

Konkurencyjność technologiczna przetwórstwa przemysłowego krajów Grupy Wyszehradzkiej: główne tendencje w latach 2011-2021¹

Edward Molendowski, *WSB University (Dąbrowa Górnicza, Poland)*

E-mail: edward.molendowski@wsb.edu.pl

<https://orcid.org/0000-0003-0803-1592>

Kinga Nawracaj-Grygiel, *Krakow University of Economics (Cracow, Poland)*

E-mail: nawracak@uek.krakow.pl

<https://orcid.org/0000-0002-6547-6101>

Marta Ulbrych, *Krakow University of Economics (Cracow, Poland)*

E-mail: marta.ulbrych@uek.krakow.pl

<https://orcid.org/0000-0003-3886-371X>

Streszczenie

Celem artykułu jest prezentacja wyników analizy dotyczącej poziomu konkurencyjności technologicznej przetwórstwa przemysłowego gospodarek krajów Grupy Wyszehradzkiej na tle uśrednionych wyników osiąganych przez Unię Europejską w okresie badawczym 2011-2021. Mimo że problematyka konkurencyjności jest szeroko podejmowana w literaturze przedmiotu, nadal istnieje duża luka badawcza obejmująca nowe determinanty wynikające z wyzwań czwartej rewolucji przemysłowej. Artykuł ten jest próbą przynajmniej częściowego uzupełnienia tej luki. W oparciu o studia literatury, zdefiniowano pojęcie konkurencyjności technologicznej oraz jej wymiary, co stanowiło punkt wyjścia do oceny międzynarodowej pozycji konkurencyjnej przetwórstwa przemysłowego gospodarek krajów V4. Badanie zostało przeprowadzone w oparciu o metodę analizy głównych składowych, dzięki której możliwe było opracowanie indeksu konkurencyjności.

¹ Publikacja została dofinansowana z dotacji przyznanej Uniwersytetowi Ekonomicznemu w Krakowie – Projekt nr 075/EEG/2022/POT.

Słowa kluczowe: Unia Europejska, kraje Grupy Wyszehradzkiej (V4), konkurencyjność technologiczna, przemysł 4.0, przetwórstwo przemysłowe

Technological competitiveness of manufacturing of the Visegrad Group countries: main trends in 2011–2021

Abstract

The aim of the article is to present the results of the analysis regarding the level of technological competitiveness of manufacturing in the V4 countries against the background of the results achieved by the EU during the research period 2011–2021. Even though the issue of competitiveness is widely discussed in the literature, there is still a large research gap regarding new determinants resulting from the challenges of the fourth industrial revolution. This article is an attempt to at least partially fill this gap. The concept of technological competitiveness and its dimensions were defined, which was the starting point for assessing the international competitive position of manufacturing in the V4 economies. Development of manufacturing competitiveness index was conducted based on the principal components analysis method.

Keywords: European Union, Visegrad Group countries (V4), technological competitiveness, industry 4.0, manufacturing

Jednym z kluczowych megatrendów, które kształtują współczesną gospodarkę globalną jest koncepcja *przemysłu 4.0*, odnosząca się do kolejnej fali rewolucji przemysłowej. Nawiązując do paradygmatu techno-ekonomicznego, rewolucje najczęściej rozumie się jako zespół powiązanych ze sobą przełomowych innowacji tworzących istotny zestaw współzależnych technologii (Perez 2009). Charakterystyczną cechą rewolucji technologicznych jest zdolność gospodarki do efektywnego wykorzystania nowych technologii, która obejmuje integrację łańcucha wartości, wprowadzanie nowych modeli biznesowych oraz cyfryzację produktów. Technologie i innowację należy postrzegać jako wynik złożonej relacji między badaniami naukowymi i technologicznymi, rozwojem zdolności produkcyjnych oraz organizacją biznesu i przemysłu (Miozzo, Walsh 2006). Przemiany te uwidaczniają się przede wszystkim w obszarze przetwórstwa przemysłowego, znajdując wyraz w materializacji przemysłu czwartej generacji, ale z czasem zaczną przenikać do innych dziedzin życia społecznego i gospodarczego (Więczorek 2018). Konkurowanie w gospodarce globalnej jest zatem obecnie determinowane możliwościami gospodarki krajowej i jej struktury do transformacji w kierunku tworzenia gospodarki cyfrowej i zwiększania poziomu wykorzystania nowoczesnych technologii.

Nie ulega wątpliwości, że międzynarodowa konkurencyjność krajów Grupy Wyszehradzkiej (V4) będzie zależeć od zdolności przemysłu przetwórczego tych gospodarek do generowania, absorpcji i dyfuzji postępu technicznego. Struktura wytwarzania PKB i zatrudnienia w krajach V4 wciąż bowiem w znaczącym stopniu bazuje na przemyśle przetwórczym.² Przy tym należy podkreślić, że postęp techniczny i rozprzestrzenianie

² Średnio 20% wartości dodanej PKB w 2022 roku było generowane przez przetwórstwo przemysłowe i sektor ten odpowiadał za 21% zatrudnienia (UNIDO 2023).

się innowacji przebiegają w sposób zróżnicowany w ramach poszczególnych sektorów, najszybciej jednak upowszechniają się w przemyśle. Implikuje to zróżnicowanie tempa i poziomu produktywności pomiędzy sektorami (Ulbrych 2016).

Koncepcje teoretyczne międzynarodowej konkurencyjności technologicznej

W kontekście zachodzących zmian w gospodarce globalnej pojawia się problem pomiaru i oceny międzynarodowej konkurencyjności gospodarki, tradycyjnie rozumianej jako zdolność narodu do zarządzania dostępnymi dobrami i umiejętnościami ludzkimi w celu osiągnięcia dobrobytu społecznego (Institute for Management Development 2009). Wydaje się, że określając istotę konkurencyjności należy czerpać z ewolucyjnego spojrzenia na procesy gospodarcze. Konkurencyjność powinna być ujmowana w sposób dynamiczny, przez pryzmat rozwoju dostępnych czynników produkcji, umiejętności wykorzystywania szans związanych z postępem globalizacji oraz zdolności dostosowawczej firm, sektorów i całej gospodarki do zmieniających się warunków otoczenia zewnętrznego (Żmuda, Molendowski 2016). Współcześnie nie ma wątpliwości, że wdrażane innowacje i przeobrażenia strukturalne sprzyjają rozwojowi gospodarczemu i wzrostowi konkurencyjności na poziomie makroekonomicznym (Kowalski, Weresa 2021). Gospodarki, które „mogą szybciej i lepiej produkować, dystrybuować i adaptować wiedzę, mają lepiej wykształconą siłę roboczą, są w stanie osiągnąć wyższe tempo wzrostu gospodarczego oraz zająć lepszą pozycję konkurencyjną” (Łobaziewicz 2008).

Znaczenie innowacji technologicznych dla wzrostu gospodarczego zyskało uznanie już w latach 60. XX wieku, kiedy R. Solow opublikował artykuł, w którym wykazał, że ponad połowa wzrostu produktywności w USA była spowodowana postępow naukowym i inżynierskim, udoskonaleniami przemysłowymi oraz know-how metod zarządzania i organizacji pracy (Gilipin 1975). W tym aspekcie warto także odwołać się do idei paradygmatu technologicznego, która została sformułowana w ramach ekonomii ewolucyjnej, a nawiązuje ona do teorii J. Schumpetera. W myśl tej koncepcji system społeczno-gospodarczy podlega ciągłemu procesowi przemian ewolucyjnych, który przekształca wszystkie jego elementy, a głównym czynnikiem napędzającym przemiany są właśnie nowe technologie (Szost 2015). Różnice w możliwościach technologicznych, jako pozacenowy czynnik warunkujący tempo wzrostu eksportu, a tym samym dynamikę wzrostu gospodarczego, podkreślał także w swoich badaniach Kaldor (1981), następnie zmiany w udziałach rynkowych danego kraju (czy to w wyniku innowacji, czy też naśladownictwa) powiązał ze zmianą technologiczną Fagerberg (1988). Odnosząc się do udziału gospodarki w szeroko rozumianej wymianie gospodarczej kraju należy ponadto rozróżnić międzynarodową pozycję konkurencyjną (konkurencyjność *ex post*, konkurencyjność wynikowa) i międzynarodową zdolność konkurencyjną (konkurencyjność *ex ante*, konkurencyjność czynnikowa), definiowaną jako długofalowa zdolność do sprostania konkurencji międzynarodowej.

