). Celem wspierania obszarów technologicznych z bardziej rozwiniętym potencjałem jest dalsze ich wzmacnianie oraz wykorzystywanie szans rozwojowych, jakie daje ich potencjał. Z kolei celem wspierania obszarów technologicznych z mniej rozwiniętym potencjałem jest „nadrabianie zaległości”. Należy bowiem pamiętać, że wszystkie wyróżnione obszary technologiczne cechują się ponadprzeciętnym rozwojem w ostatnich latach w skali światowej. Ich znaczenie dla rozwoju technologicznego jest zatem fundamentalne. Polska powinna mieć w każdym z tych obszarów

potencjał rozwinięty przynajmniej w stopniu umożliwiającym sprawną absorbcję innowacji i technologii pochodzący z zewnątrz..

7.2 Wiodące jednostki naukowe i naukowcy w kontekście potencjału wyodrębnionych obszarów

Poszczególne obszary technologiczne cechowały się zróżnicowanymi zbiorczymi osiągnięciami jednostek naukowych w wymiarze potencjału publikacyjnego, kadrowego oraz działalności patentowej i projektowej.

W latach 2010–2019 według bazy WoS największą liczbą publikacji cechował się obszar technologii medycznych i farmaceutycznych (42 281), technologii chemicznych (21 810), technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej (13 039) oraz rolno-spożywczych (12 689). Wszystkie z tych obszarów zostały zaliczone do przedstawionej wyżej kategorii o znacznym potencjale technologicznym, czyli takich obszarów, które oprócz dużej aktywności publikacyjnej charakteryzowały się również stosunkowo wysokim udziałem patentów w ich globalnej liczbie, osiągniętym przy dużym wolumenie, oraz ich większą od przeciętnej specjalizacją.

Najwięcej stopni naukowych (doktoratów i habilitacji) nadano w obszarach technologii medyczno-farmaceutycznych (9 394), rolno–spożywczych (3 720), informacyjnych i komunikacyjnych (2 163), wytwarzania i produkcji przemysłowej (1 469) oraz chemicznych (1 034). W tej grupie znalazł się jeden obszar – technologie informacyjne i komunikacyjne, który przypisany został do trzeciej kategorii pod względem potencjału technologicznego, tj. obszarów z niskimi wartościami wskaźników udziału i specjalizacji zgłoszeń patentowych, ale – w odróżnieniu od zaliczonych do niej obszarów – osiągniętymi przy znacznym wolumenie zgłoszeń patentowych i umiarkowanej aktywności publikacyjnej. W 2019 roku największą liczbę naukowców z przynajmniej jedną publikacją w obszarze odnotowano w: technologiach medycznych i farmaceutycznych (15 956), technologiach rolno-spożywczych (7 381) oraz technologiach wytwarzania i produkcji przemysłowej (5 767).

W związku z ogólnie niewielkimi sukcesami Polski w zakresie uczestnictwa w programach Horyzont 2020, to właśnie te osiągnięcia mogą wskazywać na wyższy potencjał projektowy jednostek naukowych. Najwięcej uczestnictw w programie Horyzont 2020 zrealizowano w obszarze technologii: rolno-spożywczych (88 uczestnictw, w tym 6 koordynacji), medycznych i farmaceutycznych (74 uczestnictwa, w tym 7 koordynacji), informacyjnych i komunikacyjnych (56 uczestnictw, w tym 7 koordynacji) oraz wytwarzania i produkcji przemysłowej (45 uczestnictw, w tym 1 koordynacja).

Jednostki naukowe w 13 obszarach technologicznych wykazywały zróżnicowany potencjał do tworzenia i rozwoju technologii. Za instytucje o znacznym potencjale w danym obszarze uznano takie, które **we wskaźniku syntetycznym osiągnęły przynajmniej 50 na 100 możliwych do uzyskania punktów**. Przyjęto również, że jednostki posiadające minimum 90 punktów niewiele odbiegają od pozycji lidera. Przyjmując wskazane kryteria, liczba jednostek o znacznym potencjale do tworzenia i rozwoju technologii różniła się w zależności od obszaru.

- W **obszarze technologii środowiskowych** (zaliczanym do drugiej kategorii obszarów pod względem zdolności do tworzenia i rozwoju technologii), wszystkie **15 jednostek** odznaczało się znacznym potencjałem. Liderem okazała się Politechnika Śląska, natomiast cztery kolejne

instytucje wykazały niewiele mniejszy potencjał, uzyskując wartość wskaźnika syntetycznego powyżej 90. Należały do nich: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Politechnika Częstochowska oraz Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Większość z tych jednostek wyróżnia się potencjałem publikacyjnym, wiele może również poszczycić się aktywnością patentową, a połowa ma też wysoki potencjał kadrowy. Słabiej zaś instytucje te wypadły pod względem aktywności projektowej.

Zdecydowaną większość publikacji (94% według danych pozyskanych z WoS) i zgłoszeń patentowych (84%) w omawianym obszarze stworzono w ramach **technologii C02F** (Obróbka wody, ścieków przemysłowych, komunalnych lub osadów kanalizacyjnych). Najwięcej prac z zakresu tej technologii powstało na Politechnice Śląskiej (213 według danych pozyskanych z WoS). Publikacje te stanowiły 96% dorobku wspomnianej uczelni w obszarze technologii środowiskowych. Jeszcze większy udział prac dotyczących tej technologii (99%) odnotowała Politechnika Częstochowska, której badacze przygotowali 119 publikacji. Z kolei najwięcej zgłoszeń patentowych (22) w ramach technologii C02F odnotowano dla Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego – jednostki, która zajęła czternaste miejsce w rankingu instytucji. Drugi wynik pod tym względem uzyskał zaś Zachodniopomorski Uniwersytet technologiczny w Szczecinie (21 zgłoszeń patentowych dotyczących podklasy C02F). Aktywność projektowa jednostek w ramach programu Horyzont 2020, jak i pozostałych źródeł finansowania również koncentrowała się głównie w obrębie technologii C02F.

Co istotne, w technologiach środowiskowych Polska uzyskała wysokie wartości wskaźnika udziału i wskaźnika specjalizacji publikacji i zgłoszeń patentowych. Rezultat ten osiągnięto jednak przy raczej przeciętnej lub nawet niskiej liczbie publikacji i zgłoszeń patentowych.

- W obszarze **nanotechnologii** (druga kategoria obszarów pod względem zdolności do tworzenia i rozwoju technologii), znacznym potencjałem odznaczało się **11 jednostek naukowych**. Wśród nich, większość charakteryzuje się potencjałem publikacyjnym i kadrowym, natomiast nieliczne również – aktywnością patentową w ramach jedynej wyróżnionej w tym obszarze technologii B82Y (Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur). Połowa najlepszych jednostek mogła poszczycić się też udziałem w programie Horyzont 2020. W całym obszarze zrealizowano 14 projektów w ramach tego programu, w tym najwięcej – po 2 projekty – zrealizowała Politechnika Wrocławska i Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Na uwagę w tej grupie zasługuje również Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, który wyróżnił się największą aktywnością patentową (31 zgłoszeń) przy znaczących osiągnięciach publikacyjnych (288 prac według danych WoS). Najwięcej prac w zakresie technologii B82Y opublikował z kolei Uniwersytet Warszawski (372). W 2019 roku, autorzy prac z zakresu nanotechnologii, opublikowanych w latach 2013–2019, stanowili 1,7% wszystkich zatrudnionych w polskich jednostkach naukowych. Analizy przeprowadzone na wcześniejszym etapie badania pokazały, że **w obszarze nanotechnologii Polska posiadała wysoki udział oraz współczynnik specjalizacji zgłoszeń patentowych, osiągnięty jednak przy ich relatywnie niskim wolumenie.**
- W każdym z obszarów technologii: (1) **wytwarzania i produkcji przemysłowej,** (2) **chemicznych** oraz (3) **pomiarowych**, znacznym potencjałem cechowało się 8 jednostek.

- Wiodące instytucje w **technologiach wytwarzania i produkcji przemysłowej** (pierwsza kategoria obszarów pod względem zdolności do tworzenia i rozwoju technologii) charakteryzowały się osiągnięciami publikacyjnymi, a połowa z nich również potencjałem kadrowym i aktywnością patentową. W większości jednostki te uczestniczyły również w programie Horyzont 2020, a część z nich wykazywała się także w zakresie pozostałej aktywności projektowej w ramach funduszy unijnych, programów krajowych i międzynarodowych.

  Zgłoszenia patentowe skupiały się przede wszystkim na zagadnieniach dotyczących następujących technologii: C04B (Wapno palone; magnezyt kaustyczny; żużel; cement; ich mieszaniny, np. zaprawy, beton lub podobne materiały budowlane; sztuczny kamień; ceramika; materiały ogniotrwałe; obróbka kamienia naturalnego), B29C (Formowanie lub łączenie tworzyw sztucznych; formowanie materiału w stanie plastycznym, nieprzewidziane gdzie indziej; obróbka następcza wyrobów formowanych np. naprawa), B25J (Manipulatory; komory zaopatrzone w urządzenia do manipulowania) i B23K (Lutowanie lub rozlutowywanie; spawanie lub zgrzewanie; powlekanie powierzchni lub platerowanie przez lutowanie, spawanie lub zgrzewanie; cięcie przez nagrzewanie miejscowe, np. cięcie palnikiem; obróbka za pomocą strumienia laserowego), które stanowiły odpowiednio 28%, 20% i po 11% wszystkich zgłoszeń z obszaru. Z kolei w publikacjach widoczna jest koncentracja na tematyce związanej z technologią C04B. Prace dotyczące tej podklasy stanowiły 64% wszystkich publikacji przygotownaych w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej (według danych pochodzących z WoS). Kolejną podklasą o stosunkowo dużym udziale publikacji w omawianym obszarze była technologia B25J (17%).

  Liderem w zakresie technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej została Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, która osiągnęła największą w obszarze liczbę: zatrudnionych w 2019 roku osób z co najmniej jedną publikacją z obszaru (496), nadanych stopni naukowych (182), publikacji i cytowań w bazie WoS (1,2 tys. oraz 7,4 tys.), a także zgłoszeń patentowych (126). Jednostka ta posiadała najwięcej zgłoszeń patentowych i publikacji w technologii C04B (odpowiednio 77 i 882), które stanowiły 61% wszystkich zgłoszonych przez nią patentów i 73% wszystkich prac z obszaru technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej, przygotowanych w tej instytucji. Jednostkami, dla których odnotowano znaczne wolumeny zgłoszeń patentowych w pozostałych z wymienionych wyżej technologii, były: Politechnika Lubelska (podklasa B29C, 71 zgłoszonych patentów, stanowiących 60% wszystkich zgłoszeń patentowych tej instytucji w obszarze), Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP (podklasa B25J, 66 zgłoszonych patentów, stanowiących aż 80% wszystkich zgłoszeń tej jednostki w obszarze) oraz Instytut Spawalnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz (podklasa B23K, 31 zgłoszeń, które stanowiły 94% całego jego dorobku patentowego w wyznaczonych 13 obszarach technologicznych tej instytucji).

  Pod względem aktywności projektowej, wyróżniał się wspomniany wyżej Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który posiadał na swoim koncie osiem projektów Horyzont 2020. Przedsięwzięcia w ramach programu

Horyzont 2020 w obszarze technologii wytwarzania i produkacji przemysłowej skupiały się głównie na zagadnieniach związanych z takimi technologiami jak: B25J, B33Y (Wytwarzanie przyrostowe, tj. wytwarzanie obiektów trójwymiarowych [3D] poprzez depozycję przyrostową, aglomerowanie przyrostowe lub przyrostowe tworzenie warstw, np. poprzez drukowanie 3D, stereolitografię lub selektywne spiekanie laserem), C04B i D06H (Znakowanie, sprawdzanie, łączenie lub rozdzielanie materiałów włókienniczych). Natomiast w zakresie pozostałej działalności projektowej, oprócz wspomnianych wyżej technologii, zrealizowano kilka projektów wpisujących się w podklasy B23K i B27K (Sposoby, urządzenia lub dobór materiałów do impregnacji, bejcowania, barwienia, bielenia drewna lub podobnych materiałów lub obróbka drewna lub podobnych materiałów ze zdolnością przenikania cieczy, nieprzewidziane gdzie indziej; chemiczna lub mechaniczna obróbka korka, trzciny, sitowia, słomy lub podobnych materiałów).

- W obszarze **technologii chemicznych** (pierwsza kategoria obszarów)**,** wyraźna była koncentracja publikacji w technologii C09D (Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu). Prace z tej podklasy według danych z WoS stanowiły aż 85% wszystkich publikacji z obszaru technologii chemicznych. Zgłoszenia patentowe były bardziej rozproszone, a największe ich udziały we wszystkich zgłoszeniach z omawianego obszaru odnotowano dla podlas: B01J (Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu) – 32%, C08L (Mieszaniny związków wielkocząsteczkowych) – 27% i C08K (Zastosowanie substancji nieorganicznych lub substancji organicznych innych niż wielkocząsteczkowe jako składników mieszaniny) – 24%.

  Połowa najlepszych jednostek w obszarze technologii chemicznych cechowała się ponadprzeciętnym potencjałem kadrowym i/lub aktywnością projektową w programie Horyzont 2020, a jedynie po dwie mogły wykazać się większą aktywnością patentową lub potencjałem publikacyjnym. Najwyższy wynik osiągnęła Politechnika Wrocławska, natomiast nieco niższy – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (87). Ta ostatnia jednostka wyróżniała się znaczną liczbą zgłoszeń patentowych w obszarze (344), z których około połowa wpisała się w technologię B01J (175). Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny posiadał także znaczną liczbę zgłoszeń w technologiach: B01D (Oddzielanie) – 56, C08L – 55 oraz C08K – 52. Jednostką o dużej liczbie patentów w pojedynczych technologiach była także Politechnika Łódzka, dla której odnotowano 110 zgłoszeń w technologii C08L oraz 91 zgłoszeń w technologii C08K. Technologie te stanowiły odpowiednio 56% oraz 46% wszystkich zgłoszeń patentowych Politechniki Łódzkiej w omawianym obszarze, co świadczy o stosunkowo dużej specjalizacji tej jednostki w wymienionych podklasach[18]. Z kolei aktywność publikacyjna koncentrowała się w innych jednostkach

[18] Udziały zarówno publikacji, jak i patentów nie sumują się do 100%, gdyż ta sama publikacja/patent może być przypisana do więcej niż jednej technologii.

naukowych niż działalnosć patentowa, tj. na Uniwersytecie Jagiellońskim oraz Uniwersytecie Warszawskim, gdzie według danych z WoS przygotowano odpowiednio 1 452 i 1 149 publikacji z zakresu technologii C09D. Stanowiły one powyżej 90% wszystkich prac tych dwóch podmiotów w obszarze technologii chemicznych.

Obszar technologii chemicznych charakteryzował się stosunkowo dużą aktywnością projektową w ramach programu Horyzont, a także pozostałych funduszy unijnych oraz programów krajowych i międzynarodowych. Projety zrealizowano głównie w następujących technologiach: C05G (Mieszaniny nawozów należących do różnych podklas klasy C05; mieszaniny jednego lub kilku nawozów z dodatkami niemającymi zdolności użyźniających; nawozy znamienne postacią), D06B (Obróbka materiałów włókienniczych z zastosowaniem cieczy, gazów lub pary) i D06C (Wykańczanie, uszlachetnianie, rozciąganie na szerokość lub wyciąganie wyrobów włókienniczych). Obszar technologii chemicznych odznacza się tym samym znaczącym potencjałem, który w przypadku działalności publikacyjnej jest skoncentrowany w jednej technologii (C09D), natomiast w odniesienu do działalności patentowej i projektowej jest bardziej różnorodny pod względem tematycznym.

