

## RESEARCH PAPERS

### ECONOMIC PERFORMANCE OF AGRICULTURE IN THE EUROPEAN UNION COUNTRIES

#### WYNIKI EKONOMICZNE W ROLNICTWIE W KRAJACH UNII EUROPEJSKIEJ

ŽARKO RAĐENVIĆ  
BOJAN KRSTIĆ  
MILAN MARKOVIĆ

**Citation:** Rađenović, Ž., Krstić, B., & Marković, M. (2022). Economic Performance of Agriculture in the European Union Countries / Wyniki ekonomiczne w rolnictwie w krajach Unii Europejskiej. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 370(1), 5–21. <https://doi.org/10.30858/zer/145686>

#### Abstract

*The aim of the research is to classify the European Union (EU) countries based on the progress in the economic performance of agriculture. The originality of the paper stems from the fact that a new set of indicators (in relative form) was used to identify the clusters. The following indicators are used to assess the economic performance of the EU agricultural sector (by cluster analysis) for two periods (2015–2017 and 2018–2020): total labor force input, real income of factors in agriculture per annual work unit, total agricultural output, gross value added of the agricultural industry, and animal output. The study confirmed that EU countries, according to changes in agricultural performance, differ significantly. They were grouped into four relatively homogeneous clusters according to their similarity, with a clear geographical dispersion for both analyzed periods. Identifying development disparities between EU countries can be useful in future redesigns of the Common Agricultural Policy measures in terms of increased support to certain members.*

**Keywords:** agricultural indicators, heterogeneity of European agriculture, homogeneous country groups, cluster analysis, Ward's method.

**JEL codes:** C38, O13, Q18.

#### Abstrakt

*Celem badań jest klasyfikacja krajów Unii Europejskiej (UE) na podstawie postępu w wynikach ekonomicznych w rolnictwie. Oryginalność artykułu wynika z faktu, że do identyfikacji klastrów zastosowano nowy zestaw wskaźników (w postaci względnej). Do oceny wyników ekonomicznych sektora rolnego*

UE (poprzez analizę klastrów) dla dwóch okresów (2015–2017 i 2018–2020) stosuje się następujące wskaźniki: całkowity nakład siły roboczej, rzeczywisty dochód czynników w rolnictwie na roczną jednostkę pracy, produkcja rolna ogółem, wartość dodana brutto przemysłu rolnego oraz produkcja zwierzęca. Badanie potwierdziło, że kraje UE znacznie się różnią pod względem zmian wyników rolniczych. Zostały one pogrupowane w cztery stosunkowo jednorodne klastry według podobieństwa, z wyraźnym rozproszeniem geograficznym dla obu analizowanych okresów. Identyfikacja dysproporcji rozwojowych pomiędzy krajami UE może być przydatna w przyszłych przekształceniach środków wspólnej polityki rolnej pod kątem zwiększonego wsparcia dla niektórych członków.

**Słowa kluczowe:** wskaźniki rolnicze, heterogeniczność rolnictwa europejskiego, homogeniczne grupy krajów, analiza klastrów, metoda Warda.

**Kody JEL:** C38, O13, Q18.

## Introduction

The analysis of agricultural performance of the European Union (EU) is the subject of wide interest of researchers, having in mind the role that agriculture has played within the EU since its establishment. This is evidenced by the high share of allocations for agriculture in the common budget and constant efforts to reduce inequalities in development due to the present heterogeneity of agriculture among EU countries (Guth & Smędzik-Ambroży, 2020; Špirkova et al., 2017). Therefore, mitigating regional disparities and increasing the average level of agricultural performance is an imperative of the EU Common Agricultural Policy (Ionescu et al., 2021).