Wobec nowych uwarunkowań, takich jak przyspieszenie tempa zmian technologicznych determinujących skuteczne uczestnictwo w procesie globalizacji (Dahlman 2018),

kategoria konkurencyjności technologicznej nabiera znaczenia. Podobnie jednak, jak w odniesieniu do pojęcia międzynarodowej konkurencyjności, w tym przypadku nie wypracowano ogólnie przyjętej definicji. Można jednak przyjąć, że konkurencyjność technologiczna stanowi element konkurencyjności międzynarodowej, a wzrost jej poziomu implikuje jednocześnie wzrost poziomu międzynarodowej konkurencyjności gospodarki.

Pojęcie *konkurencyjności technologicznej* jest najczęściej definiowane w sposób bardzo ogólny jako zdolności do skutecznego konkurowania na rynkach nowych towarów i usług (Fagerberg i in. 2004), czy „długotrwała zdolność do tworzenia wewnętrznych uwarunkowań ekonomicznych sprzyjających szybkiej adaptacji nowej wiedzy i istniejących technologii – ich tworzenia i rozwoju, w celu wzmocnienia własnego potencjału technologicznego” (Wosiek 2019: s. 232; por. Wosiek 2016; Fagerberg i in. 2004). „Źródłami tego potencjału są przede wszystkim innowacje w zakresie technologicznym, wiedza, technologie informacyjno-komunikacyjne oraz infrastruktura transportowa. [...] Wymiernym efektem wzrostu potencjału technologicznego jest zwiększenie udziałów w handlu międzynarodowym – zarówno w wymiarze ilościowym, jak i jakościowym” (Wosiek 2019: s. 232). W tym sensie konkurencyjność technologiczna gospodarek została empirycznie powiązana z większym sukcesem krajowych procesów produkcyjnych oraz wykorzystaniem technologii i działalności B+R (Álvarez-Aros, Bernal-Torres 2021).

Metodyka badawcza oraz selekcja i charakterystyka zmiennych objaśniających

Celem badania prezentowanego w niniejszym artykule jest ocena poziomu konkurencyjności technologicznej przetwórstwa przemysłowego gospodarek krajów V4 na tle Unii Europejskiej (UE). Zostało ono przeprowadzone przy użyciu metody analizy głównych składowych (PCA – *Principal Component Analysis*). Metoda ta pozwala na przekształcenie wielowymiarowych danych w dane o niższych wymiarach przy minimalnej utracie informacji dotyczących oryginalnych zmiennych i umożliwia wskazanie istnienia spójnych wzorców między poddanymi badaniu obiektami (Ding, He 2004; Feng i in. 2014). Zmienne są normalizowane, a następnie struktura danych jest upraszczana. Agregacji danych dokonuje się poprzez pogrupowanie silnie skorelowanych zmiennych – odrzuca się bowiem kierunki główne, dla których dane mają małą wariancję. W wyniku badania powstają nowe, nieskorelowane zmienne – główne składowe (Szttemberg-Lewandowska 2017). Składowe te są następnie porządkowane według kryterium wyjaśnianie przez niezmienności (Wnorowski 2011; Abdi i in. 2013).

Co istotne dla celu prezentowanego badania, obliczono także wskaźnik konkurencyjności, dzięki któremu porównano poziom konkurencyjności technologicznej gospodarek krajów V4 na tle wyników osiągniętych przez pozostałe kraje UE. Wskaźnik ten pozwala na obserwację trendów rozwojowych w czasie oraz porównanie poziomu konkurencyjności wybranych krajów (Kurek i in. 2022), co pozwala na uchwycenie ujęcia statycznego oraz dynamicznego (Żmuda, Molendowski 2016). W celu opracowania indeksu wartości składowej głównej każdego przypadku – gospodarki zostały poddane normalizacji. Głównym celem tego rodzaju transformacji było doprowadzenie cech o różnych miarach do ich porównywalności (Borys 1980). W toku

analizy literatury przedmiotu zdecydowano się na wybór unitaryzacji zerowej. Dzięki zastosowaniu tej metody zapewniono równość długości przedziałów zmienności wartości indeksu (od 0 do 1), a im wyższa wartość indeksu tym wyższy poziom konkurencyjności (Jarocka 2015).

W oparciu o przegląd literatury (Fagerberg 1987; Yglesias 2003; Drabińska 2012; Ha-verkort, Zimmermann 2017; Siuta-Tokarska 2017; Kamble i in. 2018; Nhamo i in. 2020; Dou i in. 2021) dokonano systematyzacji głównych zmiennych objaśniających (Tabela 1), które warunkują poziom konkurencyjności technologicznej przetwórstwa przemysłowego.

Tabela 1. Wybrane zmienne objaśniające poziom konkurencyjności technologicznej przetwórstwa przemysłowego.

Wymiary konkurencyjności	Wskaźnik	Skrót	Źródło danych
Zdolność produkcyjna i eksportowa	Wartość dodana w przetwórstwie przemysłowym sektora średniej i wysokiej technologii jako % wartości dodanej przetwórstwa przemysłowego	MHVash	UNIDO
	Wartość dodana w przetwórstwie przemysłowym <i>per capita</i> (USD)	MVApc	UNIDO
	Eksport przetwórstwa przemysłowego średniej i wysokiej technologii jako % całkowitego eksportu przetwórstwa przemysłowego	MHXsh	UNIDO
	Realna produktywność pracy w przemyśle przetwórczym na osobę zatrudnioną (t/t-1)	MRPpc	Eurostat 1
Kapitał ludzki	Personel sektora badań i rozwoju (B+R) jako % ludności aktywnej zawodowo	RDEvol	Eurostat 2
	Udział zatrudnienia w przemyśle wysokich i średnio-wysokich technologii w całkowitym zatrudnieniu	EMHsh	Eurostat 3
	Udział zatrudnienia specjalistów ICT w całkowitym zatrudnieniu	ICTEsh	Eurostat 4
Infrastruktura badawczo-rozwojowa	Wydatki na badania i rozwój jako % PKB	RDEsh	Eurostat 5
	Zgłoszenia patentowe (na milion mieszkańców)	PAvol	Eurostat 6
	Łączne wydatki sektora rządowego i samorządowego na wykształcenie wyższe	EEsh	Eurostat 7

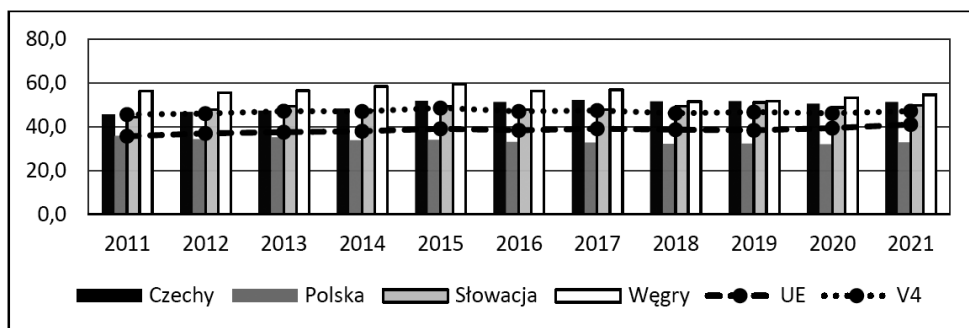
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: UNIDO (2023), *Competitive Industrial Performance Index (CIP)*; Eurostat 1 (2023), [NAMA_10_LP_A21] *Labour productivity and unit labour costs at industry level*; Eurostat 2 (2023), [SDG_09_30] *R&D personnel by sector*; Eurostat 3 (2023), [SDG_09_20] *Employment in high- and medium-high technology manufacturing and knowledge-intensive services sector*; Eurostat 4 (2023), [IISOC_SKS_ITSPT] *Employed ICT specialists*; Eurostat 5 (2023), [SDG_09_10] *Gross domestic expenditure on R&D by sector*; Eurostat 6 (2023), [SDG_09_40] *Patent applications to the European Patent Office by applicants' / inventors' country of residence*; Eurostat 7 (2023), [GOV_10A_EXPI] *General government expenditure by function (COFOG)*.