- W obszarze **technologii pomiarowych** (druga kategoria obszarów) publikacje koncentrowały się wyłącznie w technologii G01S (Radiowe określanie kierunku; radionawigacja; pomiar odległości lub prędkości z zastosowaniem fal radiowych; lokacja lub wykrywanie obecności z wykorzystaniem odbicia lub odpromieniowania fal radiowych; analogiczne układy z wykorzystaniem innych fal). Zgłoszenia patentowe były bardziej rozproszone, a największe ich udziały we wszystkich zgłoszeniach patentowych w obszarze odnotowano dla podlas: G01N (Badanie lub analiza materiałów przez określanie ich właściwości chemicznych lub fizycznych) – 71%, G01R (Pomiar zmiennych elektrycznych; pomiar zmiennych magnetycznych) – 18% i G01M (Testowanie statycznego lub dynamicznego wyważenia maszyn lub konstrukcji; testowanie konstrukcji lub aparatury nieprzewidzianych gdzie indziej) – 11%.

  Połowa z najlepszych jednostek miała ponadprzeciętny potencjał kadrowy i/lub publikacyjny oraz mogła pochwalić się udziałem w programie Horyzont 2020. Z kolei tylko trzy instytucje wykazały się ponadprzeciętną aktywnością patentową. Szczególnie wyróżniła się Politechnika Wrocławska, która zgłosiła aż 160 patentów. Spośród nich 74% wpisało się w technologię G01N. W tej samej technologii odnotowano znaczny wolumen zgłoszeń dla Politechniki Śląskiej i Politechniki Lubelskiej, które również stanowiły ponad 70% wszystkich zgłoszeń patentowych tych uczelni w obszarze.

  W 2019 roku w polskich jednostkach było zatrudnionych stosunkowo niewielu autorów prac z obszarutechnologii pomiarowych (0,66%). Przekłada się to na małą liczbę publikacji w tym obszarze. Niewielka była też aktywność naukowców specjalizujących się w technologiach pomiarowych w zakresie realizacji projektów z funduszy europejskich i programów krajowych. Projekty tego typu zdrealizowano jedynie w zakresie technologii G01S, w tym osiem z nich w ramach programu Horyzont 2020.

- **W każdym z trzech poniższych obszarów, znalazło się po 7 jednostek z ponadprzeciętnym potencjałem technologicznym.**
    - W **obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych** (pierwsza kategoria obszarów) większość z najlepszych jednostek mogła wykazać się wyższym od przeciętnego potencjałem kadrowym i publikacyjnym oraz realizacją projektów w programie Horyzont 2020. Natomiast instytucje te na tle pozostałych jednostek z obszaru nie wyróżniały się imponującymi osiągnięciami z zakresu patentowania. W zakresie aktywności publikacyjnej, zauważalna jest koncentracja jednostek wokół technologii A61B (Diagnostyka; chirurgia; identyfikacja) oraz traktowanych łącznie technologii A61K (Preparaty do celów farmaceutycznych, dentystycznych lub toaletowych) i A61P (Właściwości lecznicze związków chemicznych lub preparatów medycznych). Według danych WoS publikacje z tych podklas stanowiły odpowiednio 55% i 37% wszystkich prac z obszaru technologii medycznych i farmaceutycznych. W zakresie aktywności patentowej najwięcej zgłoszeń odnotowano również w technologiach A61K i A61P. Patenty w tych technologiach stanowiły odpowiednio 51% i 42% wszystkich patentów zgłoszonych w tym obszarze.

      Zdecydowanym zwycięzcą rankingu okazał się Uniwersytet Jagielloński, który według bazy WoS w latach 2010–2019 zgromadził największą liczbę publikacji (4 538), w tym 2 251 w technologii A61B i 2 020 publikacji w zakresie technologii A61K i A61P. Uczelnia ta dodatkowo odnotowała 65 zgłoszeń patentowych w technologii A61K i 57 zgłoszeń patentowych w ramach technologii A61P. Zgłoszenia w tych technologiach stanowił odpowiednio 72% i 63% patentów zgłoszonych przez tę instytucję w omawianym obszarze[19]. Uniwersytet uczestniczył ponadto w 8 projektach finansowanych w ramach programu Horyzont 2020, dotyczących w większości przypadków technologii: A61B, A61K i A61P.

      Dwie pozostałe jednostki z czołówki omawianego obszaru – Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu i Uniwersytet Medyczny w Łodzi – cechowały się nieco mniejszym potencjałem technologicznym (wskaźnik syntetyczny 74 i 66). Pierwsza z instytucji opublikowała 1 558 prac w technologii A61B (co stanowiło 57% wszystkich publikacji tej jednostki w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych) oraz 1 023 prace w technologiach A61K i A61P (31%). W te dwie ostatnie technologie wpisywała się również większość z 13 zgłoszeń patentowych dokonanych przez tę uczelnię. Z kolei Uniwersytet Medyczny w Łodzi opublikował 1 617 prac w technologii A61B (tj. 48% wszystkich publikacji jednostki w omawianym obszarze) i 985 prac w technologiach A61K_i A61P (29%). Ponadto zgłosił 60 patentów, z których większość dotyczyła dwóch ostatnich technologii.

      Dla całego obszaru charakterystyczna była bardzo duża aktywność w realizacji projektów w ramach programu Horyzont 2020, a także z pozostałych funduszy europejskich oraz programów krajowych i międzynarodowych. Aktywność projektowa była realizowana głównie wokół czterech technologii: A61B, A61K, A61P oraz G16H

[19] Udziały zarówno publikacji, jak i patentów nie sumują się do 100%, gdyż ta sama publikacja/patent może być przypisana do więcej niż jednej technologii.

(Informatyka w opiece zdrowotnej, tj. technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do obsługi lub przetwarzania danych medycznych lub z zakresu opieki zdrowotnej).

- **W obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych** (zaliczonym do trzeciej kategorii obszarów, ale z większymi osiągnięciami pod względem liczby zgłoszeń patentowych i publikacji niż przeciętne w tej grupie) zarówno zgłoszenia patentowe, jak i publikacje były rozproszone w stosunkowo szerokim portfolio technologii. Według danych pozyskanych z WoS największe udziały prac naukowych we wszystkich publikacjach z tego obszaru technologicznego odnotowano dla podklas: G06N (Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych) – 44%, G06K (Rozpoznawanie danych; przedstawianie danych; nośniki zapisu; obsługa nośników zapisu) – 20% oraz G06T (Przetwarzanie lub generowanie danych obrazowych, ogólnie) – 17%, a także H04L (Transmisja informacji cyfrowej, np. łączność telegraficzna) – 10%. Z kolei pod względem zgłoszeń patentowych największymi udziałami we wszystkich zgłoszeniach w omawianym obszarze cechowały się podklasy: G06F (Elektryczne przetwarzanie danych cyfrowych) – 52%, H04L – 20%, G06T – 19% oraz G06K – 14%[20].

  Większość z najlepszych jednostek miała potencjał kadrowy i publikacyjny, a także doświadczenie udziału w programie Horyzont 2020. Mniej z nich wykazywało się zaś znaczącą aktywności patentową. W obszarze tym można wyróżnić dwóch liderów: Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie oraz Politechnikę Warszawską. Na tej drugiej uczelni zatrudniano w 2019 roku najwięcej osób z przynajmniej jedną publikacją w omawianym obszarze (450). W obu jednostkach odnotowano znaczną liczbę zgłoszeń patentowych w technologii G06F (odpowiednio 23 oraz 24), jednak specjalizowała się w niej przede wszystkim Politechnika Warszawska, której zgłoszenia patentowe w tej technologii stanowiły trzy czwarte całego jej portfolio technologicznego w obszarze. Instytucją o największej liczbie zgłoszeń patentowych (25) dokonanych w ramach jednej technologii (G06F) w tym obszarze była zaś Politechnka Gdańska. Z kolei Instytut Chemii Bioorganicznej PAN brał udział w aż 7 projektach Horyzont 2020 z zakresu technologii informacyjnych i komunikacyjnych.

  W całym obszarze dostrzegalna była stosunkowo duża aktywność w realizacji projektów zarówno z programu Horyzont 2020, jak i pozostałych funduszy europejskich, programów krajowych i międzynarodowych. Projekty w ramach Horyzontu 2020 i pozostałych funduszy zrealizowano głównie w podklasie G06N, ale aktywność w tym zakresie odnotowano również w tematyce z zakresu technologii: G16B (Bioinformatyka, tzn. technologie informacyjno-komunikacyjne [ICT] specjalnie przystosowane do przetwarzania danych genetycznych lub dotyczących białek w komputacyjnej biologii molekularnej), G16Y (Technologie informacyjno-komunikacyjne specjalnie przystosowane do internetu rzeczy [IoT]), H04L, G06K, G06Q (Systemy lub metody przetwarzania danych i specjalnie przystosowane do celów

[20] Udziały zarówno publikacji, jak i patentów nie sumują się do 100%, gdyż ta sama publikacja/patent może być przypisana do więcej niż jednej technologii.

administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania; systemy lub metody specjalnie przystosowane do celów administracyjnych, handlowych, finansowych, dotyczących zarządzania, kontroli lub prognozowania, nie ujęte gdzie indziej) i G06T.

- **W obszarze technologii systemów kontroli i sterowania** (trzecia kategoria obszarów) publikacje skupiały się wokół tematyki traktowanych łącznie podklas G05D (Układy do sterowania lub regulacji zmiennych nieelektrycznych) i G05B (Układy sterowania lub regulacji ogólnie; elementy funkcjonalne tych układów; monitorowanie lub testowanie tych układów lub elementów), stanowiąc według danych z WoS 93% wszystkich prac z tego obszaru. Choć zakres tematyczny zgłoszeń patentowych był bardziej zróżnicowany, to najwięcej z nich wpisywało się w wymienione wyżej technologie (odpowiednio 32% i 28%). Do technologii z przypisaną większą liczbą zgłoszonych patentów zaliczają się również podklasy: G08B (Układy sygnalizacyjne lub wywoławcze; telegrafy dyspozycyjne; układy alarmowe) – 24% zgłoszeń w omawianym obszarze, i G08G (Układy sterowania ruchem drogowym) – 19% zgłoszeń[21].

  Większość najlepszych jednostek naukowych miała duży potencjał kadrowy, a ponad połowa wyróżniała się ponadprzeciętną aktywnością publikacyjną i udziałem w projektach Horyzont 2020. Najmniej instytucji mogło poszczycić się znaczącymi wynikami w działalności patentowej. W omawianym obszarze można wskazać dwóch liderów: Politechnikę Warszawską oraz Akademię Górniczo-Hutniczą, która osiągnęła niewiele niższy wynik we wskaźniku syntetycznym (92). Jednostką o największej liczbie publikacji z zakresu traktowanych łącznie technologii G05D i G05B była zaś Politechnika Śląska (414 prac według danych pozyskanych z WoS). Dwa kolejne wyniki należały do wymienionych wyżej liderów. Prawie cały dorobek publikacyjny wspomnianych jednostek w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania dotyczył tych dwóch technologii. Podobnie, zarówno projekty finansowane w ramach programu Horyzont 2020, jak i z pozostałych źródeł, realizowano przeważnie w zakresie traktowanych łącznie technologii G05D i G05B.

- W każdym z obszarów technologii: **inżynierii cywilnej**, **lotniczych i energetycznych**, tylko pięć jednostek odznaczało się znacznym potencjałem.
  - W obszarze **inżynierii cywilnej** (druga kategoria obszarów) najlepsze instytucje odznaczały się głównie potencjałem publikacyjnym. Większość z tych publikacji (jak i patentów) dotyczyła technologii F24F (Klimatyzacja; nawilżanie powietrza; wentylacja; zastosowanie prądów powietrznych jako ekranów), a ponad jedna trzecia – technologii E04H (Budowle lub podobne konstrukcje o specjalnym przeznaczeniu; baseny pływackie, brodziki lub sadzawki; maszty; ogrodzenia; namioty lub daszki prowizoryczne, ogólnie). Tylko trzy z wiodących instytucji miały znaczący potencjał kadrowy, a jedna (Politechnika Lubelska) wykazała się wyróżniającą aktywnością patentową, specjalizując się szczególnie również w technologii F24F. Z kolei

[21] Udziały zarówno publikacji, jak i patentów nie sumują się do 100%, gdyż ta sama publikacja/patent może być przypisana do więcej niż jednej technologii.

Politechnika Wrocławska, lider w obszarze, mogła poszczycić się ponadprzeciętnymi osiągnięciami w odtwarzaniu kadry akademickiej – w jej murach nadano prawie jedną czwartą stopni naukowych w tym obszarze technologicznym. W tej jednostce przygotowano najwięcej publikacji wśród wszystkich wiodących instytucji w technologii F24F oraz jedynie 4 prace w technologii E04H. Aktywność patentowa Politechniki Wrocławskiej w wymienionych technologiach pozostawała niewielka. Doświadczenia w udziale w projektach realizowanych w programie Horyzont 2020 należały w inżynierii cywilnej do rzadkości – nie wykazała się nimi żadna z instytucji zakwalifikowanych do pierwszej piątki w rankingu. Ogólnie w całym obszarze niewielka była również aktywność w zakresie pozostałej działalności projektowej finansowanej w ramach funduszy europejskich, programów krajowych i międzynarodowych. Zarówno projekty w ramach programu Horyzont 2020, jak i pozostałe wpisywały się w technologię F24F. Dorobek publikacyjny i patentowy ogółem też był w tym obszarze niewielki, a odsetek naukowców, którzy mogli wykazać się co najmniej jedną publikacją z zakresu inżynierii cywilnej wynosił zaledwie 0,33%. Wskazuje to na raczej mały potencjał do tworzenia i rozwoju technologii.

- W obszarze **technologii lotniczych** (trzecia kategoria obszarów)zgłoszenia patentowe koncentrowały się wyraźnie w technologii B64C (Samoloty; śmigłowce), stanowiąc 71% wszystkich zgłoszeń z tego obszaru technologicznego. W przypadku dwóch pozostałych technologii – B64D (Instalacje i wyposażenie pokładowe statków powietrznych; ubiory lotnicze; spadochrony; układy lub zabudowa urządzeń napędowych lub układów przeniesienia napędu w statkach powietrznych) i B64F (Urządzenia na ziemi lub na lotniskowcach dla statków powietrznych specjalnie przystosowane do użycia w połączeniu ze statkiem powietrznym; projektowanie, wytwarzanie, montowanie, czyszczenie, konserwacja lub naprawa statków powietrznych, nieprzewidziane gdzie indziej; manipulowanie, transportowanie, testowanie lub kontrola elementów statków powietrznych, nieprzewidziane gdzie indziej), udziały te kształtowały się na poziomie 25% oraz 14%. Pdobnie jak w omówionej wyżej inżynierii cywilnej, najlepsze jednostki wyróżniały się przede wszystkim potencjałem publikacyjnym. Trzy z nich miały też ponadprzeciętny potencjał kadrowy, wykazały się znaczącą aktywnością patentową lub uczestniczyły w projekcie w ramach programu Horyzont 2020. Zdecydowanym liderem rankingu w tym obszarze pozostawał Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz, który uczestniczył w aż siedmiu projektach Horyzont 2020, a dodatkowe dwa koordynował. To dla tej jednostki odnotowano najwięcej zgłoszeń patentowych (17) w indywidualnej technologii (B64C), podobnie jak i dla Politechniki Lubelskiej. W przypadku Instytutu Lotnictwa wspomniane zgłoszenia stanowiły ponad połowę jego całego dorobku patentowego w 13 obszarach. Co więcej, dwie spośród pięciu najlepszych jednostek w obszarze – wymieniony wyżej Instytut Lotnictwa z Sieci Badawczej Łukasiewicz oraz Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych – cechowały się znacznymi udziałami publikacji z zakresu traktowanych łącznie technologii B64C, B64D i_B64F w całym ich dorobku publikacyjnym w 13 obszarach (powyżej 70% według danych z WoS).