It is important to carry out research into the performance of European countries due to the following facts (European Union, 2020): 1) the development of entire rural areas depends on the agricultural sector; 2) agriculture must ensure a stable food supply for the population; 3) the food industry as well as the agricultural machinery industry is directly dependent on the performance of agriculture; 4) agriculture must provide a stable and sufficient source of income for farmers; 5) in addition to preserving biodiversity and the landscape, there is a significant role for agriculture in reducing dependence on imports of essential goods. Therefore, considering agricultural performance is the starting point in assessing the sustainable development of the agricultural sector. Moreover, the economic component of sustainable agricultural development is crucial, because without productivity growth and production value there is no future development (Valkó et al., 2017). Economic principles in production require rational and efficient resource management. Economic development is based on the main factor – economic growth with certain structural, institutional and organizational changes. Many authors deny the absolute superiority of the economic dimension of sustainable development. However, economic development should not

## Wstęp

Analiza wyników w rolnictwie w Unii Europejskiej (UE) jest przedmiotem szerokiego zainteresowania badaczy, z jednoczesnym zwróceniem uwagi na to, jaką rolę rolnictwo odgrywało w UE od momentu jej powstania. Świadczy o tym wysoki udział alokacji na rolnictwo we wspólnym budżecie oraz ciągle dążenie do zmniejszania nierówności w rozwoju ze względu na obecną heterogeniczność rolnictwa wśród krajów UE (Guth i Smędzik-Ambroży, 2020; Špirkova i in., 2017). Dlatego łagodzenie dysproporcji regionalnych i zwiększanie średniego poziomu wyników rolniczych jest imperatywem wspólnej polityki rolnej UE (Ionescu i in., 2021).

Istotność prowadzenia badań nad wydajnością krajów europejskich wynika z następujących faktów (European Union, 2020): 1) rozwój całych obszarów wiejskich zależy od sektora rolnego; 2) rolnictwo musi zapewnić ludności stabilne zaopatrzenie w żywność; 3) przemysł spożywczy, a także przemysł maszyn rolniczych jest bezpośrednio uzależniony od wyników w rolnictwie; 4) rolnictwo musi zapewniać rolnikom stabilne i wystarczające źródło dochodu; 5) oprócz ochrony różnorodności biologicznej i krajobrazu rolnictwo odgrywa istotną rolę w zmniejszaniu zależności od importu podstawowych towarów. Dlatego uwzględnienie wyników w rolnictwie jest punktem wyjścia w ocenie zrównoważonego rozwoju sektora rolnego. Ponadto komponent ekonomiczny zrównoważonego rozwoju rolnictwa jest kluczowy, ponieważ bez wzrostu produktywności i wartości produkcji nie ma przyszłego rozwoju (Valkó i in., 2017). Zasady ekonomiczne w produkcji wymagają racjonalnego i efektywnego gospodarowania zasobami. Rozwój gospodarczy opiera się na wzroście gospodarczym jako głównym czynnikiem, z pewnymi zmianami strukturalnymi, instytucjonalnymi i organizacyjnymi. Wielu autorów zaprzecza absolutnej wyższości ekonomicznego wymiaru zrównoważonego rozwoju. Jednak rozwój gospodarczy nie powi-

be viewed alone. For example, environmental pollution, the degradation of natural resources, as well as a negative impact on people's quality of life may jeopardize future economic development. Krstić (2018) pointed out that sustainable development is a direction that focuses on the desire to create a better world through balancing economic, social, and environmental factors.

There are various indicators of economic performance of the agricultural sector. In fact, there is no single spectrum of indicators, but the authors determine them depending on the goal and subject of research. Thus, for example, Birovljev et al. (2017) classified all agricultural performance indicators of CEFTA countries into production and export indicators. As production indicators, they used the structure of resources in agriculture, land productivity, labor productivity, and the share of livestock production in total agricultural production. On the other hand, in researching the level of development of agriculture and the food industry, Reiff et al. (2018) used selected indicators, such as: agricultural raw materials exports, agricultural raw materials imports, crop production index, food production index, livestock production index, cereal yield, agriculture value added, and agriculture value added per worker. In an earlier study, describing a multi-criteria assessment of EU agriculture, Reiff et al. (2016) applied for the analysis of economic performance of agriculture the following indicators: food production index, plant production index, livestock production index, cereal yield, agriculture value added per worker, and gross value added of agriculture as a percentage of GDP.