Do oceny gospodarek V4 w tym zakresie wybrano wskaźniki opisujące trzy obszary, tj. zdolność produkcyjną i eksportową, kapitał ludzki oraz infrastrukturę badawczo-rozwo-

ją. Nie wyczerpuje to oczywiście badanego problemu, a jest jedynie głosem w dyskusji na temat operacyjnego podejścia do zjawiska konkurencyjności technologicznej produkcji przemysłowej. Z uwagi na dostępność porównywananych danych za okres badawczy przyjęto lata 2011–2021.

Wartości dla zmiennych opisujących pierwszy wymiar, czyli zdolność produkcyjną i eksportową przedstawiono na rysunkach 1–4. Analizując dane zagregowane na *Rysunku 1* można zauważyć, że udział przetwórstwa przemysłowego średnich i wysokich technologii (MHVAsh) w gospodarkach V4 w badanym okresie stanowił 46,9% wartości dodanej przetwórstwa przemysłowego, podczas gdy średnia dla UE wyniosła 38,4%. Największy odsetek wartości dodanej przemysłu przetwórczego wygenerowało przetwórstwo przemysłowe średnich i wysokich technologii na Węgrzech (55,5%), a najmniej – w Polsce (33,5%). Polska i Węgry były tymi spośród krajów V4, które pogorszyły swoje wyniki na końcu okresu badawczego w porównaniu w rokiem początkowym – MHVAsh spadł bowiem w Polsce o 3 p.p., a na Węgrzech – o 1,8 p.p. Wynik dla całej poddanej badaniu grupy V4 poprawił się jedynie o 1,5 p.p (z 45,6% do 47,1%), podczas gdy średni wzrost dla całej UE wyniósł 5,4 p.p (z 35,7% do 41,1%). Największą zmianę (o 5,5 p.p.), zanotowano w Czechach (z 45,7% do 51,3%).

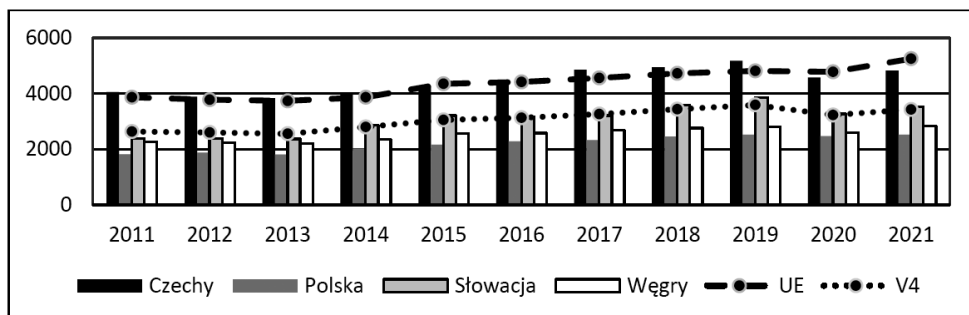
Rysunek 1. Wartość dodana przetwórstwa przemysłowego średnich i wysokich technologii jako % całkowitej wartości dodanej przetwórstwa przemysłowego (MHVAsh) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych UNIDO (2023).

Kształtowanie się wskaźnika wartości dodanej przetwórstwa przemysłowego per capita (MVApc) w latach 2011–2021 zilustrowano na *Rysunku 2*. Gospodarki krajów V4 w badanym okresie zanotowały niższy średni poziom MVApc, aniżeli inne kraje UE. Wyniósł on bowiem 3066 USD, podczas gdy średnia dla całej UE to 4380 USD. Wartość tego wskaźnika również bardziej dynamicznie rosta w UE – wzrost o 36%, podczas gdy dla V4 było to 30%. Średnio najwyższą MVApc odnotowano w Czechach (4444 USD), a najniższą – w Polsce (2208 USD). Najbardziej dynamiczny wzrost (o 47%) zaobserwowano na Słowacji, a najniższy – na Węgrzech (25%).

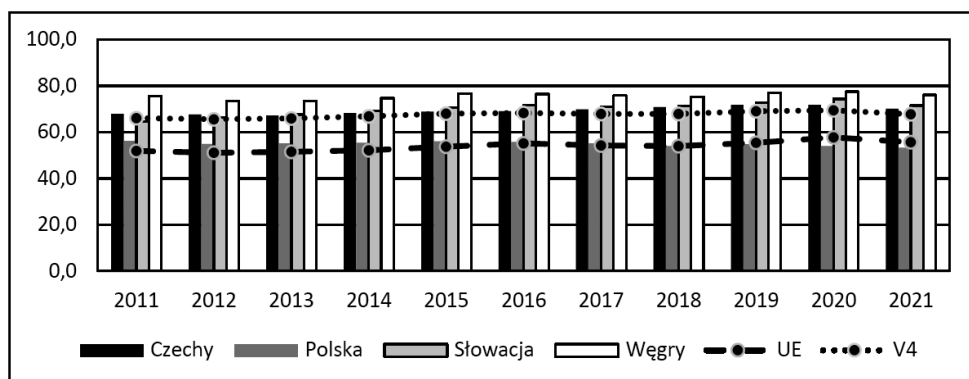
Rysunek 2. Wartość dodana przetwórstwa przemysłowego *per capita* (MVApc) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych UNIDO (2023).

Średnia wartość eksportu przetwórstwa przemysłowego średnich i wysokich technologii w gospodarkach krajów V4 w okresie 2011–2021 stanowiła 67,7% ich całkowitego eksportu, podczas gdy średni udział dla UE wyniósł 53,9% (Rysunek 3). Swoją wynik w tym zakresie najbardziej poprawiła Słowacja – wzrost o 6,9 p.p. (z 64,7% do 71,6%). Polska była jedynym krajem, gdzie MHXs spadł o 1,5 p.p. (z 56,2% w 2011 do 53,4% w 2021 roku). Węgry w badanym okresie odnotowały średnio najwyższą wartość tego wskaźnika (75,7%), najniższą wartość odnotowała Polska (55%). Warto zauważyć, że średnia wartość tego wskaźnika dla każdego kraju V4 była wyższa od średniej dla UE.

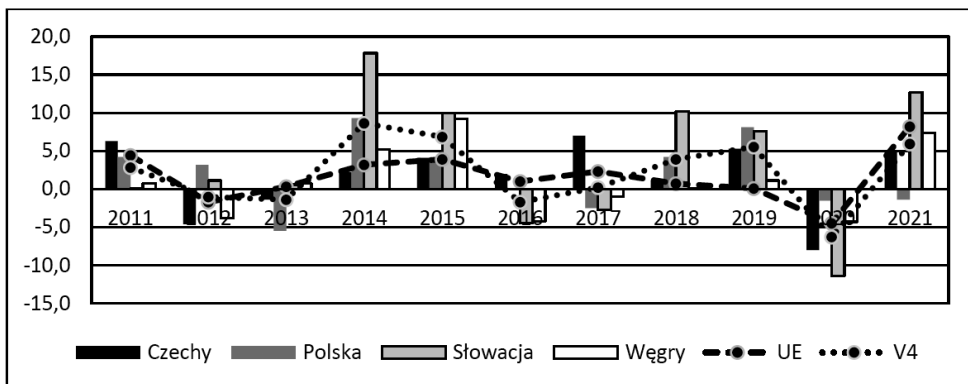
Rysunek 3. Eksport przetwórstwa przemysłowego średniej i wysokiej technologii jako % całkowitego eksportu (MHXsh) gospodarek krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021 (%).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych UNIDO (2023).

Realna wydajność pracy w przemyśle przetwórczym w przeliczeniu jednego zatrudnionego (MRPpc) wzrosła w badanych gospodarkach średniorocznie o 2,1%, a w UE – o 1,6% (Rysunek 4).