- W obszarze **technologii energetycznych** (trzecia kategoria obszarów) aktywność publikacyjna jednostek skupiona była głównie wokół technologii H01M (Sposoby lub

środki, np. baterie, do bezpośredniego przetwarzania energii chemicznej w energię elektryczną). Według danych pozyskanych z WoS publikacje dotyczące tej technologii stanowiły 68% wszystkich prac powstałych w omawianym obszarze. Natomiast aktywność patentowa rozłożyła się głównie w ramach dwóch technologii: wspomnianej wyżej technologii H01M – 52% zgłoszeń patentowych w obszarze, i technologii H02J (Obwody lub systemy zasilania lub rozdziału mocy elektrycznej; systemy do magazynowania energii elektrycznej) – 42%.

Wszystkie pięć najlepszych instytucji w obszarze brało udział w projektach realizowanych w ramach programu Horyzont 2020. Większość mogła też wykazać się potencjałem publikacyjnym, a trzy dodatkowo ponadprzeciętnymi wynikami w zakresie potencjału kadrowego lub aktywności patentowej. Szczególnie dużym wolumenem zgłoszeń patentowych, któremu towarzyszyła znaczna liczba publikacji naukowych, odznaczała się Politechnika Warszawska. Uczelnia ta zgłosiła 24 patenty i opublikowała 496 prac (według danych z WoS) zaliczonych do technologii H01M. Tym samym prawie trzy na cztery patenty i publikacje, które powstały na Politechnice Warszawskiej w ramach omawianego obszaru, wpisywały się w wymienioną wyżej technologię. Uczelnia ta dodatkowo uczestniczyła w 5 projektach Horyzont 2020. Spośród najlepszych instytucji w obszarze technologii energetycznych zgłoszenia patentowe zaklasyfikowane tylko do technologii H01M odnotowano w przypadku dwóch instytucji: Politechniki Poznańskiej i Uniwersytetu Warszawskiego. Uniwersytet Warszawski miały również najwyższy udział publikacji w tej technologii w liczbie wszystkich prac, jakie powstały na tej uczelni w omawianym obszarze (88% na podstawie danych WoS).

Jednostki naukowe aktywne w obszarze technologii energetycznych cechowały się też stosunkowo dużym zaangażowaniem w realizację projektów finansowanych w ramach analizowanych w badaniu funduszy europejskich, programów krajowych i międzynarodowych. Projekty realizowano głównie w obrębie technologii: H01M, H02S (Wytwarzanie energii elektrycznej poprzez przetwarzanie promieniowania podczerwonego, promieniowania widzialnego lub światła ultrafioletowego, np. z zastosowaniem modułów fotowoltaicznych) i H02J.

- W dwóch obszarach, tj. **technologie rolno-spożywcze** oraz **technologie pakowania, magazynowania i manipulacji,** tylko po trzy instytucje uzyskały wynik wskazujący na ponadprzeciętny potencjał technologiczny.
    - Aktywność publikacyjna jednostek w **obszarze technologii rolno-spożywczych** (pierwsza kategoria obszarów) skoncentrowana była głównie na tematyce dotyczącej technologiach A23L (Żywność, środki spożywcze lub napoje bezalkoholowe nieobjęte przez podklasy A21D lub A23B-A23J; przygotowywanie ich lub obróbka, np. gotowanie, modyfikowanie właściwości odżywczych, obróbka metodami fizycznymi; konserwowanie żywności lub środków spożywczych, ogólnie) i A23P (Formowanie lub obróbka środków spożywczych nieobjęte w całości przez inną podklasę). Udział prac z tych dwóch podklas we wszystkich publikacjach z omawianego obszaru wynosił 61% (na podstawie danych z WoS za lata 2010–2019). Jedna czwarta publikacji w obszarze powstała w ramach technologii A01K (Zootechnika; hodowla ptactwa; pszczelarstwo; hodowla ryb; rybołówstwo; hodowla lub rozmnażanie zwierząt nieprzewidziane gdzie

indziej; nowe rasy zwierząt), a co dziesiątą pracę opublikowano w zakresie technologii A01G (Ogrodnictwo; uprawa warzyw, kwiatów, ryżu, owoców, winorośli, chmielu lub wodorostów morskich; leśnictwo; nawadnianie). Aktywność patentowa w omawianym obszarze była bardziej rozproszona. 39% zgłoszonych patentów reprezentowało technologię A23L, 16% obejmowało technologię A01C (Sadzenie; siew; nawożenie), 13% – technologię A01G, 11% – technologię A01K, a 10% – technologię A23K (Pasze specjalnie przystosowane dla zwierząt; metody specjalnie przystosowane do ich produkcji).

Liderem rankingu w obszarze technologii rolno-spożywczych była Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Dwie kolejne jednostki – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu oraz Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie posiadały zdecydowanie mniejszy potencjał (ich wskaźnik syntetyczny wyniósł odpowiednio 79 i 76). Ponadto dwie z wymienionych uczelni miały znaczące osiągnięcia patentowe (SGGW i Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu). SGGW co trzecie zgłoszenie w obszarze przygotowała w ramach podklasy A23L, a co czwarte – w zakresie technologii A23K. Z kolei w przypadku Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu połowa zgłoszonych patentów dotyczyła technologii A23L, a prawie co piąte zgłoszenie – podklasy A23K. Najwięcej zgłoszeń w ramach technologii A23L (tj. 53) dokonał Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, który znalazł się dopiero na 10. miejscu w rankingu najlepszych jednostek w obszarze technologii rolno-spożywczych. Instytut ten osiągnął też największą specjalizację w wymienionej technologii.

Co istotne, w całym obszarze rolno-spożywczym zidentyfikowano czwarty co do wielkości dorobek publikacyjny (według danych z bazy WoS) i zatrudniano drugą co do wielkości liczbę osób z przynajmniej jedną publikacją w obszarze. W SGGW, w 2019 roku, zatrudniano aż 512 naukowców z co najmniej jedną publikacją w technologiach rolno-spożywczych. Uczelnia ta opublikowała też najwięcej prac (698) w ramach technologii A32L i A23P. Kolejną lokatę pod tym względem zajął Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu z liczbą 489 publikacji. Prace obu uczelni w wymienionych technologiach stanowiły ponad połowę publikacji przygotowanych przez te jednostki w omawianym obszarze.

Przedstawiciele omawianego obszaru zajęli pierwsze miejsce pod względem liczby zrealizowanych projektów w ramach programu Horyzont 2020, a także odznaczali się aktywnością w ramach pozostałej działalności projektowej finansowanej z funduszy europejskich, programów krajowych i międzynarodowych. SGGW uczestniczyła aż w 11 projektach Horyzont 2020. Natomiast Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu wypadał słabiej na tle pozostałych dwóch wiodących jednostek pod względem aktywności projektowej. Działalność projektowa jednostek skupiona była wokół tych samych technologii co aktywność publikacyjna. Najwięcej projektów realizowanych było w ramach technologii: A23L i A23P, a nieco mniej dotyczyło technologii A01K oraz A01G.

Przedstawione wyniki analiz wskazują na dużą zdolność do tworzenia i rozwoju technologii w obszarze technologii rolno-spożywczych, ale skoncentrowaną w niewielu jednostkach.

- W obszarze technologii **pakowania, magazynowania i manipulacji** (druga kategoria obszarów) najlepsza trójka instytucji, które znalazły się w czołówce rankingu, cechowała się przede wszystkim znaczącą aktywnością patentową, która, podobnie jak publikacyjna, skupiła się wokół technologii B65G (Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrzzakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe). Patenty i publikacje z zakresu tej technologii stanowiły odpowiednio trzy czwarte wszystkich patentów i ponad połowę wszystkich publikacji w tym obszarze. Druga w kolejności technologia pod względem liczebności prac naukowych to B65B (Maszyny, przyrządy, urządzenia lub sposoby pakowania przedmiotów lub materiałów; rozpakowywanie przedmiotów; 28%). Poza zdecydowanym liderem rankingu – Politechniką Wrocławską – pozostałe uczelnie plasowały się mniej więcej w połowie zestawienia dotyczącego potencjału publikacyjnego. Politechnika Wrocławska wyróżniała się znaczącą specjalizacją w technologii B65G. Prawie wszystkie zgłoszenia patentowe (30 z 32) oraz publikacje (79 z 87 według danych z WoS) przygotowane w ramach omawianego obszaru w tej jednostce dotyczyły wspomnianej technologii. Z kolei wyższy potencjał kadrowy wyróżniał, oprócz Politechniki Wrocławskiej, również AGH w Krakowie. W murach Politechniki Wrocławskiej nadano prawie jedną czwartą stopni naukowych w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji. Natomiast w całym obszarze zidentyfikowano tylko cztery projekty realizowane w ramach PO IR, w tym dwa z nich zostały wykonane w ramach technologii B65G. Żadna z jednostek nie uczestniczyła w programie Horyzont 2020. **Obszar technologii pakowania, magazynowania i manipulacji w Polsce, co prawda, wyróżniał się wysokim udziałem oraz współczynnikiem specjalizacji zgłoszeń patentowych, osiągniętym jednak przy relatywnie niskiej ich liczbie.** Zaledwie 0,25% naukowców przygotowało co najmniej jedną publikację o tej tematyce, co przełożyło się też na bardzo niski wolumen tych prac indeksowanych w bazie WoS.

Najlepsi naukowcy pracowali zarówno w wiodących jednostkach wskazanych w poszczególnych obszarach, jak i poza nimi. **Najwięcej naukowców zatrudnionych w instytucjach spoza rankingu wiodących jednostek** zidentyfikowano w obszarach **technologii: chemicznych** (pierwsza kategoria obszarów pod względem zdolności do tworzenia i rozwoju technologii)**, rolno-spożywczych** (pierwsza kategoria obszarów) **i informacyjno-komunikacyjnych** (trzecia kategoria obszarów)**; w każdym z nich sytuacja ta dotyczyła to 7 badaczy.**

W technologiach **chemicznych**, **energetycznych** (trzecia kategoria obszarów) oraz **systemów kontroli i sterowania** (trzecia kategoria obszarów) wszyscy wiodący naukowcy osiągnęli wyniki **około lub powyżej 50 na 100 możliwych punktów we wskaźniku syntetycznym.** W tych trzech obszarach oraz w **obszarze technologii informacyjno-komunikacyjnych** naukowcy z dwóch pierwszych miejsc otrzymali bardzo podobne, wysokie wyniki we wskaźniku syntetycznym (tj. wartość wskaźnika w ich przypadku **wyniosła powyżej 90**).

7.3 Odniesienie Krajowej Inteligentnej Specjalizacji do całościowych wyników badania

Do każdej z inteligentnych specjalizacji przypisano określoną liczbę technologii, które na świecie cechuje ponadprzeciętna dynamika/skala rozwoju. W wytypowanych 13 obszarach technologicznych, grupujących wyłonione technologie, zidentyfikowano jednostki naukowe i wskazano ich osiągnięcia w wymiarze potencjału publikacyjnego, kadrowego oraz działalności patentowej i projektowej. Ponieważ rozmieszczenie technologii w poszczególnych KIS jest zróżnicowane, zarówno pod względem ilościowym (liczba przyporządkowanych technologii), jak również jakościowym (różny poziom potencjału obszarów technologicznych w Polsce) , oraz pod kątem potencjału jednostek naukowych w Polsce w poszczególnych obszarach dokonano podziału krajowych inteligentnych specjalizacji na trzy grupy.

W pierwszej grupie znalazły się KIS, do których przypisano najwięcej technologii z obszarów o największym potencjale, czyli takich, które: 1) mają dużą liczbę zgłoszeń patentowych i publikacji, 2) charakteryzują się dużymi udziałami zgłoszeń patentowych i publikacji w globalnej liczbie zgłoszeń i publikacji w określonym obszarze oraz 3) cechują się istotną specjalizacją, która pokazuje znaczenie określonego obszaru na tle wszystkich wytypowanych obszarów technologicznych w Polsce (por. podrozdział 7.1). Są to również KIS, które mają kluczowe znaczenie dla rozwoju gospodarczego i społecznego, podkreślane w krajowych dokumentach strategicznych, takich jak projektowana *Strategia Produktywności* czy *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju*. Do tej grupy zaliczyliśmy również specjalizację mającą szczególne znaczenie w okresie pandemii COVID-19. **Wskazane niżej krajowe inteligentne specjalizacje rekomendujemy do KIS pierwszej prędkości.**

KIS pierwszej prędkości to tym samym krajowe inteligentne specjalizacje, do których przyporządkowano obszary technologiczne o wysokim potencjale kadrowym i publikacyjnym oraz cechujące się znaczną aktywnością patentową i projektową. Działania nakierowane na specjalizacje pierwszej prędkości powinny dotyczyć przede wszystkim likwidacji występujących barier rozwojowych (legislacyjnych, organizacyjnych, instytucjonalnych) oraz zapewnienia odpowiedniego finansowania. Zgodnie z selektywnym podejściem, wsparcie specjalizacji zaliczonych do pierwszej prędkości, może polegać między innymi na stosowaniu preferencji punktowych i finansowych w programach krajowych i finansowanych z funduszy europejskich, co umożliwi koncentrację wsparcia na wskazanych obszarach i technologiach.