Agricultural output is one of the most commonly used indicators of the agricultural economic performance. For this reason, there are many studies that European countries group according to the performance of agricultural production, and use the following indicators, such as: gross value added of agriculture, utilized agricultural area, employment in agriculture, and gross fixed capital (Andrejovská et al., 2016). The total agricultural output consists of the value of crop production, animal production, and the value of agricultural services. In 2020, the total value of output produced in the EU agricultural sector was EUR 411 billion, of which 52.8% went to crop production, and 38.6% was animal production (Eurostat, 2021c). The EU countries that participate the most in creating the value of the total agricultural output are France, Germany, Italy, and Spain.

The economic development of agriculture is reflected in its transformation, so that the structure of agriculture must strengthen livestock and organic production, as parts of the agricultural industry that

nien być postrzegany w odosobnieniu. Na przykład zanieczyszczenie środowiska, degradacja zasobów naturalnych, a także negatywny wpływ na jakość życia ludzi mogą zagrozić przyszłemu rozwojowi gospodarstwu. Krstić (2018) zwrócił uwagę, że zrównoważony rozwój to kierunek, który koncentruje się na chęci tworzenia lepszego świata poprzez równoważenie czynników ekonomicznych, społecznych i środowiskowych.

Istnieją różne wskaźniki wyników ekonomicznych sektora rolnego. W rzeczywistości nie ma jednego spektrum wskaźników, ale autorzy określają je w zależności od celu i przedmiotu badań. I tak na przykład Birovljev i in. (2017) sklasyfikowali wszystkie wskaźniki efektywności rolniczej krajów CEFTA na wskaźniki produkcji i eksportu. Jako wskaźniki produkcji wykorzystali strukturę zasobów w rolnictwie, produktywność ziemi, produktywność pracy oraz udział produkcji zwierzęcej w produkcji rolnej ogółem. Z kolei badając poziom rozwoju rolnictwa i przemysłu spożywczego, Reiff i in. (2018) wykorzystali wybrane wskaźniki, takie jak: eksport surowców rolnych, import surowców rolnych, wskaźnik produkcji roślinnej, wskaźnik produkcji żywności, wskaźnik produkcji zwierzęcej, plon zbóż, rolnicza wartość dodana, rolnicza wartość dodana na pracownika. We wcześniejszym badaniu, opisującym wielokryterialną ocenę rolnictwa UE, Reiff i in. (2016) zastosowali do analizy wyników ekonomicznych w rolnictwie następujące wskaźniki: wskaźnik produkcji żywności, wskaźnik produkcji roślinnej, wskaźnik produkcji zwierzęcej, plon zbóż, rolniczą wartość dodaną na pracującego oraz wartość dodaną brutto w rolnictwie jako procent PKB.

Produkcja rolna jest jednym z najczęściej stosowanych wskaźników efektywności ekonomicznej rolnictwa. Z tego powodu istnieje wiele badań, które kraje europejskie grupują według wyników produkcji rolnej i wykorzystują następujące wskaźniki, takie jak: wartość dodana brutto w rolnictwie, powierzchnia użytków rolnych, zatrudnienie w rolnictwie, kapitał trwały brutto (Andrejovská i in., 2016). Na całkowitą produkcję rolną składa się wartość produkcji roślinnej, zwierzęcej oraz wartość usług rolniczych. W 2020 roku łączna wartość produkcji wytworzonej w unijnym sektorze rolnym wyniosła 411 mld euro, z czego 52,8% przeznaczono na produkcję roślinną, a 38,6% na produkcję zwierzęcą (Eurostat, 2021c). Kraje UE, które mają największy udział w tworzeniu wartości całkowitej produkcji rolnej to Francja, Niemcy, Włochy i Hiszpania.

Rozwój gospodarczy rolnictwa znajduje odzwierciedlenie w jego przekształcaniach, w związku z czym struktura rolnictwa musi wzmacniać produkcję zwie-



achieve high added and market value. Therefore, an indicator describing the value of animal production is included in this paper, since a country with more developed agriculture is considered to have a higher share of animal than crop production in the total agricultural output.