Rysunek 4. Realna wydajność pracy w przetwórstwie przemysłowym na jednego zatrudnionego (MRPpc) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021 (t/t-1).

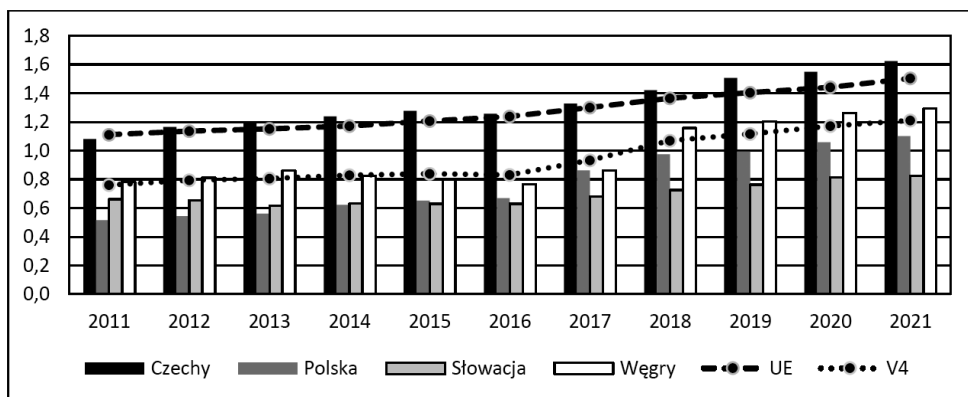


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat 1 (2023).

Wartość wskaźnika MRPpc zmieniała się najbardziej dynamicznie na Słowacji i wzrosła w badanym okresie średniorocznie o 3,8%. Wynik dla Polski był również wyższy niż średnia dla gospodarek V4 i UE, ponieważ wartość MRPpc wzrosła w badanym okresie rocznie średnio o 2%. Czechy znalazły się poniżej średniej dla V4 z wynikiem 1,7%, a najmniejszy wzrost zaobserwowano na Węgrzech – 1% (był to jedyny wynik wśród badanych gospodarek niższy niż średnia dla całej UE).

Drugi obszar opisujący konkurencyjność technologiczną przetwórstwa przemysłowego bazuje na zmiennych, których przebieg w badanym okresie przedstawiono na rysunkach 5–7.

Rysunek 5. Personel sektora badań i rozwoju jako % ludności aktywnej zawodowo (RDEvol) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021.

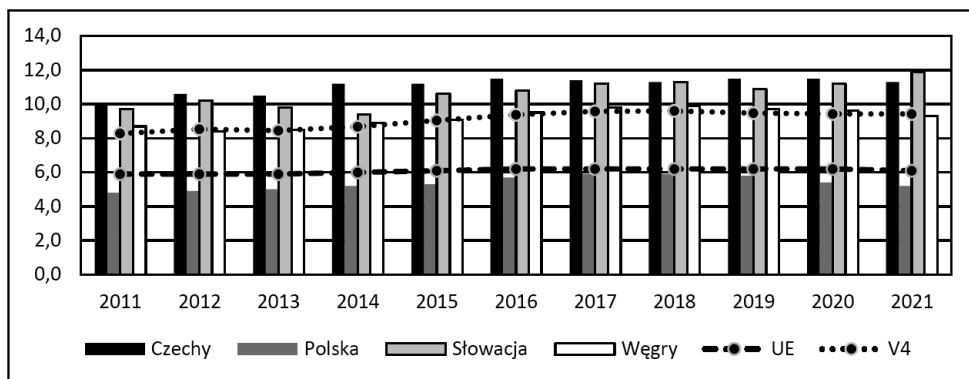


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat 2 (2023).

W latach 2011–2021 odsetek personelu pracującego w sektorze badań i rozwoju (RDEvol) w gospodarkach V4 wyniósł średnio 0,9%, co jest wynikiem niższym niż średnia dla UE o 0,4 p.p. (Rysunek 5). Jednak dynamika wzrostu wartości tego wskaźnika dla wszystkich krajów V4 była wyższa niż średnia dla UE i wyniosła odpowiednio 59% oraz 35%. RDEvol wzrósł w gospodarkach krajów V4 z 0,8% do 1,2%, a w UE zwiększył się z 1,1% do 1,5%. Wynik wyższy niż unijna średnia udało się osiągnąć jedynie Czechom. Jeśli chodzi o pozostałe kraje V4, to najniższy odsetek w badanym okresie zanotowano na Słowacji (średnio 0,7%). Najbardziej dynamiczny wzrost nastąpił w Polsce (poprawa z 0,5% do 1,1%), a swój wynik w najmniejszym stopniu poprawiła Słowacja (o 0,1 p.p.).

W badanym okresie gospodarki V4 zatrudniały średnio większy odsetek aktywnych zawodowo w przemyśle wysokich i średniowysokich technologii (EMHsh) niż wszystkie kraje UE (Rysunek 6). Stanowił on 9,1% w gospodarkach V4, podczas gdy średnia dla UE wyniosła 6,1%. Gospodarki V4 poprawiły też swój wynik na koniec okresu badawczego o 1,1 p.p. (z 8,3% do 9,4%), podczas gdy dla całej UE wzrósł on jedynie o 0,2 p.p. Średnio w całym okresie najwięcej zatrudnionych w przemyśle wysokich i średniowysokich technologii było w Czechach (11,1%) i na Słowacji (10,6%). Najmniejszy zaś odsetek był w Polsce 6,1%. Swój wynik największym zakresem poprawiła Słowacja (o 2,2 p.p.), a w najmniejszym – Polska (o 0,4 p.p.).

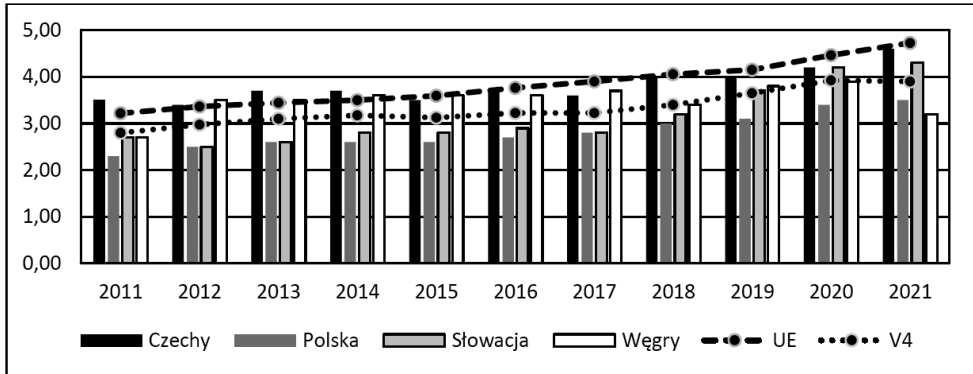
Rysunek 6. Udział zatrudnienia w przemyśle wysokich i średniowysokich technologii (EMHsh) w całkowitym zatrudnieniu w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat 3 (2023).

Udział zatrudnienia specjalistów ITC w całkowitym zatrudnieniu (ICTEsh) w gospodarkach V4 wyniósł średnio 3,3%, podczas gdy dla UE średni wynik to 3,8%. Najbardziej dynamicznie wartość wskaźnika wzrosła na Słowacji (o 1,6 p.p.), a najmniej – na Węgrzech (0,5 p.p.). W porównaniu z rokiem 2011, zatrudnienie specjalistów ICT w 2021 wzrosło w krajach V4 o 1,1 p.p., natomiast dla UE wzrost ten był większy – 1,5 p.p. (Rysunek 7).