Krajowe inteligentne specjalizacje pierwszej prędkości:

- **KIS 8. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty**

  Jest to jedyna specjalizacja, do której zostały przyporządkowane wszystkie wiodące technologie (**95**), w tym całe obszary technologiczne o największym potencjale w Polsce: **technologie chemiczne** (12), **technologie rolno-spożywcze** (10) i **technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej** (25). O dużym potencjale tej specjalizacji świadczy przypisanie do niej w całości wszystkich kluczowych obszarów technologicznych, które uzyskały najwyższe wartości w poszczególnych wskaźnikach (tj. liczby publikacji i zgłoszeń patentowych, ich udziału oraz współczynnika specjalizacji): **technologie medyczne i farmaceutyczne** (największa liczba publikacji i zgłoszeń patentowych), **nanotechnologia** (najwyższy udział i specjalizacja

zgłoszeń patentowych), **technologie pakowania, magazynowania i manipulacji** (najwyższy udział i specjalizacja publikacji). Do KIS 8 przyporządkowano następujące technologie cechujące się największymi udziałami publikacji i/lub zgłoszeń patentowych w wymienionych wyżej obszarach:

- w obszarze **technologii chemicznych** w zakresie potencjału publikacyjnego – podklasę **C09D** (Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu);
- w obszarze **technologii rolno-spożywczych** w ramach aktywności publikacyjnej i patentowej – technologię **A23L** (Żywność, środki spożywcze lub napoje bezalkoholowe nieobjęte przez podklasy A21D lub A23B-A23J; przygotowywanie ich lub obróbka, np. gotowanie, modyfikowanie właściwości odżywczych, obróbka metodami fizycznymi; konserwowanie żywności lub środków spożywczych, ogólnie), a w zakresie aktywności publikacyjnej – podklasę **A23P** (Formowanie lub obróbka środków spożywczych nieobjęte w całości przez inną podklasę);
- w obszarze **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej** – technologię **C04B** (Wapno palone; magnezyt kaustyczny; żużel; cement; ich mieszaniny, np. zaprawy, beton lub podobne materiały budowlane; sztuczny kamień; ceramika; materiały ogniotrwałe; obróbka kamienia naturalnego) w zakresie aktywności publikacyjnej i patentowej;
- w obszarze **technologii medycznych i farmaceutycznych** w ramach aktywności publikacyjnej – podklasę **A61B** (Diagnostyka; chirurgia; identyfikacja)**,** natomiast w zakresie aktywności publikacyjnej i patentowej – technologie **A61K** (Preparaty do celów farmaceutycznych, dentystycznych lub toaletowych) i **A61P** (Właściwości lecznicze związków chemicznych lub preparatów medycznych);
- w obszarze **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji** – podklasę **B65G** (Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrz-zakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe), zarówno w zakresie aktywności publikacyjnej, jak i patentowej.

W przypisanych obszarach znalazły się najlepsze jednostki naukowe wyróżniające się wysoką pozycją w rankingu według wskaźnika syntetycznego. W **technologiach chemicznych** zidentyfikowano 8 jednostek o ponadprzeciętnym potencjale, wśród których największymi osiągnięciami publikacyjnymi w technologii **C09D** mogły pochwalić się Uniwersytet Jagielloński i Uniwersytet Warszawski. W obszarze **technologii rolno-spożywczych**, znacznym potencjałem odznaczały się trzy instytucje. Największy dorobek publikacyjny dotyczący technologii A23L i A23P zgromadziła Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. Z kolei największą liczbą zgłoszeń patentowych zaklasyfikowanych do podklasy A23L mógł poszczycić się Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, który uplasował się dopiero na 10 miejscu w rankingu najlepszych instytucji w obszarze technologii rolno-spożywczych. Druga lokata pod względem osiągnięć publikacyjnych i patentowych w omawianych technologiach przypadła Uniwersytetowi Przyrodniczemu w Poznaniu, który zajął też drugie miejsce w zestawieniu najlepszych jednostek naukowych w obszarze według wskaźnika syntetycznego. W obszarze **technologii**

wytwarzania i produkcji przemysłowej, 8 jednostek charakteryzowało się ponadprzeciętnym potencjałem. W podklasie **C04B,** zarówno pod względem liczby publikacji, jak i zgłoszeń patentowych, najlepiej wypadła Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Z kolei w obszarze **technologii medycznych i farmaceutycznych,** 7 instytucji odznaczało się ponadprzeciętnymi wynikami. Wśród nich, największymi osiągnięciami pod względem liczby publikacji w istotnych technologiach w obszarze cechowały się: Warszawski Uniwersytet Medyczny (w podklasie **A61B**) i Uniwersytet Jagielloński (w podklasach **A61K i A61P**), natomiast pod względem działalności patentowej – Politechnika Lubelska (w podklasach **A61K i A61P**). Ta ostatnia zajęła dopiero 12 miejsce w rankingu najlepszych jednostek w obszarze. W obrębie **nanotechnologii,** w ramach której znalała się tylko jedna technologia **B82Y** (Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur), zidentyfikowano aż 11 instytucji o znacznym potencjale. Największą liczbą publikacji w ramach tej technologii wyróżnił się Uniwersytet Warszawski, a największym wolumenem zgłoszeń patentowych – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Z kolei w obszarze **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji** jedynie trzy jednostki cechowały się ponadprzeciętnymi wynikami. W podklasie **B65G** pod względem osiągnięć publikacyjnych i patentowych najlepiej wypadła Politechnika Wrocławska.

Przyporządkowanie wskazanych wyżej wiodących technologii do KIS 8 świadczy o dużej sile powiązań tej specjalizacji z wytypowanymi obszarami technologicznymi. **Na tej podstawie należy wnioskować o ponadprzeciętnym potencjale tej specjalizacji i potrzebie włączenia jej w obszar zainteresowania krajowej polityki technologicznej, innowacyjnej, przemysłowej i naukowej.**

- **KIS 9. Elektronika i fotonika**

Specjalizacja ta uzyskała drugą co do wielkości liczbę przypisanych technologii (**69**), w tym prawie połowę technologii z trzech kluczowych obszarów technologicznych w Polsce: **technologie chemiczne** (8), **technologie rolno-spożywcze** (6) oraz **technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej** (14). Do KIS 9 przyporządkowano również większość technologii z obszarów, które osiągnęły najwyższe wyniki wśród wszystkich obszarów w jednej z miar: liczba publikacji lub zgłoszeń patentowych, udział publikacji lub zgłoszeń patentowych lub współczynnik specjalizacji publikacji lub zgłoszeń patentowych. Są to następujące technologie: **medyczne i farmaceutyczne** (5), **nanotechnologia** (1) i **technologie pakowania, magazynowania i manipulacji** (4). Przegląd podklas, spośród których do KIS 9 przypisano te z największymi udziałami publikacji i/lub patentów w wymienionych obszarach, daje wyniki zbliżone do omówionego wyżej KIS 8:

  - w obszarze **technologii chemicznych,** oprócz podklasy **C09D** (Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu) w zakresie potencjału publikacyjnego, przyporządkowano również technologię **B01J** (Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu) ze względu na potencjał patentowy;

- w obszarze **technologii rolno-spożywczych** znalazły się te same podklasy co w przypadku KIS 8, tj. **A23L** (Żywność, środki spożywcze lub napoje bezalkoholowe nieobjęte przez podklasy A21D lub A23B-A23J; przygotowywanie ich lub obróbka, np. gotowanie, modyfikowanie właściwości odżywczych, obróbka metodami fizycznymi; konserwowanie żywności lub środków spożywczych, ogólnie) w ramach aktywności publikacyjnej i patentowej oraz **A23P** (Formowanie lub obróbka środków spożywczych nieobjęte w całości przez inną podklasę) w zakresie aktywności publikacyjnej;
- w obszarze **technologii medycznych i farmaceutycznych** przyporządkowano tylko technologię **A61B** (Diagnostyka; chirurgia; identyfikacja) ze względu na aktywność publikacyjną;
- w obszarze **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji** – podklasę **B65G** (Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrz-zakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe) ze względu na aktywność zarówno publikacyjną, jak i patentową.

Wśród instytucji naukowych, które mają największy potencjał w obszarze **technologii chemicznych** wpisujących się w KIS 9, należy wymienić Uniwersytet Jagielloński i Uniwersytet Warszawski (w zakresie osiągnięć publikacyjnych w technologii **C09D)** oraz Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (w zakresie osiągnięć patentowych w podklasie **B01J).** W **technologiach rolno-spożywczych** prym wiodą wymienione przy opisie KIS 8: Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego (największy dorobek publikacyjny w podklasach **A23L** i **A23P),** Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy (największa liczba zgłoszeń patentowych w podklasie **A23L)** i Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (drugi pod względem wielkości dorobek publikacyjny w podklasach **A23L** i **A23P** oraz patentowy w podklasie **A23L).** W obszarze **technologii medycznych i farmaceutycznych** największymi osiągnięciami pod względem liczby publikacji w podklasie **A61B** wyróżnił się Warszawski Uniwersytet Medyczny. Natomiast w obszarze **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji** największą aktywnością zarówno publikacyjną, jak i patentową w podklasie **B65G** odznaczała się Politechnika Wrocławska.

Obecność w KIS 9 większości technologii z obszarów cechujących się znaczącym potencjałem świadczy o dużej sile powiazań z wiodącymi technologiami i ponadprzeciętnym potencjale tej specjalizacji. **Znaczący potencjał polskich jednostek naukowych we wskazanych obszarach technologicznych rodzi konieczność włączenia tej specjalizacji w zakres zainteresowania krajowej polityki technologicznej, innowacyjnej, przemysłoweji naukowej.**

- **KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego**

Do specjalizacji tej przyporządkowano trzecią co do wielkości liczbę technologii (**59**), spośród których większość stanowiły technologie z trzech obszarów o największym potencjale w kraju: **technologie chemiczne** (10), **technologie rolno-spożywcze** (10) i **technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej** (18). Przypisany tutaj został również cały obszar **technologii środowiskowych**, który charakteryzował się wysokim udziałem i silną specjalizacją zarówno

zgłoszeń patentowych, jak i publikacji. Z KIS 2 zostały powiązane technologie cechujące się największymi udziałami publikacji i/lub patentów w następujacych obszarach:

- w obszarze **technologii chemicznych** w zakresie potencjału patentowego – podklasa **B01J** (Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu);
- w obszarze **technologii rolno-spożywczych** w zakresie potencjału publikacyjnego i patentowego – podklasa **A23L** (Żywność, środki spożywcze lub napoje bezalkoholowe nieobjęte przez podklasy **A21D** lub **A23B-A23J;** przygotowywanie ich lub obróbka, np. gotowanie, modyfikowanie właściwości odżywczych, obróbka metodami fizycznymi; konserwowanie żywności lub środków spożywczych, ogólnie) i jedynie w ramach potencjału patentowego – podklasa **A23P** (Formowanie lub obróbka środków spożywczych nieobjęte w całości przez inną podklasę);
- w obszarze **technologii środowiskowych** w zakresie aktywności publikacyjnej i patentowej – technologia **C02F** (Obróbka wody, ścieków przemysłowych, komunalnych lub osadów kanalizacyjnych).

W przypisanych obszarach znalazły się jednostki naukowe, które osiągnęły znaczące wyniki we wskaźniku syntetycznym. W **technologiach chemicznych,** wśród 8 jednostek o znacznym potencjale technologicznym, największy dorobek patentowy w ramach podklasy B01J miał Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. W obszarze technologii **rolno-spożywczych**, ponadprzeciętnymi wynikami odznaczały się zaś trzy instytucje. Największymi osiągnięciami z zakresu działalności publikacyjnej w traktowanych łącznie podklasach A23L i A23P mogła poszczycić się Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. Z kolei Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, zajmujący 10 miejsce w rankingu najlepszych jednostek naukowych, wykazał się największą liczbą zgłoszeń patentowych przygotowanych w ramach technologii A23L. Druga lokata pod względem dorobku publikacyjnego i patentowego w omawianych podklasach obszaru technologii rolno-spożywczych należała do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu ze ścisłej czołówki najlepszych instytucji w tym obszarze. W **technologiach środowiskowych** aż 15 instytucji wyróżniało się ponadprzeciętnym potencjałem, a wśród nich największe osiągnięcia dotyczące podklasy C02F pod względem publikacyjnym miały Politechnika Śląska i Politechnika Gdańska, natomiast pod względem liczby zgłoszeń patentowych: Instytut Technologiczno-Przyrodniczy i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

Przyporządkowanie większości technologii ze wszystkich obszarów technologicznych świadczy o dużej sile powiązań KIS 2 z wiodącymi technologiami, co przekłada się na ponadprzeciętny potencjał tej specjalizacji i otwiera drogę do rozwoju naukowego, technologicznego i społecznego (np. w zakresie zaawansowanych technologii w rolnictwie, rolnictwa inteligentnego czy w zakresie rozwoju innowacyjnych usług społecznych w rolnictwie – por. projekt *Strategia Produktywności*).

- **KIS 11. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych**

KIS 11 uzyskał czwarty wynik pod względem liczby przypisanych technologii (**51**), spośród których ponad połowa (28) to technologie z trzech obszarów o największym potencjale w kraju:

technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej (18), **technologie chemiczne** (7) i **technologie rolno-spożywcze** (3). Do tej specjalizacji został również przyporządkowany obszar z największym udziałem i współczynnikiem specjalizacji zgłoszeń patentowych, czyli **nanotechnologia** oraz cały obszar **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji**, cechujący się największym udziałem i współczynnikiem specjalizacji publikacji. Przypisano tutaj również większość **technologii informacyjnych i komunikacyjnych** (8 z 11) oraz **technologii pomiarowych** (4 z 5), w ramach których zostało złożonych w Polsce stosunkowo dużo patentów. Najliczniejszą grupę technologii w tej specjalizacji stanowią jednak **technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej**. Obszar ten posiadał jedne z najwyższych zbiorczych wyników w zakresie potencjału publikacyjnego, kadrowego, oraz aktywności patentowej i projektowej.

Do KIS 11 przypisano sześć technologii, które miały największe udziały w publikacjach i/lub zgłoszeniach patentowych w niektórych z wymienionych wyżej obszarów:

- w obszarze **technologii chemicznych** – podklasę **C09D** (Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu) ze względu na aktywność publikacyjną, oraz podklasę **B01J** (Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu) ze względu na aktywność patentową;
- w obszarze **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji** – podklasę **B65G** (Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. Przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrz-zakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe) z uwagi na aktywność publikacyjną i patentową;
- w obszarze **technologii informacyjnych i komunikacyjnych** – podklasę **G06F** (Elektryczne przetwarzanie danych cyfrowych) w kontekście aktywności patentowej, oraz podklasę **G06N** (Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych) w kontekście aktywności publikacyjnej;
- w obszarze **technologii pomiarowych** – technologię **G01S** (Radiowe określanie kierunku; radionawigacja; pomiar odległości lub prędkości z zastosowaniem fal radiowych; lokacja lub wykrywanie obecności z wykorzystaniem odbicia lub odpromieniowania fal radiowych; analogiczne układy z wykorzystaniem innych fal) w odniesieiu do działalności publikacyjnej.

We wskazanych wyżej obszarach znalazły się jednostki naukowe o znacznym potencjale technologicznym. W **technologiach chemicznych** takich instytucji było osiem, a spośród nich najwięcej osiągnięć publikacyjnych w podklasie **C09D** miały Uniwersytet Jagielloński w Krakowie i Uniwersytet Warszawski; największy dorobek patentowy w technologii **B01J** był zaś udziałem Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. W obszarze **nanotechnologii,** a dokładniej w jedynej przypisanej do niego podklasie **B82Y** (Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur), spośród 11 jednostek o ponadprzeciętnym potencjale największą liczbą publikacji odznaczał się wspomniany już Uniwersytet Warszawski, natomiast największą liczbą zgłoszeń patentowych – wymieniony wyżej Zachodniopomorski Uniwersytet

Technologiczny w Szczecinie. Z kolei w **obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji,** w którym zidentyfikowano jedynie trzy instytucje o znacznym potencjale, największym dorobkiem publikacyjnym i patentowym w podklasie **B65G** mogła poszczycić się Politechnika Wrocławska. W obszarze **technologii informacyjnych i komunikacyjnych,** siedem jednostek cechowało się istotnym potencjałem technologicznym. Wysokie wyniki w zakresie aktywności patntowej w ramach technologii **G06F** osiągnęły: Politechnika Gdańska, Politechnika Warszawska i Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Natomiast aktywnością publikacyjną dotyczącą podklasy **G06N** wyróżniła się Politechnika Wrocławska. W obszarze **technologii pomiarowych** zidentyfikowano 8 jednostek o znacznym potencjale, z czego najlepsze wyniki w obrębie technologii **G01S**, pod względem aktywności publikacyjnej osiagnęła Politechnika Warszawska.