Differences in the economic development of agriculture in EU countries are the result of the action of certain factors. Some of them are reforms of the Common Agricultural Policy, EU enlargement, as well as climate change (Giannakis & Bruggeman, 2015).

The main question that the study should answer is: does the economic performance of the agricultural sector (measured on the basis of selected indicators) differ between EU countries? The goal is to detect disparities in the development of economic performance among EU countries, bearing in mind the analysis based on base indices of selected indicators. The additional purpose is to determine the most advanced cluster of countries. It should be noted that the outcome of these performances depends on the economic position and status of farmers, the sustainability of agricultural production, export performance, and trade relations of the agricultural industry.

## Materials and Methods

The methodology used in this paper is based primarily on cluster analysis. The ultimate goal is the classification of EU countries in order to determine homogeneous groups of countries according to the base indices of selected indicators of the agricultural economic performance (Faria et al., 2021). Based on the authors' opinion, after searching the literature, some indicators were selected in order to find out similarities between EU countries according to indicators' values during particular periods of time. This was done in order to avoid erroneous conclusions and eliminate the possible impact of shocks (usually due to bad weather conditions) that are obviously present in certain years, and at the same time compared the clusters in two periods, i.e., the dynamics of change. The study involves a total of 27 EU Member States. The values of indicators taken from the Eurostat Database (2021a) for 2015–2017 are marked with the letter *X*, while the values of indicators for 2018–2020 are marked with the letter *Y*. The indicators are in the base indices, with 2010 as the base year. Analyzing the available literature and Eurostat reports, the authors selected five indicators to determine the economic performance of agriculture which will be used for clustering. These indicators are present in the part of the Eurostat database related to the economic

rzecą i ekologiczną, jako części przemysłu rolnego osiągające wysoką wartość dodaną i rynkową. Dlatego w niniejszym opracowaniu zawarto wskaźnik opisujący wartość produkcji zwierzęcej, gdyż uważa się, że kraj o bardziej rozwiniętym rolnictwie ma wyższy udział produkcji zwierzęcej niż roślinnej w całkowitej produkcji rolnej.

Różnice w rozwoju gospodarczym rolnictwa w krajach UE są wynikiem działania określonych czynników. Niektóre z nich to reformy wspólnej polityki rolnej, rozszerzenie UE, a także zmiany klimatyczne (Giannakis i Bruggeman, 2015).

Głównym pytaniem, na które powinno odpowiedzieć badanie, jest: czy wyniki ekonomiczne sektora rolnego (mierzone na podstawie wybranych wskaźników) różnią się w poszczególnych krajach UE? Celem jest wykrycie dysproporcji w rozwoju wyników gospodarczych pomiędzy krajami UE, mając na uwadze analizę opartą na bazowych wskaźnikach wybranych kryteriów. Dodatkowym celem jest określenie najbardziej rozwiniętej grupy krajów. Należy zauważyć, że wynik ich osiągnięć zależy od pozycji ekonomicznej i statusu rolników, zrównoważenia produkcji rolnej, wyników eksportowych i stosunków handlowych przemysłu rolnego.

## Materiały i metody

Metodologia zastosowana w niniejszym artykule opiera się przede wszystkim na analizie klastrów. Ostatecznym celem jest klasyfikacja krajów UE dla wyznaczenia jednorodnych grup krajów według bazowych wskaźników wybranych kryteriów efektywności ekonomicznej rolnictwa (Faria i in., 2021). Na podstawie opinii autorów, po przeglądzie literatury, wybrano wskaźniki dla ustalenia podobieństw pomiędzy krajami UE pod względem wartości wskaźników w poszczególnych okresach. Zrobiono to w celu uniknięcia błędnych wniosków i wyeliminowania możliwego wpływu szoków (najczęściej spowodowanych złymi warunkami pogodowymi), które w sposób oczywisty występują w określonych latach, w przypadku porównania jednocześnie klastra w dwóch okresach, tj. dynamikę zmian. W badaniu wzięło udział łącznie 27 państw członkowskich UE. Wartości wskaźników zaczerpnięto z bazy danych Eurostat (2021a), dla lat 2015–2017 oznaczono je literą *X*, natomiast wartości wskaźników dla lat 2018–2020 oznaczono literą *Y*. Wskaźniki znajdują się we wskaźnikach bazowych, przy czym rok 2010 to rok bazowy. Analizując dostępną literaturę i raporty Eurostatu, autorzy wybrali pięć wskaźników w celu określenia wyników ekonomicznych w rolnictwie, które posłużą do grupowania. Wskaźniki te znajdują się w części bazy danych Eurostatu dotyczącej