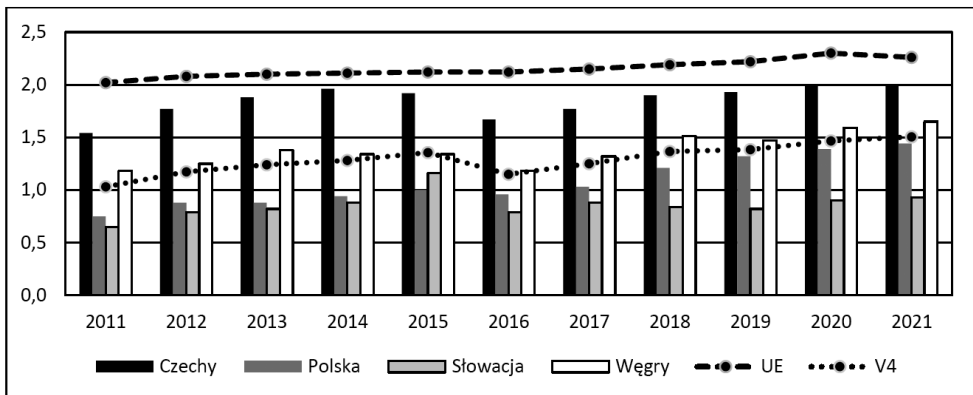
Rysunek 7. Udział zatrudnienia specjalistów ITC w całkowitym zatrudnieniu (ICTesh) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021 (%).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat 4 (2023).

Zmienne opisujące trzeci wymiar konkurencyjności technologicznej, tj. infrastrukturę badawczo-rozwojową, przedstawiono na rysunkach 8–10. Na podstawie danych zilustrowanych na *Rysunku 8* należy stwierdzić, że wydatki na badania i rozwój, mierzone jako procent PKB, były we wszystkich gospodarkach V4 (1,3%) niższe niż średni wynik dla UE (2,2%) w całym badanym okresie. Do unijnego poziomu zbliżyły się jedynie Czechy ze średnim wynikiem 1,8%. Najniższy poziom RDEsh zaobserwowano na Słowacji – 0,9%. Największą poprawę zaobserwowano w Polsce, wydatki wzrosły o 0,7 p.p. z 0,8% PKB do 1,4% PKB. Najmniejsza dynamika wzrostu wystąpiła na Słowacji – średnio 0,3 p.p.

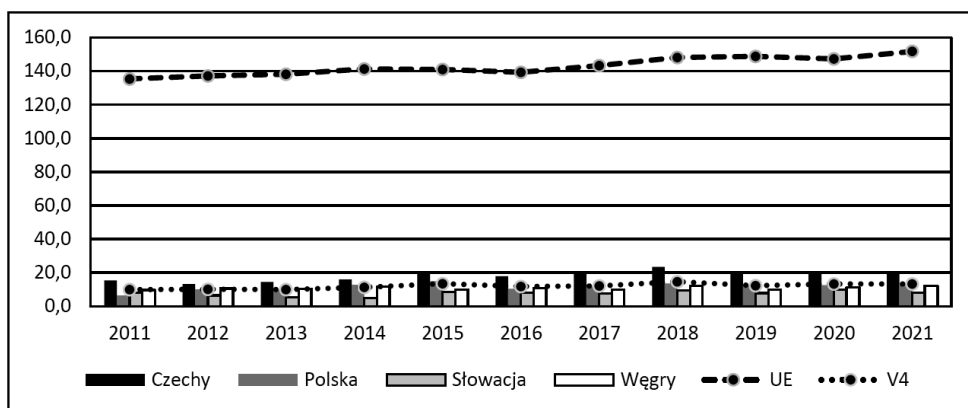
Rysunek 8. Wydatki na badania i rozwój jako % PKB (RDEsh) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat 5 (2023).

Na Rysunku 9 zaprezentowano kształtowanie się poziomu zgłoszeń patentowych (PAvol) w gospodarkach V4 na tle UE. Wskaźnik ten obliczany jest na podstawie liczby zgłoszeń według kraju pochodzenia innowatora, która następnie dzielona jest przez milion mieszkańców.

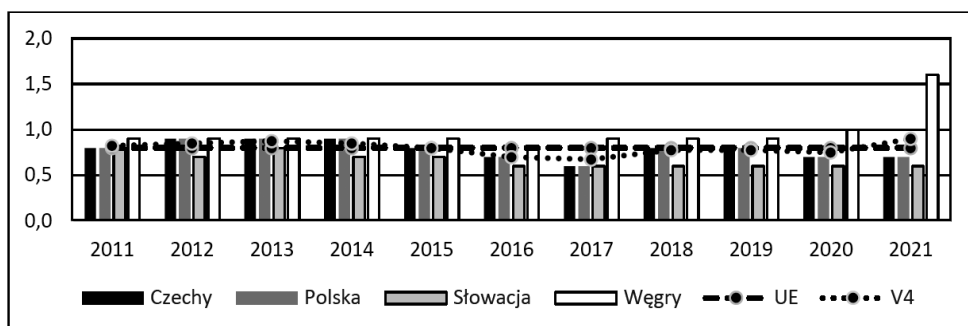
Rysunek 9. Zgłoszenia patentowe w gospodarkach krajów na milion mieszkańców (PAvol) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Eurostat 6 (2023).

W badanym okresie widoczna jest wyraźna różnica między wynikiem dla V4 a gospodarkami UE. Średnia liczba zgłoszeń patentowych w gospodarkach V4 wyniosła tylko 12, podczas gdy w UE było to 142,9. Średnio najwięcej zgłoszeń odnotowano w Czechach (17,9), następnie w Polsce i na Węgrzech – odpowiednio 11,7 i 10,7. Najmniej było ich na Słowacji – 7,6. W krajach V4 liczba zgłoszeń patentowych w okresie badawczym 2011–2021 wzrosła, największą poprawę zauważono w Polsce, a najmniejszą na Węgrzech (Rysunek 9).

Rysunek 10. Łączne wydatki sektora rządowego i samorządowego na edukację wyższą jako % PKB (EEsh) w gospodarkach krajów V4 na tle UE w latach 2011–2021.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat 7 (2023).

Poziom łącznych wydatków na edukację poniesionych przez sektor rządowy i samorządowy (EEsh) w krajach V4 był średnio podobny jak w UE i stanowił 0,8% PKB (*Rysunek 10*). Wynik powyżej średniej zarejestrowały jedynie Węgry, które w efekcie skokowego wzrostu wydatków w 2021 roku, zanotowały średni wyniki 1% PKB. Wzrost ten warunkowany był nowelizacją ustawy o finansowaniu szkolnictwa wyższego, gdyż wcześniejsza pomoc została uzupełniona o wsparcie badań naukowych i twórczości artystycznej oraz wsparcie oparte o osiągnięte wyniki (European Commission 2023). Najniższy odsetek nakładów (średnio 0,7% PKB) zaobserwowano na Słowacji, nieco wyższy – w Polsce i Czechach (0,8% PKB).

Wyniki badania i dyskusja

W efekcie badania przeprowadzonego metodą analizy PCA wygenerowano dziesięć składowych głównych, odpowiadających dziesięciu zmiennym wskazanym w *Tabeli 1*. Obliczone dla składowych miary – odchylenie standardowe, proporcję wariancji oraz skumulowaną wariancję przedstawiono w *Tabeli 2*.

Tabela 2. Analiza składowych głównych

Numer składowej głównej	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Odchylenie standardowe	2.1051	1.3713	1.1100	0.9161	0.6944	0.6639	0.5611	0.3748	0.3423	0.2961
Proporcja wariancji	0.4446	0.1887	0.1236	0.0842	0.0484	0.0442	0.0316	0.0141	0.0118	0.0088
Skumulowana wariancja	0.4446	0.6333	0.7570	0.8412	0.8895	0.9338	0.9654	0.9794	0.9912	1.0000

Źródło: Obliczenia własne autorów.

Analiza danych zawartych w *Tabeli 2* pozwala stwierdzić, że istnieje prawidłowa, malejąca tendencja wariancji, która dla każdej kolejnej składowej głównej jest mniejsza, a także, że trzy pierwsze składowe główne zawierają 75,7% informacji o oryginalnych zmiennych, a pierwsza składowa wyjaśnia około 45% całej zmienności. W efekcie, w *Tabeli 3* przedstawiono wartości ładunków czynnikowych dla trzech pierwszych składowych głównych. Wartości ładunków czynnikowych dla poszczególnych składowych określają korelację między daną zmienną a składowymi głównymi (Czopek 2013).