Przypisanie do KIS 11. ponad połowy wiodących technologii oraz znaczny potencjał jednostek naukowych działających w ramach przypisanych obszarów, świadczą o dużej sile powiązań KIS 11. z wiodącymi obszarami technologicznymi i wysokim potencjale rozwoju tej specjalizacji. Przewidywany wzrost automatyzacji procesów w wielu branżach i konieczność przyspieszenia przez Polskę procesu wdrażania rozwiązań automatyzacji, robotyzacji i cyfryzacji gospodarki, plasuje KIS 11 wśród programów pierwszej prędkości.

- **KIS 3. Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska**

  Do KIS 3 przyporządkowano łącznie 26 wiodących technologii, a wśród nich technologie z trzech obszarów o największym potencjale w Polsce: **technologie chemiczne** (10), **technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej** (4) **i technologie rolno-spożywcze** (3). W specjalizacji tej znalazła się również **nanotechnologia**, cechująca się największym udziałem i współczynnikiem specjalizacji zgłoszeń patentowych**,** oraz cały obszar **technologii środowiskowych**, który charakteryzował się wysokim udziałem i silną specjalizacją zarówno zgłoszeń patentowych, jak i publikacji. Najliczniejszą grupę technologii w tej specjalizacji stanowią technologie chemiczne. W ramach tego obszaru powstała druga co do wielkości liczba publikacji i zgłoszeń patentowych. Przegląd wymienionych wyżej obszarów technologicznych pod kątem technologii cechujących się największymi udziałami publikacji i/lub zgłoszeń patentowych pokazuje, że do KIS 3 przyporządkowano następujące spośród nich:

  - w obszarze **technologii chemicznych** w kontekście aktywności publikacyjnej – podklasę **C09D** (Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu), natomiast w kontekście aktywności patentowej – podklasę **B01J** (Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu);
  - w obszarze **technologii rolno-spożywczych** w odniesieniu do aktywności publikacyjnej i patentowej – podklasy **A23L** (Żywność, środki spożywcze lub napoje bezalkoholowe nieobjęte przez podklasy A21D lub A23B-A23J; przygotowywanie ich lub obróbka, np. gotowanie, modyfikowanie właściwości odżywczych, obróbka metodami fizycznymi; konserwowanie żywności lub środków spożywczych, ogólnie), w ramach działalności

publikacyjnej również **A23P** (Formowanie lub obróbka środków spożywczych nieobjęte w całości przez inną podklasę);

- w obszarze **technologii środowiskowych** w kontekście aktywności publikacyjnej i patentowej – podklasę **C02F** (Obróbka wody, ścieków przemysłowych, komunalnych lub osadów kanalizacyjnych)**.**

W obszarze **technologii chemicznych** wyróżniono 8 jednostek o ponadprzeciętnym potencjale, wśród których największymi osiągnięciami z zakresu aktywności publikacyjnej w technologii **C09D** mogły poszczycić się Uniwersytet Jagielloński i Uniwersytet Warszawski, a w ramach działalności patentowej w technologii **B01J** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. W obszarze **technologii rolno-spożywczych**, znacznym potencjałem odznaczały się trzy instytucje. Największe sukcesy w kontekście aktywności publikacyjnej w zakresie traktowanych łącznie technologii **A23L i A23P** odnotowano w przypadku Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Dodatkowo, w odniesieniu do aktywności patentowej należy wspomnieć o największym dorobku w podklasie **A23L** Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego, zamującego 10 miejsce w rankingu najlepszych jednostek naukowych. Drugie miejsce zarówno pod względem liczby publikacji, jak i patentów we wspomnianych technologiach z obszaru rolno-spożywczego przypadło instytucji z czołówki rankingu według wskaźnika syntetycznego – Uniwersytetowi Przyrodniczemu w Poznaniu. W obszarze **nanotechnologii,** w ramach którego zidentyfikowano tylko jedną technologię **B82Y** (Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur) znalazło się 11 jednostek o znacznym potencjale. Największą liczbą publikacji w ramach tej technologii cechował się Uniwersytet Warszawski, a największą liczbą zgłoszeń patentowych – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. W obszarze **technologii środowiskowych** wszystkie wiodące jednostki odznaczyły się znacznym potencjałem naukowym, o czym świadczy uzyskanie przez nie wyniku powyżej 50 punktów we wskaźniku syntetycznym. Wśród instytucji tych największe osiągnięcia publikacyjne w technologii **C02F** charakteryzowały Politechnikę Śląską i Politechnikę Gdańską, zaś w zakresie działalności patentowej – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

Silne powiązania KIS 3 z dwoma obszarami o wysokim potencjale (technologie chemiczne i środowiskowe) wskazuje, że należy włączyć KIS 3 w obszar zainteresowania krajowej polityki technologicznej, innowacyjnej, przemysłowej i naukowej.

- **KIS 1 Zdrowe społeczeństwo**

Specjalizacja ta uzyskała 29 połączeń z wiodącymi technologiami z 7 obszarów technologicznych. Istotną część w ramach tej specjalizacji stanowi obszar **technologii medycznych i farmaceutycznych,** który w całości został przypisany do KIS 1, a także **nanotechnologia.** Ponadto, wśród przyporządkowanych obszarów znalazły się jeszcze dwa kluczowe w Polsce: **technologie chemiczne** (5) i **technologie wytwarzania i produkcji przemysłowej** (7). Do KIS 1 zostały przypisane technologie cechujące się największymi udziałami publikacji i/lub patentów w wymienionych wyżej obszarach:

- w obszarze **technologii medycznych i farmaceutycznych** podklasa **A61B** (Diagnostyka; chirurgia; identyfikacja), w ramach której polskie jednostki naukowe wyróżniały się aktywnością publikacyjną, a także technologie **A61K** (Preparaty do celów farmaceutycznych, dentystycznych lub toaletowych) i **A61P** (Właściwości lecznicze związków chemicznych lub preparatów medycznych), w których z kolei podejmowana była zarówno duża aktywność publikacyjna, jak i patentowa;
- w obszarze **technologii chemicznych** w zakresie potencjału publikacyjnego – podklasa **C09D** (Kompozycje do powlekania, np. farby, pokosty, lakiery; pasty wypełniające; środki chemiczne do usuwania farby lub atramentu; atramenty; płyny korygujące; zaprawy do drewna; pasty lub substancje stałe do barwienia lub drukowania; zastosowanie materiałów do tego celu).

Co więcej, w obszarze **technologii medycznych i farmaceutycznych** znalazło się 7 instytucji, które odznaczały się ponadprzeciętnym potencjałem. Wśród nich największe osiągnięcia pod względem liczby publikacji w wyżej wskazanych technologiach miały Warszawski Uniwersytet Medyczny (**A61B**) i Uniwersytet Jagielloński (**A61K** i **A61P**); natomiast pod względem działalności patentowej – Politechnika Lubelska (**A61K** i **A61P**), która zajęła 12 miejsce w rankingu najlepszych jednostek w obszarze. W obszarze **nanotechnologii,** w skład którego wchodzi tylko jedna technologia **B82Y** (Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur), zidentyfikowano 11 jednostek o znacznym potencjale. Podczas gdy największą liczbą publikacji w ramach tej technologii odznaczał się Uniwersytet Warszawski, największą liczbę zgłoszonych patentów odnotowano dla Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Z kolei w **technologiach chemicznych,** w ramach których zidentyfikowano 8 jednostek o ponadprzeciętnym potencjale, największe osiągnięcia z zakresu aktywności publikacyjnej w podklasie **C09D** miały Uniwersytet Jagielloński i Uniwersytet Warszawski.

Ze względu na ponadprzeciętny potencjał obszaru technologii medycznych i farmaceutycznych oraz na swoją specyfikę (tj. istotność z punktu widzenia pandemii COVID-19), specjalizacja ta została również zarekomendowana do specjalizacji pierwszej prędkości. Przemawiają za tym, po pierwsze, najwyższe zbiorcze osiągnięcia jednostek naukowych w ramach tego obszaru (w zakresie potencjału publikacyjnego i kadrowego, a także aktywności patentowej i projektowej). **Po drugie, KIS 1 odgrywa strategiczną rolę w** zwalczaniu **pandemii Covid-19. Działania badawczo-rozwojowe w sektorze zdrowia są kluczowe, aby skutecznie walczyć z obecnym kryzysem zdrowotnym i jego przyszłymi konsekwencjami. Ponadto zdrowie, zmiany demograficzne i dobrostan są wpisane w priorytetowe obszary programów strategicznych**.

Do drugiej grupy krajowych inteligentnych specjalizacji zaliczono pozostałe KIS, w przypadku których również odnotowano połączenia z wiodącymi na świecie obszarami technologicznymi, jednak obejmujące mniejszą liczbę powiązań z obszarami charakteryzującymi się największym potencjałem. Jednocześnie są to specjalizacje obejmujące kwestie wskazywane w dokumentach strategicznych (projekt *Strategii Produktywności*) jako priorytetowe kierunki rozwoju. **Stąd rekomendujemy poniższe specjalizacje do KIS drugiej prędkości.**

KIS drugiej prędkości to specjalizacje, których połączenia z obszarami o największym potencjale są słabsze, a przyporządkowane obszary technologiczne cechuje niższy potencjał kadrowy i publikacyjny oraz niższa aktywność patentowa i projektowa. Do KIS drugiej prędkości przypisano obszary technologiczne, odznaczające się w Polsce mniejszymi udziałami publikacji i/lub zgłoszeń patentowych w ich globalnej liczbie, a także mniejszą specjalizacją. KIS drugiej prędkości powinny być wspierane w ramach programów krajowych i programów finansowanych z funduszy europejskich, jednak w mniejszym skali niż KIS pierwszej prędkości i bez stosowania preferencji punktowej.

Krajowe inteligentne specjalizacje drugiej prędkości:

- **KIS 6. Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku**

  Specjalizacja ta otrzymała **38** połączeń z technologiami ze wszystkich obszarów, co daje jej piątą lokatę pod względem liczby przyporządkowanych technologii. Oprócz technologii z obszarów o największym potencjale w kraju (5 **technologii chemicznych** i 10 **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowe**j), specjalizacja ta objęła 2 technologie z obszaru z największym udziałem i specjalizacją publikacji (**technologie pakowania, magazynowania i manipulacji**), 1 technologię z obszaru z największą liczbą publikacji i zgłoszeń patentowych (**technologie medyczne i farmaceutyczne**), oraz **nanotechnologię**, która cechowała się największym udziałem i współczynnikiem specjalizacji zgłoszeń patentowych. Co więcej, w omawiany KIS wpisał się prawie cały obszar **technologii energetycznych** (5), w którym powstała umiarkowana liczba publikacji naukowych. Do KIS 6 zostały przypisane technologie cechujące się największymi udziałami publikacji i/lub patentów w następujacych obszarach:

  - w obszarze **technologii chemicznych** w zakresie potencjału patentowego – podklasa B01J (Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu);
  - w obszarze technologii **pakowania, magazynowania i manipulacji** w zakresie aktywności publikacyjnej i patentowej – technologia B65G (Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrz-zakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe);
  - w obszarze **technologii energetycznych** w ramach aktywności publikacyjnej i patentowej – technologia H01M (Sposoby lub środki, np. baterie, do bezpośredniego przetwarzania energii chemicznej w energię elektryczną), a w zakresie aktywności patentowej podklasa H02J (Obwody lub systemy zasilania lub rozdziału mocy elektrycznej; systemy do magazynowania energii elektrycznej).

  W **technologiach chemicznych** zidentyfikowano 8 jednostek o ponadprzeciętnym potencjale, spośród których największymi osiągnięciami w ramach aktywności patentowej w technologii **B01J** wykazał się Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. W **technologiach pakowania, magazynowania i manipulacji** jedynie trzy jednostki cechowały się ponadprzeciętnym potencjałem. W podklasie **B65G** pod względem publikacyjnym i patentowym najlepiej wypadała Politechnika Wrocławska. Z kolei w obszarze **nanotechnologii,** do którego przyporządkowano tylko jedną technologię **B82Y** (Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur), zidentyfikowano 11 jednostek o znacznym potencjale. Największą liczbą publikacji w ramach tej technologii odznaczał się Uniwersytet Warszawski, a największą

liczbą zgłoszonych patentów – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. W **technologiach energetycznych** pięć instytucji cechowało się ponadprzeciętnymi wynikami. W podklasie **H01M** pod względem liczby publikacji najlepiej wypadła Politechnika Warszawska, natomiast pod względem aktywności patentowej, oprócz wymienionej wyżej uczelni, także Politechnika Poznańska. Dodatkowo w ramach technologii **H02J** w zakresie działalności patentowej największy dorobek miała Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Obecność w obszarach technologicznych zaliczonych do tej specjalizacji wiodących jednostek naukowych, które uzyskały znaczące wyniki we wskaźniku syntetycznym, świadczy o dużym potencjale KIS 6. Za potrzebą wspierania tej specjalizacji przemawia również wskazywanaw dokumentach strategicznych (m.in. w projekcie *Strategii Produktywności*) konieczności rozwoju transportu – zrównoważonej inteligentnej mobilności w kontekście transformacji klimatycznej i ekologicznej.

- **KIS 7. Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady**

Do specjalizacji tej przyporządkowano 22 technologie z 8 obszarów technologicznych. Wśród nich połowę stanowiły technologie z obszarów o największym potencjale w kraju: 5 **technologii chemicznych** i 6 **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej**. Drugą grupę w obrębie tej specjalizacji stanowiły technologie z obszarów charakteryzujących się najwyższymi udziałami i współczynnikami specjalizacji publikacji i zgłoszeń patentowych. Były to odpowiednio: **technologie pakowania, magazynowania i manipulacji** (2) i **nanotechnologia** (1). Co więcej, z omawianym KIS łączy się cały obszar **technologii środowiskowych,** charakteryzujący się wysokim udziałem oraz silną specjalizacją zgłoszeń patentowych i publikacji. Do KIS 7 przyporządkowano technologie cechujące się największymi udziałami publikacji i/lub zgłoszeń patentowych w wymienionych wyżej obszarach:

  - w obszarze **technologii chemicznych** w zakresie aktywności patentowej – podklasę **B01J** (Procesy chemiczne lub fizyczne, np. kataliza lub chemia koloidów; urządzenia do tego celu);
  - w obszarze **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej** w ramach aktywności publikacyjnej i patentowej – podklasę **C04B** (Wapno palone; magnezyt kaustyczny; żużel; cement; ich mieszaniny, np. zaprawy, beton lub podobne materiały budowlane; sztuczny kamień; ceramika; materiały ogniotrwałe; obróbka kamienia naturalnego);
  - w obszarze **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji** w zakresie aktywności publikacyjnej i patentowej – podklasę **B65G** (Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrz-zakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe);
  - w obszarze **technologii środowiskowych** w odniesieniu do aktywności publikacyjnej i patentowej – podklasę **C02F** (Obróbka wody, ścieków przemysłowych, komunalnych lub osadów kanalizacyjnych).