accounts for agriculture. The indicators taken into account when conducting cluster analysis in IBM SPSS Statistics 26.0<sup>1</sup> are as follows:

1. *Total labor force input* is an indicator of agricultural labor input (unit of measurement: euro). In general, there is a tendency in the EU to reduce the use of labor in agriculture, which may be a consequence of technological progress, increased use of agricultural machinery, and the transfer of labor to other sectors or activities.
2. *Real income of factors in agriculture per annual work unit* (unit of measurement: euro per annual work unit). The indicator is a partial labor productivity measure in agriculture and represents deflated net value added at factor agricultural costs. Annual work units (AWUs) are defined as “full-time equivalent employment (corresponding to the number of full-time equivalent jobs), i.e., as total hours worked divided by the average annual number of hours worked in full-time jobs within the economic territory” (Eurostat, 2019a).
3. *Total agricultural output* (unit of measurement: million euro). This indicator shows the total value of agricultural production in basic prices. That value is made up of the value of crop, animal, and agricultural production.
4. *Gross value added of the agricultural industry* (unit of measurement: million euro) corresponds to the value of output (at basic prices) less the value of intermediate consumption. The basic price is the price received by the producer, after deducting all taxes on products, and adding all subsidies on products (Eurostat, 2021b).
5. *Animal output* (unit of measurement: million euro) “the value of this indicator comprises the sales, changes in stock levels, and the products used for processing and own final use by the producers” (Eurostat, 2019b).

Descriptive statistics for the mentioned indicators, which are shown in Table 1, were made on the basis of the average values of indicators for 2015–2017 and 2018–2020.

<sup>1</sup> IBM SPSS Statistics 26 is the world’s leading statistical software used to solve business and research problems by means of ad-hoc analysis, hypothesis testing, and predictive analytics. Organizations use IBM SPSS Statistics to understand data, analyze trends, forecast and plan to validate assumptions and drive accurate conclusions. <https://www.ibm.com/support/pages/downloading-ibm-spss-statistics-26>

rachunków ekonomicznych dla rolnictwa. Wskaźnikibrane pod uwagę podczas przeprowadzania analizy klastrow w aplikacji lub programie IBM SPSS Statistics 26.0<sup>1</sup> przedstawiają się następująco:

1. *Całkowity nakład siły roboczej* jest wskaźnikiem rolniczego nakładu pracy (jednostka miary: euro). Generalnie w UE istnieje tendencja do ograniczania wykorzystania siły roboczej w rolnictwie, co może być konsekwencją postępu technologicznego, wzrostu wykorzystania maszyn rolniczych oraz przenoszenia siły roboczej do innych sektorów lub działalności.
2. *Rzeczywisty dochód czynników w rolnictwie na roczną jednostkę pracy* (jednostka miary: euro na roczną jednostkę pracy). Wskaźnik jest cząstkową miarą wydajności pracy w rolnictwie i reprezentuje zdeflowaną wartość dodaną netto według czynników kosztów w rolnictwie. Roczne jednostki pracy (AWU) definiuje się jako zatrudnienie w ekwiwalencie pełnego czasu pracy (odpowiadające liczbie ekwiwalentów pełnego czasu pracy), tj. jako całkowitą liczbę przepracowanych godzin podzieloną przez średnią roczną liczbę godzin przepracowanych w pełnym wymiarze czasu pracy na danym obszarze (Eurostat, 2019a).
3. *Całkowita produkcja rolna* (jednostka miary: mln euro). Wskaźnik ten wskazuje całkowitą wartość produkcji rolnej w cenach bazowych. Na tę wartość składa się wartość produkcji roślinnej, zwierzęcej i rolniczej.
4. *Wartość dodana brutto przemysłu rolnego* (jednostka miary: mln euro) odpowiada wartości produkcji globalnej (w cenach bazowych) pomniejszonej o wartość zużycia pośredniego. Cena bazowa to cena otrzymana przez producenta, po odliczeniu wszystkich podatków od produktów i dodaniu wszystkich subsydiów do produktów (Eurostat, 2021b).
5. *Produkcja zwierzęca* (jednostka miary: mln euro) – wartość tego wskaźnika obejmuje sprzedaż, zmiany poziomu zapasów oraz produkty wykorzystywane do przetworzenia i ostatecznego wykorzystania przez producentów (Eurostat, 2019b).

Statystyki opisowe dla wymienionych wskaźników, które przedstawia tabela 1, sporządzono na podstawie średnich wartości wskaźników z lat 2015–2017 i 2018–2020.

<sup>1</sup> IBM SPSS Statistics 26 to wiodące na świecie oprogramowanie statystyczne służące do rozwiązywania problemów biznesowych i badawczych za pomocą analiz *ad hoc*, testowania hipotez i analiz predykcyjnych. Aplikacja służy do analizowania danych trendów, prognozowania w celu weryfikacji założeń i wyciągania konkretnych wniosków. <https://www.ibm.com/support/pages/downloading-ibm-spss-statistics-26>

Table 1. *Descriptive statistics for agricultural economic performance indicators (in base indices)*

Tabela 1. *Statystyki opisowe dotyczące wskaźników efektywności ekonomicznej rolnictwa (według wskaźników bazowych)*

Descriptives for variables X1–X5 (2015–2017) / Opisy zmiennych X1–X5 (2015–2017)	N	Min. / Min.	Max. / Maks.	Mean / Średnia	Std. Dev. / Odch. stand.	Descriptives for variables Y1–Y5 (2018–2020) / Opisy zmiennych Y1–Y5 (2018–2020)	Min. / Min.	Max. / Maks.	Mean / Średnia	Std. Dev. / Odch. stand.
X1	27	62.70	103.92	91.49	9.26	Y1	48.35	103.79	87.10	11.25
X2	27	75.00	190.73	116.70	28.66	Y2	83.17	239.49	128.44	35.84
X3	27	74.09	147.23	114.48	15.15	Y3	83.60	164.83	121.78	17.74
X4	27	68.83	191.78	119.83	31.12	Y4	84.51	209.97	129.67	35.47
X5	27	73.38	146.95	112.43	14.29	Y5	80.95	163.10	118.62	18.76

Note: X1 – total labor force input (2015–2017), X2 – real income of factors in agriculture per annual work unit (2015–2017), X3 – total agricultural output (2015–2017), X4 – gross value added of the agricultural industry (2015–2017), X5 – animal output (2015–2017), Y1 – total labor force input (2018–2020), Y2 – real income of factors in agriculture per annual work unit (2018–2020), Y3 – total agricultural output (2018–2020), Y4 – gross value added of the agricultural industry (2018–2020), Y5 – animal output (2018–2020).

Uwaga: X1 – całkowity nakład siły roboczej (2015–2017), X2 – rzeczywisty dochód czynników w rolnictwie na roczną jednostkę pracy (2015–2017), X3 – całkowita produkcja rolna (2015–2017), X4 – wartość dodana brutto przemysłu rolnego (2015–2017), X5 – produkcja zwierzęca (2015–2017), Y1 – całkowity nakład siły roboczej (2018–2020), Y2 – rzeczywisty dochód czynników w rolnictwie na roczną jednostkę pracy (2018–2020), Y3 – produkcja rolna ogółem (2018–2020), Y4 – wartość dodana brutto przemysłu rolnego (2018–2020), Y5 – produkcja zwierzęca (2018–2020).