Wartości ładunków czynnikowych dla pierwszej składowej głównej wskazują, że kraje osiągające wysoki wynik zgodnie w pierwszą składową główną maksymalizują wyniki osiągnięte we wszystkich wymiarach konkurencyjności, tj. zdolności produkcyjnej

i eksportowej, kapitału ludzkiego, a także infrastruktury badawczo-rozwojowej. Zgodnie z drugą składową główną, kraje różnicowane są ze względu na wysokie wyniki w obszarze zdolności produkcyjnej, jednak niskie w obszarze infrastruktury badawczo-rozwojowej i kapitału ludzkiego. Z kolei, gospodarki maksymalizujące wynik według trzeciej składowej głównej, osiągają niskie rezultaty w obszarze infrastruktury badawczo-rozwojowej. Wyniki osiągane w obszarze kapitału ludzkiego nie wpływają znacząco na ostateczną pozycję, a w zakresie zdolności produkcyjnej i eksportowej charakteryzują się wysokim poziomem realnej wydajności w przetwórstwie przemysłowym.

Wyniki dla pierwszej składowej głównej stanowiły podstawę obliczenia wartości indeksu konkurencyjności technologicznej.

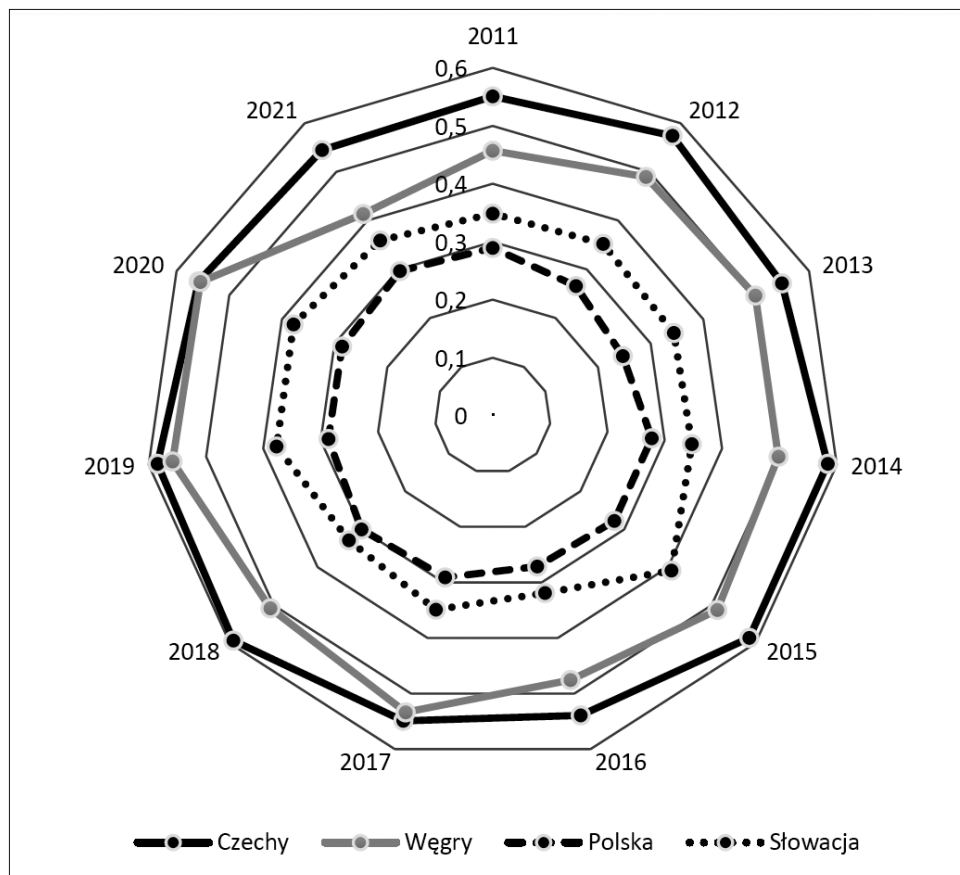
Tabela 3. Wartości ładunków czynnikowych

Wymiar konkurencyjności	Wskaźnik	Składowa główna		
		1	2	3
Zdolność produkcyjna i eksportowa	MHVash	0,3692	0,3727	0,0041
	MVApc	0,2599	0,5130	-0,0728
	MHXsh	0,0209	0,0319	0,7279
	MRPpc	0,3068	0,0454	0,4849
Kapitał ludzki	RDEvol	0,4163	-0,1680	0,0010
	EMHsh	0,1219	0,5672	-0,2260
	ICTEsh	0,3683	-0,2766	0,0875
Infrastruktura badawczo-rozwojowa	RDEsh	0,4273	-0,0840	-0,1915
	PAvol	0,4127	-0,2308	-0,0298
	Eesh	0,1573	-0,3288	-0,3654

Źródło: Obliczenia własne autorów.

Analizując dane przedstawione na *Rysunku 11*, można zauważyć, że spośród gospodarek krajów V4 najniższą konkurencyjnością technologiczną w całym badanym okresie charakteryzowała się Polska (średnia wartość indeksu wyniosła 0,28). Najwyższy poziom indeksu zanotowano w Czechach (średnio wyniósł on 0,56). Na drugiej pozycji uplasowały się Węgry ze średnim wynikiem 0,50, a na trzecim miejscu Słowacja ze średnią wartością wskaźnika 0,36. W badanym okresie swój wynik poprawiła Słowacja i Polska, a nieznaczny spadek wartości indeksu zaobserwowano w przypadku Węgier i Czech.

Rysunek 11. Wartość syntetycznego wskaźnika konkurencyjności technologicznej gospodarek krajów V4 w latach 2011–2021.

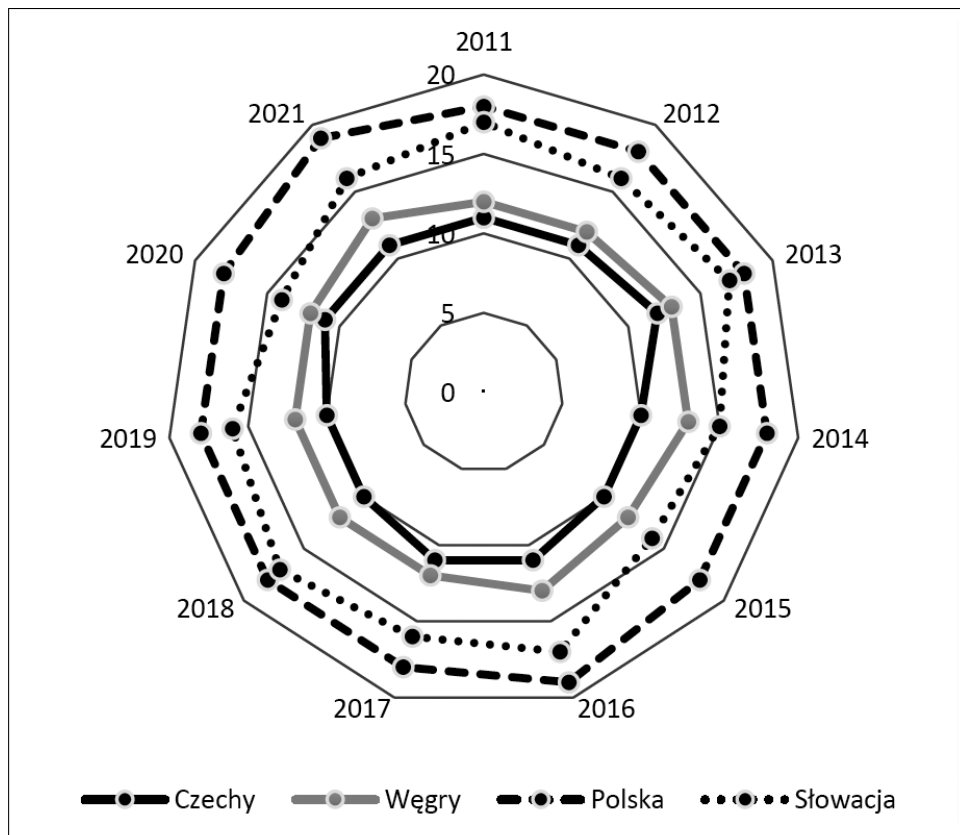


Źródło: Opracowanie własne autorów.