W przywołanych obszarach znalazły się jednostki naukowe, które osiągnęły znaczące wyniki we wskaźniku syntetycznym. Podobnie jak w opisanym wyżej KIS 6, również w przypadku niniejszej specjalizacji potencjał posiadać może Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, który przygotował największą liczbę zgłoszeń patentowych

w podklasie **B01J,** przypisanej do obszaru **technologii chemicznych,** oraz Politechnika Wrocławska, która zajęła najwyższą lokatę pod względem osiągnięć publikacyjnych i patentowych w podklasie **B65G,** należącej do obszaru **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji.** Co więcej, podobnie jak w przypadku wyżej omówionej specjalizacji, do KIS 7 przypisano również jedyną podklasę wyodrębnioną w obszarze **nanotechnologii,** tj. **B82Y** (Szczególne użycie lub zastosowanie nanostruktur; pomiar lub analiza nanostruktur; wytwarzanie lub obróbka nanostruktur). W ramach tej technologii największą liczbą publikacji odznaczył się Uniwersytet Warszawski, a największym dorobkiem patentowym ponownie wykazał się Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Z kolei w obszarze **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej**, spośród 8 jednostek charakteryzujących się ponadprzeciętnym potencjałem, w podklasie **C04B**, zarówno pod względem liczby publikacji, jak i zgłoszeń patentowych, najlepiej wypadła Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Natomast w obszarze **technologii środowiskowych** aż 15 instytucji odznaczało się ponadprzeciętnym potencjałem, a wśród nich największą aktywnością publikacyjną w technologii **C02F** wyróżniły się Politechnika Śląska i Politechnika Gdańska, zaś w zakresie działalności patentowej – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy i wspomniany już Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

Pomimo stosunkowo niewielkiej łącznej liczby przypisanych technologii, należy podkreślić, że **KIS 7 wykazuje względnie silne powiązania z obszarami o najwyższym potencjale, tworząc obiecujące warunki do rozwoju tej specjalizacji. Z drugiej strony, jak wskazano w projekcie *Strategii Produktywności,* gospodarka o obiegu zamkniętym, jest istotnym makrotrendem wynikającym z presji środowiska i kurczących się zasobów. Zatem KIS 7. należy uznać za znaczący obszar zainteresowania krajowej polityki technologicznej, innowacyjnej, przemysłowej i naukowej.**

- **KIS 10. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne**

  KIS 10 zdobył łącznie 24 połączenia z technologiami należącymi do 7 obszarów. Najliczniej w tej specjalizacji reprezentowane są **technologie informacyjne i komunikacyjne** (11). Przypisanie wszystkich technologii z tego obszaru do tej specjalizacji świadczy o dużej sile powiązań. W ramach podklasy **G06N** (Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych), w której zgłoszono znaczną liczbę patentów w obszarze, największą aktywnością wykazały się: Politechnika Gdańska oraz Politechnika Warszawska i Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Natomiast w ramach technologii **G06F** (Elektryczne przetwarzanie danych cyfrowych)**,** w której powstała większość publikacji z omawianego obszaru, największy dorobek publikacyjny odnotowano w przypadku Politechniki Wrocławskiej.

- Dobry wynik obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych w zakresie potencjału naukowego (trzeci wynik jednostek naukowych z tego obszaru pod względem nadanych stopni naukowych oraz liczby zatrudnionych naukowców w 2019 roku z co najmniej jedną publikacją, a także pod względem uczestnictwa w programach Horyzont2020) i obecność 7 jednostek o znacznym potencjale technologicznym (w zestawieniu według wskaźnika syntetycznego) **stwarza korzystne warunki do rozwoju KIS 10. Mocnym argumentem za wspieraniem tej**

specjalizacji jest także zaliczenie cyfryzacji w projekcie *Strategii Produktywności* do globalnych makrotrendów gospodarczych. Pozostałe cztery krajowe inteligentne specjalizacje (KIS 4, KIS 5, KIS 12 i KIS 13) uzyskały od 8 do 26 połączeń z wiodącymi technologiami, w ramach których Polska cechowała się zróżnicowanymi osiągnięciami.

- W KIS 4. Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii, wpisał się cały obszar **technologii energetycznych**, w którym przygotowano umiarkowaną liczbę publikacji, oraz ponad połowa **technologii informacyjnych i komunikacyjnych**, które, z kolei, charakteryzowały się dużą liczbą zgłoszeń patentowych. W omawianym KIS znalazły się też **technologie środowiskowe**, w których zaobserwowano wysoki udział i współczynnik specjalizacji zgłoszeń patentowych z Polski.

  Z KIS 4 powiązana jest podklasa **H01M** (Sposoby lub środki, np. baterie, do bezpośredniego przetwarzania energii chemicznej w energię elektryczną), w której odnotowano największy dorobek publikacyjny i patentowy w ramach obszaru technologii energetycznych, a także podklasa **H02J** (Obwody lub systemy zasilania lub rozdziału mocy elektrycznej; systemy do magazynowania energii elektrycznej) z tego samego obszaru, w którą również wpisywało się wiele zgłoszeń patentowych. W ramach technologii **H01M** pod względem liczby publikacji najlepiej wypadła Politechnika Warszawska, natomiast w zakresie aktywności patentowej, oprócz wspomnianej już uczelni, również Politechnika Poznańska. Z kolei w działalności patentowej dotyczącej podklasy **H02J** wyróżniała się Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

  W ramach obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych najistotniejsze pod względem liczebności zgłoszeń patentowych i publikacji okazały się podklasy odpowiednio **G06F** (Elektryczne przetwarzanie danych cyfrowych) i **G06N** (Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych), które również zostały przyporządkowane do KIS 4. Podczas gdy w zakresie aktywności patentowej powiązanej z technologią **G06F** najlepsze wyniki osiągnęły: Politechnika Gdańska, Politechnika Warszawska i AGH w Krakowie, pod względem liczby publikacji dotyczących podklasy **G06N** najlepiej wypadła Politechnika Wrocławska.

  Do KIS 4 przypisano również technologię **C02F** (Obróbka wody, ścieków przemysłowych, komunalnych lub osadów kanalizacyjnych)**,** w której polskie jednostki naukowe zgromadziły największy dorobek publikacyjny i patentowy w ramach obszaru technologii środowiskowych. Największe osiągnięcia w zakresie podklasy **C02F** pod względem publikacyjnym miały Politechnika Śląska i Politechnika Gdańska, zaś pod względem patentowym – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

- Do KIS 5. Inteligentne i energooszczędne budownictwo, przyporządkowano, oprócz wszystkich technologii **energetycznych**, również siedem **technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej** oraz dwie z trzech **technologii z obszaru technologii środowiskowych.** Tym samym znaczący potencjał w KIS 5 mają wymienione wyżej: Politechnika Warszawska (w zakresie działalności publikacyjnej i patentowej związanej

z technologią H01M), Politechnia Poznańska (w ramach aktywności patentowej dotyczącej podklasy H01M) oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (w ramach działalności patentowej związanej z technologią H02J; por. KIS 4 wyżej). Ponadto, KIS 5 jest powiązany z technologią **C04B** (Wapno palone; magnezyt kaustyczny; żużel; cement; ich mieszaniny, np. zaprawy, beton lub podobne materiały budowlane; sztuczny kamień; ceramika; materiały ogniotrwałe; obróbka kamienia naturalnego) wyróżniającą się w polskich warunkach największym potencjałem pod względem przygotowanych publikacji i zgłoszeń patentowych spośród wszystkich podklas zaklasyfikowanych do obszaru technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej. Najlepszymi wynikami w tej podklasie może poszczycić się wymieniona już wyżej AGH w Krakowie**.**

- W KIS 12. Inteligentne technologie kreacyjne, oraz KIS 13. Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy, wysoki udział miały **technologie informacyjne i komunikacyjne**, w ramach których jednostki naukowe osiągały znaczące rezultaty w potencjale kadrowym i projektowym. Zarówno do KIS 12, jak i KIS 13 przyporządkowano technologię **G06N** (Systemy komputerowe oparte na szczególnych modelach obliczeniowych) z obszaru technologii informacyjnych i komunikacyjnych, cechującą się znacznym udziałem w ogólnej liczbie publikacji w obszarze. Tym samym potencjał w obu KIS odnotowano w przypadku Politechniki Wrocławskiej, która wykazała się największą liczbą publikacji dotyczących podklasy **G06N.** Dla KIS 12, podklasa **G06N** była jedyną technologą o największym udziale w zgłoszeniach patentowych i/lub publikacjach przypisaną do tej specjalizacji spośród wszystkich obszarów technologicznych. Oznacza to, że KIS 12, oprócz tego, że posiadał niewiele połączeń z wiodącymi na świecie technologiami wytypowanymi w ramach badania, to związany był w większości z podklasami o mniejszym znaczeniu w Polsce.

  Natomiast do KIS 13. przypisano dodatkowo cały **obszar inżynierii cywilnej** oraz 3 z 4 **technologii pakowania, magazynowania i manipulowania,** które charakteryzowały się wysokimi wartości wskaźników udziału i specjalizacji dotyczących zgłoszonych patentów, ale osiągniętymi przy małej liczbie zgłoszeń patentowych i publikacji. W inżynierii cywilnej wskazano 5 wiodących instytucji naukowych w Polsce. W ramach tego obszaru istotne znaczenie – ze względu na największą liczebność publikacji i zgłoszeń patentowych przygotowanych przez polskie jednostki naukowe – miała technologia **F24F** (Klimatyzacja; nawilżanie powietrza; wentylacja; zastosowanie prądów powietrznych jako ekranów). W wymienionej podklasie największą aktywnością publikacyjną wyróżniała się Politechnika Wrocławska, a aktywnością patentową – Politechnika Lubelska. Spośród technologii pakowania, magazynowania i manipulowania polskie instytucje naukowe wykazały się zaś największym dorobkiem publikacyjnym i patentowym w podklasie **B65G** (Urządzenia transportowe lub magazynowe, np. przenośniki do załadowywania lub wyładowywania, transport wewnątrzzakładowy lub przenośniki pneumatyczne rurowe). Znaczne osiągnięcia, zarówno w działalności patentowej, jak i publikacyjnej, w ramach tej technologii posiadała Politechnika Wrocławska.

Większość połączeń utworzonych przez KIS 4, 5, 12 i 13 z wytypowanymi technologiami dotyczy obszarów technologicznych, które cechowały się umiarkowanymi osiągnięciami w zakresie wybranych wymiarów potencjału technologicznego. W technologiach energetycznych, inżynierii cywilnej oraz poniekąd również w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji wykazano stosunkowo niską aktywność patentową. Dodatkowo w obrębie technologii inżynierii cywilnej, a także technologii pakowania, magazynowania i manipulacji oraz w nieco mniejszym stopniu w obszarze technologii środowiskowych, zaobserwowano niewielką aktywność w zakresie działalności projektowej, jak i mniejsze zasoby kadrowe oraz osiągnięcia w promocji samodzielnych pracowników naukowych (w porównaniu z obszarami o największym potencjale, takimi jak: obszar technologii chemicznych, technologii rolno-spożywczych, technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej oraz technologii medycznych i farmaceutycznych). Pozwala to stwierdzić, że wspomniane krajowe inteligentne specjalizacje mają nieco słabsze zaplecze naukowe do tworzenia i rozwijania wiodących technologii na świecie.

Aby wzmocnić potencjał technologiczny KIS 4, 5 i 12, warto rozważyć ich konsolidację ze specjalizacjami z drugiej grupy specjalizacji. Przyczyni się to do koncentracji tematycznej oraz większego skupienia zasobów rozproszonych obecnie po kilku węższych specjalizacjach, które nawiązują do siebie zakresem merytorycznym (co wynika z przeprowadzonej analizy i ustalonych tożsamych połączeń z wiodącymi technologiami). Zabieg ten może doprowadzić do efektu synergii i zwiększenia osiągnięć w zakresie działalności publikacyjnej, patentowej i projektowej w obszarach wpisujących się w połączone specjalizacje. Proponowana konsolidacja implikuje konieczność zmian w szczegółowych opisach krajowych inteligentnych specjalizacji. W szczególności rekomendujemy rozważenie połączenia następujących KIS:

- **KIS 4.** Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii oraz **KIS 5.** Inteligentne i energooszczędne budownictwo (w zakresie wybranych podobszarów: I. Materiały i technologie; część podobszaru III. Rozwój maszyn i urządzeń; VI. Weryfikacja energetyczna i środowiskowa; VII. Przetwarzanie i powtórne użycie materiałów) z **KIS 7.** Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady.

  Zagadnienia objęte zakresem wspomnianych specjalizacji silnie ze sobą korespondują (np. KIS 7, podrozdział IV Odpady i ścieki z KIS 4, podrozdział VI Energia z odpadów, paliw alternatywnych i ochrona środowiska). Połączenie omawianych specjalizacji umożliwi stworzenie KIS, który w sposób kompleksowy będzie obejmował te kwestie i sprzyjał rozwojowi technologii przyjaznych środowisku.

  Zarówno w KIS 4, KIS 5, jak i KIS 7 znalazły się **technologie energetyczne** (w tym wiodąca technologia H01M w odniesieniu do aktywności patentowej i publikacyjnej), obszar **technologii pakowania, magazynowania i manipulacji** (B65G w odniesieniu do działalności patentowej i publikacyjnej), obszar **technologii systemów kontroli i sterowania** (technologie G05D i G05B w zakresie działalności patentowej i publikacyjnej) oraz **obszar wytwarzania i produkcji przemysłowej** (technologia **C04B** w kontekście aktywności patentowej i publikacyjnej).

- **KIS 5.** Inteligentne i energooszczędne budownictwo (w zakresie wybranych podobszarów: II. Systemy energetyczne budynków; część podobszaru III. Rozwój maszyn i urządzeń; IV. Rozwój aplikacji i środowisk programistycznych; V. Zintegrowane projektowanie) z **KIS 10.** Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne.

  Część zagadnień wpisujących się w **KIS 5** koresponduje tematycznie z zakresem **KIS 10.** W ramach KIS 10, podrozdział II Inteligentne sieci w infrastrukturze, wyszczególnione są między innymi takie zagadnienia jak: 1. Inteligentne miasta *(smart cities)* oraz 2. Inteligentne domy i budynki *(smart homes).* Tym samym można rozważyć włączenie wymienionych wyżej podobszarów KIS 5 w zakres tematyki KIS 10.

  Zarówno w KIS 5, jak i w KIS 10 znalazły się **technologie energetyczne** (w tym wiodąca technologia **H02J** w zakresie aktywności patentowej); technologie **informacyjne i komunikacyjne** (wiodąca technologia G06N w kontekście aktywności publikacyjnej) oraz obszar **technologii systemów kontroli i sterowania** (wiodące technologie G05D i G05B w zakresie działalności patentowej i publikacyjnej).

- **KIS 12.** Inteligentne technologie kreacyjne z **KIS 10.** Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne.

  Fakt małej liczby powiązań KIS 12 z wiodącymi na świecie technologiami, świadczy o wąskim zakresie tej specjalizacji i ograniczonym potencjale wynikającym z mniejszej skali. Z uwagi na powiązanie KIS 12 głównie z obszarem technologii informacyjnych i komunikacyjnych, który w całości wpisuje się w KIS 10, a także pokrewną tematykę obu specjalizacji dotyczącą szeroko rozumianej cyfryzacji, zasadne wydaje się poszerzenie KIS 10 o zagadnienia objęte obecnie zakresem KIS 12. Tematyka KIS 12 może w szczególności poszerzyć zakres zagadnień, które zostały ujęte w KIS 10, podrozdział V Interfejsy człowiek-maszyna oraz maszyna-maszyna w inteligentnych sieciach. Włączenie KIS 12 w zakres KIS 10 będzie przeciwdziałało rozdrobnieniu krajowych inteligentnych specjalizacji i skutkowało poprawą potencjału KIS 10.