Dalej, na *Rysunku 12* zaprezentowano miejsca jakie zajmowały gospodarki krajów V4 w rankingu wszystkich krajów członkowskich UE.

Wśród gospodarek krajów V4 najwyższą pozycję w badanym okresie zajmowały Czechy, które uplasowały się średnio na 11 miejscu spośród wszystkich krajów UE. Tuż za Czechami były Węgry, średnio na 12 miejscu. Polska zajęła ostatnie miejsce wśród krajów V4 i 18 spośród wszystkich państw członkowskich UE, a na 16 miejscu znalazła się Słowacja. Swoją wynik w rankingu konkurencyjności technologicznej w badanym okresie poprawiła jedynie Słowacja (awans o 1 miejsce), pozycja Czech pozostała bez zmian w 2021 roku w porównaniu do początku okresu badawczego. Polska i Węgry odnotowały spadek o jedną pozycję.

Rysunek 12. Pozycja gospodarek krajów V4 w rankingu konkurencyjności technologicznej w latach 2011–2021.



Źródło: Opracowanie własne autorów.

Podsumowanie

Uwzględniając znaczenie produkcji przemysłowej w gospodarkach krajów V4, nie ulega wątpliwości, że ich międzynarodowa konkurencyjność zależy od zdolności przemysłu przetwórczego tych gospodarek do generowania, absorpcji i dyfuzji postępu technicznego. W niniejszym artykule podjęto próbę usystematyzowania pojęcia konkurencyjności technologicznej, zaproponowano ujęcie jej za pomocą trzech wymiarów: zdolności produkcyjnej i eksportowej, kapitału ludzkiego oraz infrastruktury badawczo-rozwojowej. Do wymienionych wymiarów zaproponowano łącznie 10 zmiennych, pozwalających zmierzyć potencjał i poziom zaawansowania analizowanych gospodarek. Następnie, na podstawie badań przeprowadzonych w oparciu o metodę PCA obliczono indeks konkurencyjności technologicznej gospodarek V4 na tle UE w okresie badawczym 2011–2021. Z przeprowadzonego badania wynika, że poziom konkurencyjności technologicznej gospodarek V4 był relatywnie niski. Na

najwyższym, 11. miejscu uplasowały się Czechy, następnie na 12. miejscu znalazły się Węgry, na 16. Słowacja, a Polska znalazła się dopiero na 18. miejscu. Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują bowiem, że gospodarki V4, mimo relatywnie wysokich wartości zmiennych w wymiarze zdolności produkcyjnej i eksportowej oraz zatrudnienia w przemyśle średniowysokich technologii, osiągają niskie wyniki w wymiarze infrastruktury badawczo-rozwojowej, a także wskaźników personelu B+R oraz zatrudnienia specjalistów ICT.

Edward Molendowski – dr hab., profesor Wyższej Szkoły Biznesu w Dąbrowie Górniczej. Specjalizuje się w problematyce transformacji systemowej w krajach Europy Środkowo-Wschodniej, procesów integracyjnych w Europie oraz dyplomacji gospodarczej. Jest autorem lub współautorem kilku monografii. Opublikował ponad 160 artykułów naukowych w czasopismach krajowych i zagranicznych, wygłosił kilkadziesiąt referatów na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Wybrane publikacje: Kawecka-Wyrzykowska E., Ambroziak Ł., Molendowski E., Polan W. (2017), *Intra-Industry Trade of the New Member States. Theory and Empirical Evidence*, PWN Warszawa; Molendowski E., Polan W. (2007), *Dyplomacja gospodarcza – rola i znaczenie w polityce zagranicznej państwa*, Wolters Kluwer Polska.

Edward Molendowski – Ph.D., D.Sc., professor at the WSB University. He specialises in systemic transformation in Central and Eastern European countries, integration processes in Europe, and economic diplomacy. He is the author or co-author of several monographs. He has published over 160 scientific articles in domestic and foreign journals, and has presented many papers at national and international conferences. Selected publications: Kawecka-Wyrzykowska E., Ambroziak Ł., Molendowski E., Polan W. (2017), *Intra-Industry Trade of the New Member States. Theory and Empirical Evidence*, PWN Warsaw; Molendowski E., Polan W. (2007), *Dyplomacja gospodarcza – rola i znaczenie w polityce zagranicznej państwa*, Wolters Kluwer Poland.

Kinga Nawracaj-Grygiel – dr, adiunkt w Katedrze Międzynarodowych Stosunków Gospodarczych Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Jej zainteresowania naukowe skupiają się wokół polityki przemysłowej i konkurencyjności gospodarek. Wybrane publikacje: Nawracaj-Grygiel K. (2022), *Rozwiązania przemysłu 4.0 warunkiem dalszego rozwoju produkcji przemysłowej UE w świetle doświadczeń pandemii COVID-19*, „Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego”, t. 36, nr 2; Molendowski E., Nawracaj-Grygiel K., Ulbrych M. (2022), *The competitiveness of manufacturing in Poland and the other V4 countries against the backdrop of digital transformation challenges*, „Eastern European Journal of Transnational Relations”, vol. 6, no. 1.

Kinga Nawracaj-Grygiel – Ph.D., assistant professor at the Department of International Economics at Krakow University of Economics. The author's research interests are focused on the industrial policy and competitiveness of economies. Selected publications: Nawracaj-Grygiel K. (2022), *Rozwiązania przemysłu 4.0 warunkiem dalszego rozwoju produkcji przemysłowej UE w świetle doświadczeń pandemii COVID-19*, „Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego”, vol. 36, no. 2; Molendowski E., Nawracaj-Grygiel K., Ulbrych M. (2022), *The competitiveness of manufacturing in Poland and the other V4 countries against the backdrop of digital transformation challenges*, „Eastern European Journal of Transnational Relations”, vol. 6, no. 1.

Marta Ulbrych – dr, adiunkt w Katedrze Międzynarodowych Stosunków Gospodarczych Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Autorka publikacji na temat procesów globalizacji i regionalizacji światowej gospodarki. W pracach badawczych analizuje przede wszystkim znaczenie przemysłu i polityki przemysłowej we współczesnej gospodarce globalnej. Wybrane publikacje: Ulbrych M. (2020), *Regionalne zróżnicowanie potencjału przetwórstwa przemysłowego w Polsce w kontekście postulatu reindustrializacji*, „Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny”, t. 82, nr 2; Ulbrych M. (2020), *Progress in Achieving Sustainable Industrial Development – the Case of the Czech Republic and Poland*, „Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe”, vol. 23, no. 4.

Marta Ulbrych – Ph.D., assistant professor at the Department of International Economics at Krakow University of Economics. Author of publications on the processes of globalisation and regionalisation of the world economy. In her research, she mainly analyses the importance of manufacturing and industrial policy in the contemporary global economy. Selected publications: Ulbrych M. (2020), *Regionalne zróżnicowanie potencjału przetwórstwa przemysłowego w Polsce w kontekście postulatu reindustrializacji*, „Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny”, vol. 82, no. 2; Ulbrych M. (2020), *Progress in Achieving Sustainable Industrial Development – the Case of the Czech Republic and Poland*, „Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe”, vol. 23, no. 4.

➔ Bibliografia:

- ABDI Herve, WILLIAMS Lynne J., VALENTIN Dominique (2013), *Multiple factor analysis: principal component analysis for multitable and multiblock data sets*, „Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics”, vol. 5, no. 2. DOI: 10.1002/wics.1246
- ÁLVAREZ-AROS Eric L., BERNAL-TORRES Cesar A. (2021), *Technological competitiveness and emerging technologies in industry 4.0 and industry 5.0*, „Anais da Academia Brasileira de Ciências”, vol. 93 (1). DOI: 10.1590/0001-3765202120191290
- BORYS Tadeusz (1980), *Elementy teorii jakości*, Warszawa.
- CZOPEK Anna (2013), *Analiza porównawcza efektywności metod redukcji zmiennych – analiza składowych głównych i analiza czynnikowa*, „Studia Ekonomiczne”, nr 132.
- CORREA N. Mariano, TODOROV Valerio (2021), *Competitive Industrial Performance Report 2020*, UNIDO, <https://stat.unido.org/sites/default/files/2023-01/CIP-2020-full.pdf> (01.08.2023).
- DAHLMAN Carl (2018), *Technology, Globalization and International Competitiveness: Challenges for Developing Countries*, in: *Industrial development for the 21st century: Sustainable development perspectives*, United Nations, New York, https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/full_report.pdf#page=37 (05.09.2023).
- DING Chris, HE Xiaofeng (2004), *K-means clustering via principal component analysis*, „Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning”, Banff, Canada, 4–8 July 2004. DOI: 10.1145/1015330.1015408
- DOU Zixin, WU BeiBei, SUN Yanming, WANG Tao (2021), *The Competitiveness of Manufacturing and Its Driving Factors: A Case Study of G20 Participating Countries*, „Sustainability”, vol. 13, issue 3. DOI: 10.3390/su13031143
- DRABIŃSKA Danuta (2012), *Innowacyjność gospodarki w wymiarze współczesnym i w ujęciu historycznym*, „Kwartalnik Kolegium Ekonomiczno-Społecznego. Studia i Prace”, nr 2. DOI: 10.33119/KKESiP.2012.2.1

- EUROPEAN COMMISSION (2023), *Hungary. Higher education funding*, <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/hungary/higher-education-funding> (05.05.2023).
- EUROSTAT 1 (2023), [NAMA_10_LP_A21], *Labour productivity and unit labour costs at industry level*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NAMA_10_LP_A21__custom_7005908/default/table?lang=en (10.09.2023).
- EUROSTAT 2 (2023), [ISDG_09_30], *R&D personnel by sector*, https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_09_30_esmsip2.htm (10.09.2023).
- EUROSTAT 3 (2023), [ISDG_09_20], *Employment in high- and medium-high technology manufacturing and knowledge-intensive services sector*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/HTEC_EMP_REG2__custom_2338815/default/table?lang=en (10.09.2023).
- EUROSTAT 4 (2023), [ISOC_SKSLFI], *Employed ICT specialists – total*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT_specialists_in_employment (10.09.2023).
- EUROSTAT 5 (2023), [ISDG_09_10], *Gross domestic expenditure on R&D by sector*, https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/EN/sdg_09_10_esmsip2.htm (10.09.2023).
- EUROSTAT 6 (2023), [ISDG_09_40], *Patent applications to the European Patent Office by applicants' / inventors' country of residence*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_09_40/default/table?lang=en (10.09.2023).
- EUROSTAT 7 (2023), [IGOV_10A_EXP], *General government expenditure by function (COFOG)*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Government_expenditure_by_function_%E2%80%93_COFOG (10.09.2023).
- FAGERBERG Jan (1987), *A technology gap approach to why growth rates differ*, "Research Policy", vol. 16, issue 2-4. DOI: 10.1016/0048-7333(87)90025-4
- FAGERBERG Jan (1988), *International competitiveness*, "The Economic Journal", vol. 98, issue 391. DOI: 10.2307/2233372
- FAGERBERG Jan, KNELL Mark, SRHOLEC Martin (2004), *The Competitiveness of Nations: Economic Growth in the ECE Region*, "Working Papers on Innovation Studies" 20040223, Centre for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo.
- FENG Qi, LI Menggang, GONG Daqing (2014), *Research on the competitiveness of crediting rating industry using PCA method*, "Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)", vol. 7, issue 5. DOI: 10.3926/jiem.1275
- GILIPIN Robert (1975), *Technology, Economic Growth and International Competitiveness*, A report prepared for the use of the Subcommittee on Economic Growth of the Joint Economic Committee, Congress of the United States, Washington.
- HAVERKORT Boudewijn R., ZIMMERMANN Armin (2017), *Smart industry: how ICT will change the game!*, "IEEE Internet Computing", vol. 21, issue 1. DOI: 10.1109/MIC.2017.22
- INSTITUTE FOR MANAGEMENT DEVELOPMENT (2009), *World Competitiveness Yearbook 2009*, Lausanne.
- JAROCKA Marta (2015), *Wybór formuły normalizacyjnej w analizie porównawczej obiektów wielocechowych*, „Ekonomia i Zarządzanie”, nr 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.12846/j.em.2015.01.08>
- KAMBLE Sachin S., GUNASEKARAN Angappa, SHARMA Rohit (2018), *Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry*, "Computers in Industry", vol. 101. DOI: 10.1016/j.compind.2018.06.004

- KUREK Katarzyna A., HEIJMAN Wim, VAN OPHEM Johan, GĘDEK Stanisław, STROJNY Jacek (2022), *Measuring local competitiveness: comparing and integrating two methods PCA and AHP*, "Quality & Quantity", vol. 56. DOI: 10.1007/s11135-021-01181-z
- KOWALSKI Arkadiusz Michał, WERESA Marzenna Anna (red.) (2021), *Polska: Raport o konkurencyjności 2021. Bilateralna współpraca gospodarcza a przewagi konkurencyjne*, Warszawa.
- KALDOR Nicholas (1981), *The role of increasing returns, technical progress and cumulative causation in the theory of international trade and economic growth*, "Economie Appliquée (ISMEA)", vol. 34, no. 4.
- MIOZZO Marcela, WALSH Vivien (2006), *International Competitiveness and Technological Change*, Oxford University Press.
- NHAMO Godwell, NHEMACHENA Charles, NHAMO Senia (2020), *Using ICT indicators to measure readiness of countries to implement Industry 4.0 and the SDGs*, "Environmental Economics and Policy Studies", vol. 22. DOI: 10.1007/s10018-019-00259-1
- ŁOBAZIEWICZ Monika (2008), *Luka techniczna i technologiczna a konkurencyjność gospodarki opóźnionej technologicznie*, „Rocznik Nauk Społecznych”, tom XXXVI, zeszyt 3.
- PEREZ Carlota (2009), *Technological revolutions and techno-economic paradigms*, "Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics", no. 20, <http://hum.ttu.ee/wp/paper20.pdf> (05.08.2023).
- SIUTA-TOKARSKA Barbara (2017), *Zaawansowanie technologiczne przedsiębiorstw sektora MŚP w Polsce*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy”, z. 50(2). DOI: 10.15584/nsawg.2017.2.15
- SZOST Marcin (2015), *Paradygmaty i trajektorie technologiczne – studium przypadku broni pancерnej*, „Gospodarka w Praktyce i Teorii”, tom 41, nr 4. DOI: 10.18778/1429-3730.41.04
- SZTEMBERG-LEWANDOWSKA Mirosława (2017), *Analiza niezależnych głównych składowych*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego We Wrocławiu”, vol. 468.
- WIECZOREK Paweł (2018), *Czwarta rewolucja przemysłowa - wizja przemysłu nowej generacji – perspektywa dla Polski*, „Kontrola Państwowa”, rocznik 63 (2018), nr 3 (380).
- ULBRYCH Marta (2016), *Serwicyzacja produkcji przemysłowej. Wnioski dla Polski*, „Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, nr 3/2016 (81). DOI: 10.18276/frfu.2016.81-22
- UNIDO (2023), *Competitive Industrial Performance Index (CIP)*, <https://stat.unido.org/sdg> (04.08.2023).
- WNOROWSKI Henryk Jan (2011), *Instytucjonalne uwarunkowania działalności przedsiębiorstw w krajach Unii Europejskiej*, Białystok.
- WOSIEK Roman (2016), *Międzynarodowa konkurencyjność gospodarki – aspekty teoretyczne*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 269.
- WOSIEK Roman (2019), *Konkurencyjność technologiczna polskiej gospodarki. Stan obecny i perspektywy zmian*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy”, nr 57 (1/2019). DOI: 10.15584/nsawg.2019.1.15
- YGLESIAS Elmer (2003), *Porter vs. Porter: Modeling the technological competitiveness of nations*, "Scientometrics", vol. 57, no. 2.
- ŻMUDA Małgorzata, MOLENDOWSKI Edward (2016), *W poszukiwaniu istoty konkurencyjności gospodarki narodowej: studium interdyscyplinarne*, „Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, nr 3/2016 (81). DOI: 10.18276/frfu.2016.81-28