W przypadku **KIS 13.** Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy, który posiada połączenia głównie z obszarami o umiarkowanym potencjale, proponujemy nieco inne podejście. Tematyka KIS 13 ma charakter typowo regionalny, w związku z czym zasadna wydaje się zmiana statusu tej specjalizacji z krajowej na regionalną inteligentną specjalizację (RIS). Dzięki temu w ramach KIS osiągnięta zostanie koncentracja na zagadnieniach ważnych z perspektywy całego kraju.

8 Rekomendacje

NR	TREŚĆ WNIOSKU	TREŚĆ REKOMENDACJI	ADRESAT	SPOSÓB WDROŻENIA	KLASA
1	Rozmieszczenie technologii w poszczególnych KIS jest zróżnicowane, zarówno pod względem ilościowym (liczba przyporządkowanych technologii), jakościowym (różny poziom potencjału obszarów technologicznych w Polsce) oraz pod kątem potencjału krajowych jednostek naukowych wytypowanych w poszczególnych obszarach. Pozwoliło to podzielić KIS na trzy grupy. W **pierwszej grupie** znalazły się krajowe inteligentne specjalizacje, do których przypisano najwięcej technologii z obszarów o największym potencjale, czyli takich, które mają dużą liczbę zgłoszeń patentowych i publikacji, a także charakteryzują się w Polsce dużymi udziałami w ich globalnej liczbie i istotną specjalizacją (por. 7.1/7.2). Wskazane KIS pokrywają się ze wskazaniami krajowych dokumentów strategicznych w zakresie obszarów i technologii o kluczowym znaczeniu dla rozwoju gospodarczego i społecznego. Do tej grupy zaliczono również specjalizację mającą szczególne znaczenie w okresie pandemii COVID-19. Do **drugiej grupy** krajowych inteligentnych specjalizacji zaliczono KIS, w przypadku których również odnotowano połączenia	Wydzielenie KIS dwóch prędkości z trzech wyłonionych grup specjalizacji. Przeprowadzenie podziału na specjalizacje dwóch prędkości w następujący sposób: • zaliczenie KIS z pierwszej grupy do **KIS pierwszej prędkości**, • włączenie KIS z trzeciej grupy w zakres KIS z drugiej grupy; po przeprowadzonej konsolidacji, z drugiej grupy utworzenie **specjalizacji drugiej prędkości;** zmiana statusu jednej krajowej inteligentnej specjalizacji z trzeciej grupy na **specjalizację regionalną**. Rekomendowana konsolidacja wybranych specjalizacji przysłuży się większej koncentracji tematycznej w ramach KIS, co może doprowadzić do efektu synergii i zwiększenia osiągnięć w zakresie działalności publikacyjnej, patentowej i projektowej w obszarach wpisujących się w połączone specjalizacje. Podział KIS na dwie prędkości pozwoli na skupienie zasobów na rozwoju tych spośród nich, które charakteryzują się największym potencjałem technologicznym.	MRiT	**Aktualizacja dokumentu Krajowa Inteligentna Specjalizacja w zakresie nadania statusu pierwszej prędkości następującym specjalizacjom:** • **KIS 8**. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty, • **KIS 9.** Elektronika i Fotonika, • **KIS 2**. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego, • **KIS 11.** Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych; • **KIS 3.** Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska, • **KIS 1**. Zdrowe społeczeństwo. **Rozszerzenie szczegółowego opisu poniższych KIS o zapisy włączanych specjalizacji i nadanie im statusu drugiej prędkości:** • **KIS 6.** Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku, • **KIS.7.** Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady; rozszerzony o **KIS 4.** Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii; rozszerzony o **KIS 5.** Inteligentne i energooszczędne budownictwo (w zakresie następujących podobszarów: I. Materiały i technologie; część podobszaru III. Rozwój maszyn i urządzeń; VI. Weryfikacja energetyczna i środowiskowa, VII. Przetwarzanie i powtórne użycie materiałów),	Strategiczna

	z wiodącymi na świecie obszarami technologicznymi, jednak obejmujące mniejszą liczbę powiązań z obszarami charakteryzującymi się największym potencjałem w Polsce (por. podrozdział 7.1). Jednocześnie są to specjalizacje obejmujące kwestie wskazywane w dokumentach strategicznych *(projekt Strategii Produktywności)* jako priorytetowe kierunki rozwoju. Do **trzeciej grupy** krajowych inteligentnych specjalizacji zaliczono pozostałe KIS, które miały najsłabsze powiązania z obszarami o największym potencjale. W przypisanych obszarach technologicznych wykazno w większości umiarkowane osiągnięcia w zakresie wybranych wymiarów potencjału technologicznego i niewielką aktywnością projektową. Świadczy to o ograniczonym zapleczu naukowym tych KIS do tworzenia i rozwoju technologii.			• **KIS 10.** Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne; rozszerzony o **KIS 12** Inteligentne technologie kreacyjne; rozszerzony o **KIS 5.** Inteligentne i energooszczędne budownictwo (w zakresie następujących podobszarów: II. Systemy energetyczne budynków, część podobszaru III. Rozwój maszyn i urządzeń; IV. Rozwój aplikacji i środowisk programistycznych, V. Zintegrowane projektowanie). Zmiana statusu **KIS 13.** Innowacyjne technologie morskie w zakresie specjalistycznych jednostek pływających, konstrukcji morskich i przybrzeżnych oraz logistyki opartej o transport morski i śródlądowy na regionalną inteligentną specjalizację. Włączenie wyników niniejszego badania w proces przedsiębiorczego odkrywania, przy udziale Grup Roboczych ds. KIS, w celu skoordynowania procesu dopasowania możliwości jednostek naukowych do tworzenia i rozwijania innowacyjnych rozwiązań, na które istnieje zapotrzebowanie rynkowe. Następnie, aktualizacja Szczegółowego Opisu KIS i określenie ich wizji rozwojowych oraz precyzujących je map drogowych.	
2	Jednostki naukowe w 13 obszarach technologicznych wykazywały zróżnicowany potencjał do tworzenia i rozwoju technologii, co implikuje zróżnicowane potrzeby w zakresie budowania ich potencjału.	Wsparcie dla wszystkich obszarów technologicznych wpisujących się w inteligentne specjalizacje poprzez kontynuację programów sektorowych oraz wprowadzenie preferencji w programie FENG oraz innych **programach ukierunkowanych na określone zagadnienia związane z procesem innowacyjnym, nie posiadających ograniczeń tematycznych**.	MRiT NCBR agencje finansujące badania sektorowe	Kontynuacja programów nastawionych na realizację projektów w ramach wytypowanych obszarów lub też dostosowanie ich zakresu do tematyki obszarów. W ramach NCBR może to dotyczyć następujących programów: • Z punktu widzenia fotoniki i nanotechnologii, kontynuacja programu TECHMATSTRATEG. • Z punktu widzenia technologii rolno-spożywczych i środowiskowych kontynuacja programu BIOSTRATEG. • Z punktu widzenia technologii medycznych i farmaceutycznych, kontynuacja programu STRATEGMED. Obecnie ten program jest skierowany na postęp w zakresie zwalczenia chorób	Strategiczna

				cywilizacyjnych i medycynie regeneracyjnej, na bazie wyników badań naukowych i prac rozwojowych prowadzonych w czterech obszarach: kardiologii i kardiochirurgii, onkologii, neurologii i zmysłach oraz medycynie regeneracyjnej. Wpisanie technologii z obszaru medycznych i farmaceutycznych w program STRATEGMED. • Z punktu widzenia technologii informacyjnych i komunikacyjnych, kontynuacja programu INFOSTATEG, wspierającego praktyczne rozwiązania w zakresie sztucznej inteligencji i blockchain. • Z punktu widzenia obszaru technologii medycznych i farmaceutycznych, informacyjno-komunikacyjnych, energetycznych i środowiskowych, a także rolno-spożywczych, kontynuacja programów podobnych do programów norweskich – POLNOR i POLNOR CSS. POLNOR dotyczy m.in. zagadnień takich jak: zdrowie i opieka społeczna, przemysł i technologie informacyjne, energia, transport i klimat, żywność i zasoby naturalne, rozwój społeczny i gospodarczy, pojazdy bezzałogowe. • Dla wszystkich obszarów kontynuacja programów LIDER, PANDA 2 oraz Wspólne Przedsięwzięcia NCBR z podmiotami zewnętrznymi. Programy te są skoncentrowane na zagadnieniach związanych z procesem innowacyjnym, w którym uczestniczą jednostki naukowe z partnerami spoza sektora nauki (LIDER – rozwój kadr, PANDA 2 – utrzymanie infrastruktury badawczej, Wspólne Przedsięwzięcia – prace B+R nad rozwiązaniami technologicznymi zgłoszonymi przez przedsiębiorców lub instytucje publiczne). FENG zakłada wsparcie projektów ukierunkowanych na Krajową Inteligentną Specjalizację (KIS), które mają istotny wpływ na rozwój gospodarki i które zostały zidentyfikowane	

				w dokumentach strategicznych. Ponieważ wszystkie technologie i grupujące je obszary technologiczne wpisują się w krajowe inteligentne specjalizacje, wszystkie mają szansę uzyskać wsparcie w ramach FENG. Istotne jest przy tym utrzymanie elastyczności tak, aby uwzględnić technologie wschodzące, które w krótkim okresie mogą stać się kluczowe dla rozwoju społeczno-gospodarczego. Zgodnie z podejściem selektywnym, wspieranie KIS pierwszej prędkości poprzez wprowadzenie preferencji punktowych i finansowych w programie FENG, a także w programach ukierunkowanych na określone zagadnienia związane z procesem innowacyjnym, nie posiadających ograniczeń tematycznych. Umożliwi to koncentrację wsparcia na wskazanych obszarach i technologiach. Działania ukierunkowane na KIS drugiej prędkości powinny również uwzględniać wsparcie finansowe w ramach programu FENG, a także w programach nie posiadających ograniczeń tematycznych, jednak w mniejszej skali niż będzie to miało miejsce w odniesieniu do KIS pierwszej prędkości. Wprowadzenie preferencji (przekładających się na adekwatny wzrost punktacji w ocenie projektów) w Priorytecie 1, np. dla konsorcjów z udziałem przedsiębiorców oraz organizacji badawczych; natomiast w Priorytecie 2, w projektach obejmujących zakresem: • zwiększanie zdolności sektora nauki do współpracy poprzez 1) realizację Międzynarodowych Agend Badawczych, 2) projekty teamowe, które będą wdrażane na podstawie doświadczeń wcześniejszych programów First Team, Team i TeamTech oraz konsorcjów ponadregionalnych TeamNet, a także 3) współpracę najlepszych zespołów badawczych w konsorcjach w obszarach strategicznych, 4) wsparcie infrastruktury organizacji badawczych;	

				• wspieranie inicjatyw wyselekcjonowanych na poziomie UE (np. Seal of Excellence, IPCEI); • alternatywne metody finansowania i realizacji prac badawczo-rozwojowych (np. transfer technologii z organizacji badawczych, Granty na Eurogranty).	
3	Badanie wykazało istnienie luki technologicznej między polskim potencjałem technologicznym i światowymi liderami.	Należy wspierać zaangażowanie polskich jednostek naukowych oraz naukowców we współpracę międzynarodową, która jest istotnym kanałem transferu wiedzy i dobrych praktyk z zagranicy.	MRiT NCBiR MEiN NAWA NCN	Zwiększenie nakładów na realizację projektów międzynarodowych oraz międzynarodową mobilność naukowców. Przeprowadzenie analizy występowania pozafinansowych barier dla współpracy międzynarodowej.	Strategiczna
4	Najlepsi naukowcy pracowali zarówno w wiodących jednostkach wskazanych w poszczególnych obszarach, jak i poza nimi. Występowały między nimi różnice pod względem skali publikowania i wpływu ich prac.	Wprowadzenie instrumentów wspierających naukowców na różnych etapach kariery zawodowej, głównie w zakresie pozyskiwania pierwszych grantów i projektów.	MEiN Jednostki naukowe	Stworzenie systemu wspierającego indywidualnych naukowców w aplikowaniu o Granty Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych i Marie Skłodowska-Curie Actions. Utrzymanie możliwości realizacji projektów w każdej dyscyplinie naukowej w zakresie zarówno badań podstawowych, jak i aplikacyjnych. Zwiększenie eksperckiego wsparcia naukowców na etapie przygotowywania wniosków – budowa systemu profesjonalnego wsparcia naukowców w ramach jednostek naukowych, w pozyskiwaniu projektów w priorytetowych obszarach badawczych. Odciążenie naukowców w zakresie działalności administracyjnej i finansowej w procesie przygotowywania wniosków, a także opracowanie strategii pozyskiwania grantów w jednostkach naukowych.	Strategiczna
5	Wyniki analizy potencjału technologicznego Polski i polskich jednostek naukowych w ramach wiodących na świecie obszarów technologicznych pokazały zdecydowanie większą koncentrację na osiągnięciach publikacyjnych niż patentowych.	Wzmocnienie komponentu „transferu wiedzy i technologii" w ocenie parametrycznej, zgodnie z działaniem w projekcie Strategii Produktywności 2030 dotyczącym wzmacniania sektora szkolnictwa wyższego i nauki w zakresie organizacji i zarządzania.	MEiN (zespół doradczy ds. opracowania założeń ewaluacji)	Podniesienie lub zniesienie obecnego limitu patentów zgłaszanych w ramach ewaluacji działalności naukowej. Specjalne dowartościowanie w punktacji patentów uzyskiwanych na rynkach Triady. Jednocześnie punkty powinny być przyznawane za patenty, które przyczyniły się do uzyskania związanych z nimi korzyści finansowych. Podniesienie limitu punktów możliwych do uzyskania przez podmiot z tytułu komercjalizacji. Uwzględnienie precyzyjnych wskaźników mierzących korzyści finansowe osiągane przez instytucję naukową w wyniku: 1) samodzielnego dysponowania	Strategiczna

				opatentowanym wynalazkiem, 2) udzielania zgody na korzystanie z wynalazku objętego patentem podmiotom trzecim w ramach umowy licencyjnej, oraz 3) sprzedaży patentu.	
6		Wsparcie instytucji naukowych w staraniach o uzyskanie i utrzymanie ochrony patentowej w ramach wskazanych, wiodących na świecie obszarów technologicznych, w szczególności na rynkach Triady. Zasadne przy tym jest wspieranie całego procesu komercjalizacji w jednostkach naukowych, tak aby ostatecznym celem nie było jedynie uzyskanie patentu, ale wprowadzenie opatentowanego wynalazku na rynek.	MEiN NCBR	Zapewnienie możliwości pozyskania w ramach konkursów dofinansowania zarówno na ubieganie się, jak i późniejsze utrzymanie ochrony patentowej w przypadku sukcesu. Zagwarantowanie również eksperckiego wsparcia na etapie przygotowywania formalności związanych z ubieganiem się o uzyskanie patentu na rynkach zagranicznych (np. wspieranie jednostek naukowych w badaniach zdolności patentowej poprzez dofinansowywanie usług rzeczników patentowych). Wsparcie zgłoszeń patentowych (przede wszystkim na rynkach Triady) powinno dotyczyć projektów zakładających współpracę jednostek naukowych z sektorem przedsiębiorstw. Warunkiem otrzymania wsparcia byłoby wykazanie ciągłości procesu komercjalizacji. Pozwoli to ograniczyć sytuacje, w których dofinansowanie ochrony własności patentowej nie przekłada się na późniejsze korzyści finansowe z tego tytułu.	Operacyjna
7	Badanie wykazało duże zróżnicowanie potencjału jednostek naukowych, także w wymiarze regionalnym.	Wspieranie współpracy między jednostkami z różnymi poziomami potencjału w celu transferu wiedzy i dobrych praktyk.	MRiT NCBiR MEiN	Tworzenie programów stymulujących współpracę między jednostkami naukowymi w Polsce. Uwzględnienie w istniejących programach możliwości i/lub zachęt do współpracy w ramach realizowanych projektów.	Operacyjna
8	Badanie wykazało najlepsze jednostki naukowe w określonych obszarach technologicznych, jednak nie wskazuje uwarunkowań ich sukcesu.	Wskazanie dobrych praktyk najlepszych jednostek naukowych w wiodących na świecie obszarach technologicznych jako wzorów możliwych do zastosowania w innych podmiotach.	MRiT	Przeprowadzenie pogłębionego badania, którego celem będzie określenie uwarunkowań sukcesu technologicznego najlepszych jednostek naukowych w poszczególnych obszarach w sposób jakościowy. Badanie powinno objąć zakresem analizę: • warunków sprzyjających powstawaniu licznych i wartościowych publikacji, • czynników warunkujących zgłaszanie patentów, • czynników sprzyjających pozyskiwaniu projektów (krajowych, unijnych i międzynarodowych), • barier rozwoju technologicznego – przyczyn niskich wyników (lub ich braku) we wskaźnikach dotyczących publikacji, patentów i projektów.	Operacyjna

				Badanie powinno uwzględniać m.in. analizę zasobów instytucjonalnych, kadrowych, infrastrukturalnych jednostek naukowych, warunki i organizację pracy w jednostce, ocenę przewag konkurencyjnych w stosunku do uczelni w Polsce i za granicą, a także poziom i zakres współpracy wiodących jednostek z instytucjami zagranicznymi.	
9	Ważnym elementem analizy krajowych inteligentnych specjalizacji pod kątem zakresu obejmowanych wiodących na świecie technologii była weryfikacja ich przyporządkowania przez ekspertów z Grup Roboczych ds. KIS. Istotne wydaje się większe włączenie Grup Roboczych ds. KIS w dalsze prace i analizy nad zawartością inteligentnych specjalizacji w odniesieniu do wskazanych obszarów technologicznych.	Przeprowadzenie analiz eksperckich łączących opinie przedstawicieli grup roboczych ds. KIS z wynikami analizy zasobów, aktywności i osiągnieć jednostek naukowych. Pozwoli to na pełniejszą weryfikację listy i zakresu KIS w odniesieniu do wybranych obszarów technologicznych.	MRiT	Przeprowadzenie warsztatów lub paneli eksperckich z przedstawicielami Grup Roboczych ds. KIS w celu ustalenia zapotrzebowania rynkowego na technologie i obszary technologiczne. Zakres tematyczny takich spotkań powinien obejmować m.in. uszczegółowienie i aktualizację opisów KIS o wskazane obszary technologiczne oraz zdefiniowanie celów strategicznych i wskazanie trendów rozwojowych w ramach KIS w dłuższej perspektywie czasowej, w tym w ramach planowanych programów badawczych.	Operacyjna

Bibliografia

Aharonson B. S., Schilling M. A., Mapping the technological landscape: Measuring technology distance, technological footprints, and technology evolution, *Research Policy,* vol. 45(1), 81–96, 2016.

Capello R., *Regional Economics.* Abingdon & New York, Routledge 2015.

Dernis H., Squicciarini M., de Pinho R., Detecting the emergence of technologies and the evolution and co-development trajectories in science (DETECTS): a 'burst'analysis-based approach, *The Journal of Technology Transfer,* vol. 41(5), 930–960, October 2016.

Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030: aktualizacja wyników oraz krajowa strategia inteligentnej specjalizacji (smart specialization), Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2012.

Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki, Program na lata 2021–2027, Projekt Programu po konsultacjach społecznych, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa 2021, https://www.poir.gov.pl/media/103203/FENG_po_konsultacjach_spolecznych.pdf, dostęp: 07.12.2021.

Hollanders H., Es-Sadki N., Rantcheva A., European Innovation Scoreboard 2021, European Commission, Luxembourg, 2021, https://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards/index_en.htm, dostęp: 07.12.2021.

Klincewicz K., Żemigała M., Mijal M., *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi,* Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa, 2012.

Knapińska A. i in., Nauka w Polsce 2019, Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2019, dostęp: 07.12.2021.

Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS) – aktualizacja 2020 r., Załącznik nr 2 do Strategii Produktywności 2030, Ministerstwo Rozwoju, Warszawa 2020, https://smart.gov.pl/images/Krajowa_Inteligentna_Specjalizacja_-_za_nr_2.pdf, dostęp: 30.11.2021.

Krajowe Inteligentne Specjalizacje, wersja 7 (obowiązuje od 1 stycznia 2021 r.), Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii, Warszawa https://smart.gov.pl/images/Opisy_KIS__werja_7_FINAL_2021_do_publikacji.pdf, dostęp: 30.11.2021.

Poziomy gotowości technologicznej, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, Warszawa, https://www.ncbr.gov.pl/fileadmin/POIR/7_1_1_1_2020/dokumenty_dodatkowe/10_Poziomy_gotowosci_technologicznej.pdf, dostęp: 31.03.2021.

Simon H., Sick N., Technological distance measures: new perspectives on nearby and far away, *Scientometrics,* vol. 107(3), 1299–1320, June 2016.

Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.), Ministerstwo Rozwoju, Departament Strategii Rozwoju, Warszawa, 2017.

Strategia Produktywności 2030 – projekt, wersja z 15.04.2021, Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii, Warszawa 2021.

WIPO, Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis. World Intellectual Property Organization, Geneva, 2021, https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf, dostęp: 07.12.2021.

Spis rysunków

Wykres 3.1.1 Ilustracja sposobu wyboru technologii 22
Wykres 4.1. Pozycja Polski względem Unii Europejskiej w liczbie zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych per capita, średnia dla UE = 1* 40
Wykres 4.2. Pozycja Polski względem USA w liczbie zgłoszeń patentowych oraz publikacji naukowych per capita, średnia dla USA = 1* 41
Mapa 5.1.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze nanotechnologii według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 45
Wykres 5.1.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze nanotechnologii 48
Wykres 5.1.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze nanotechnologii 52
Mapa 5.2.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii chemicznych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 55
Wykres 5.2.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii chemicznych 58
Wykres 5.2.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii chemicznych 62
Wykres 5.2.3. Naukowcy z największą liczbą zgłoszeń patentowych w obszarze technologii chemicznych w okresie 2010–2019 63
Mapa 5.3.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii energetycznych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 65
Wykres 5.3.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii energetycznych 68
Wykres 5.3.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii energetycznych 72
Mapa 5.4.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 76
Wykres 5.4.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych 78
Wykres 5.4.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych 82
Mapa 5.5.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii inżynierii cywilnej według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 86
Wykres 5.5.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii inżynierii cywilnej 89
Wykres 5.5.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii inżynierii cywilnych 91

Mapa 5.6.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii lotniczych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 94
Wykres 5.6.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii lotniczych 97
Wykres 5.6.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii lotniczych 100
Mapa 5.7.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 103
Wykres 5.7.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych 107
Wykres 5.7.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych 110
Wykres 5.7.3. Naukowcy z największą liczbą zgłoszeń patentowych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych w okresie 2010–2019 112
Mapa 5.8.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 114
Wykres 5.8.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji 117
Wykres 5.8.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji 120
Mapa 5.9.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii pomiarowych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 123
Wykres 5.9.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii pomiarowych 127
Wykres 5.9.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii pomiarowych 129
Wykres 5.9.3. Naukowcy z największą liczbą zgłoszeń patentowych w obszarze technologii pomiarowych w okresie 2010–2019 130
Mapa 5.10.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii rolno-spożywczych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 133
Wykres 5.10.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba zgłoszeń patentowych, liczba publikacji oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w obszarze technologii rolno-spożywczych 136
Wykres 5.10.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii rolno-spożywczych 140
Mapa 5.11.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 143

Wykres 5.11.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba zgłoszeń patentowych w latach 2010–2018, liczba publikacji w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania 146
Wykres 5.11.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania 150
Mapa 5.12.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii środowiskowych według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową..... 153
Wykres 5.12.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii środowiskowych 156
Wykres 5.12.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii środowiskowych 160
Mapa 5.13.1. Rozmieszczenie 15 wiodących jednostek naukowych w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej według wskaźnika syntetycznego obejmującego potencjał kadrowy i publikacyjny oraz aktywność patentową i projektową 164
Wykres 5.13.1. Wyniki działalności naukowo-badawczej: liczba publikacji i zgłoszeń patentowych w latach 2010–2019 oraz liczba nadanych stopni doktora i doktora habilitowanego w latach 1999–2019 w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej 168
Wykres 5.13.2. Sieć współpracy instytucji naukowych z podmiotami spoza systemu POL-on w ramach konkursów ukierunkowanych na projekty aplikacyjne i rozwojowe w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej 171
Wykres 5.14.1.Liczba strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w 2018 roku..... 176
Wykres 5.14.2. Wartość strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w 2018 roku (mln zł) 176
Mapa 5.14.1. Liczba strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w poszczególnych województwach w 2018 roku 177
Mapa 5.14.2. Wartość strategicznej infrastruktury badawczej w jednostkach naukowych w poszczególnych województwach w 2018 roku 178

Spis tabel

Tabela 3.3.1. Zakres materiału empirycznego dotyczącego aktywności projektowej 26
Tabela 3.3.2. Miary wykorzystane do obliczenia wskaźnika syntetycznego dla wiodących jednostek naukowych 29
Tabela 3.3.3. Miary wykorzystane do obliczenia wskaźnika syntetycznego dla wiodących naukowców 30
Tabela 4.1. Wybrane technologie i obszary technologiczne 32
Tabela 4.2. Luka technologiczna Polski na tle światowym i wybranych krajów w latach 2010–2019 36
Tabela 4.3. Zgłoszenia patentowe per capita 2010–2019 (PATSTAT) 38
Tabela 4.4. Publikacje naukowe na 1 mln mieszkańców 2010–2019 39
Tabela 4.5. Wskaźniki udziału i specjalizacji dla Polski w podziale na obszary technologiczne (2010–-2019) 42
Tabela 5.1.1. Ranking instytucji w obszarze nanotechnologii według wskaźnika syntetycznego 46
Tabela 5.1.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze nanotechnologii 50
Tabela 5.1.3. Ranking naukowców w obszarze nanotechnologii według wskaźnika syntetycznego 53
Tabela 5.2.1. Ranking instytucji w obszarze technologii chemicznych według wskaźnika syntetycznego 56
Tabela 5.2.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii chemicznych 59
Tabela 5.2.3. Ranking naukowców w obszarze technologii chemicznych według wskaźnika syntetycznego 64
Tabela 5.3.1. Ranking instytucji w obszarze technologii energetycznych według wskaźnika syntetycznego 66
Tabela 5.3.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii energetycznych 70
Tabela 5.3.3. Ranking naukowców w obszarze technologii energetycznych według wskaźnika syntetycznego .. 74
Tabela 5.4.1. Ranking instytucji w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych według wskaźnika syntetycznego 77
Tabela 5.4.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych 81
Tabela 5.4.3. Ranking naukowców w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych według wskaźnika syntetycznego 84
Tabela 5.5.1. Ranking instytucji w obszarze technologii inżynierii cywilnej według wskaźnika syntetycznego 87
Tabela 5.5.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii inżynierii cywilnej 91
Tabela 5.5.3. Ranking naukowców w obszarze technologii inżynierii cywilnej według wskaźnika syntetycznego 93
Tabela 5.6.1. Ranking instytucji w obszarze technologii lotniczych według wskaźnika syntetycznego 95
Tabela 5.6.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii lotniczych 99
Tabela 5.6.3. Ranking naukowców w obszarze technologii lotniczych według wskaźnika syntetycznego 102
Tabela 5.7.1. Ranking instytucji w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych według wskaźnika syntetycznego 104
Tabela 5.7.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych 109
Tabela 5.7.3. Ranking naukowców w obszarze technologii medycznych i farmaceutycznych według wskaźnika syntetycznego 113
Tabela 5.8.1. Ranking instytucji w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji według wskaźnika syntetycznego 115
Tabela 5.8.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji 119
Tabela 5.8.3. Ranking naukowców w obszarze technologii pakowania, magazynowania i manipulacji według wskaźnika syntetycznego 121
Tabela 5.9.1. Ranking instytucji w obszarze technologii pomiarowych według wskaźnika syntetycznego 124

Tabela 5.9.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii pomiarowych 128
Tabela 5.9.3. Ranking naukowców w obszarze technologii pomiarowych według wskaźnika syntetycznego ... 131
Tabela 5.10.1. Ranking instytucji w obszarze technologii rolno-spożywczych według wskaźnika syntetycznego 134
Tabela 5.10.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii rolno-spożywczych 138
Tabela 5.10.3. Ranking naukowców w obszarze technologii rolno-spożywczych według wskaźnika syntetycznego 142
Tabela 5.11.1. Ranking instytucji w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania według wskaźnika syntetycznego 144
Tabela 5.11.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania 148
Tabela 5.11.3. Ranking naukowców w obszarze technologii systemów kontroli i sterowania według wskaźnika syntetycznego 152
Tabela 5.12.1. Ranking instytucji w obszarze technologii środowiskowych według wskaźnika syntetycznego . 154
Tabela 5.12.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii środowiskowych 158
Tabela 5.12.3. Ranking naukowców w obszarze technologii środowiskowych według wskaźnika syntetycznego 161
Tabela 5.13.1. Ranking instytucji w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej według wskaźnika syntetycznego 166
Tabela 5.13.2. Projekty realizowane w ramach funduszy unijnych, programów krajowych oraz programów międzynarodowych w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej 170
Tabela 5.13.3. Ranking naukowców w obszarze technologii wytwarzania i produkcji przemysłowej według wskaźnika syntetycznego 173
Tabela 6.1. Liczba przypisanych obszarów technologicznych i technologii do tytułów KIS 182

Załączniki

Załącznik 1. Wybrane technologie, uszczegółowienie ich zakresu oraz przypisanie do obszaru technologicznego

Załącznik 2. Luka technologiczna na podstawie całego portfolio zgłoszeń patentowych w poszczególnych latach 2010–2019

Załącznik 3. Wskaźniki udziału i specjalizacji na poziomie obszarów technologicznych dla wybranych krajów

Załącznik 4. Wskaźniki zgłoszeń patentowych w podziale na technologie i kraje

Załącznik 5. Tabele i wykresy zawierające szczegółowe wyniki dotyczące potencjału jednostek naukowych w wytypowanych obszarach technologicznych

Załącznik 6. Spis skróconych nazw instytucji

Załącznik 7. Wykaz projektów finansowanych z programu Horyzont 2020 oraz pozostałych funduszy unijnych, programów krajowych i międzynarodowych z przyporządkowaniem do wytypowanych wiodących technologii na świecie