Source: authors' calculation based on the Eurostat Database (2021a).

Źródło: obliczenia autorów na podstawie bazy danych Eurostat (2021a).

The ultimate goal of clustering is to find out similarities between data points and processing them into groups. Examined values of selected variables used to classify similar observations in different clusters. As a type of segmentation analysis, this powerful data-mining tool identifies links between similar observed data points storing them into number of clusters. In this paper, cluster analysis, as a multivariate technique, is based on an agglomerative hierarchical approach that aims to determine whether there is a different grouping of EU countries given the value of indicators in the stated time periods. This analysis reduces large groups to smaller, more homogeneous groups of countries (Czyżewski & Smędzik-Ambroży, 2017). The hierarchical method builds clusters step by step until all observation units are found on dendrogram. Only after that, the number of clusters that are important for research is determined. The agglomerative approach first involves bottom-up analysis, and then combines objects and groups until each of them is in a group or cluster (Simović et al., 2020).

Ward's method was applied to form an agglomeration scheme to identify groups of countries that are similar to each other, but also different from other groups of countries (Reiff et al., 2016). Ward's

Ostatecznym celem grupowania jest znalezienie podobieństw między punktami danych i przetworzenie ich w grupy. Badane wartości wybranych zmiennych służą do klasyfikacji podobnych obserwacji w różnych klastrach. Jako rodzaj analizy segmentacji to potężne narzędzie do eksploracji danych identyfikuje powiązania między podobnymi zaobserwowanymi punktami danych, przechowując je w wielu klastrach. W niniejszym artykule analiza klastrów, jako technika wielowymiarowa, opiera się na aglomeracyjnym podejściu hierarchicznym, które ma na celu ustalenie, czy istnieje inna grupa krajów UE, biorąc pod uwagę wartości wskaźników w podanych okresach. Analiza ta redukuje duże grupy do mniejszych, bardziej jednorodnych grup krajów (Czyżewski i Smędzik-Ambroży, 2017). Metoda hierarchiczna buduje klastry krok po kroku, aż wszystkie jednostki obserwacji zostaną znalezione na dendrogramie. Dopiero potem określana jest liczba klastrów, które są ważne dla badań. Podejście aglomeracyjne najpierw obejmuje analizę oddolną, a następnie łączy obiekty i grupy, aż każdy z nich znajdzie się w grupie lub klastrze (Simović i in., 2020).

Metoda Warda została zastosowana do stworzenia schematu aglomeracji w celu zidentyfikowania grup krajów, które są do siebie podobne, ale także



procedure means that: “the average value for each variable (center of the cluster) is calculated for each cluster, and then the square of Euclidean distance from the center of the cluster is calculated for each object, after which the distance for the objects is summed” (Simović et al., 2020, p. 620). Thus, this method is based on the analysis of variance to estimate the distance between clusters and thus differs from the others (Fanelli, 2018, 2019).

The most important change in the agglomeration pattern occurs in the last few iterations, where the association of the analyzed objects takes place. According to agglomeration scheme, where Ward’s method is applied, the last minor change of the square of Euclidean distance defines the number of clusters. By applying this type of methodology in the analysis of data for 2015–2017 and 2018–2020, based on agricultural indicators, the EU Member States are grouped into clusters. The conducted cluster analysis in this case aims to point out the changes that have occurred in the agricultural sector of certain countries in order to see the reason for their possible regrouping and transition to another cluster.

## Results and Discussion

As one of the first results of cluster analysis, a dendrogram is formed. It is depicted by a simplified tree and illustrates the objects grouped together. In fact, vertical lines refer to countries that are grouped. Similar objects are grouped at a lower level with those showing a greater deviation from each other being shown at a higher level. The division of objects into a certain number of groups in the dendrogram can be done in vertical sections at a certain level, with one possible solution for grouping. The number of horizontal lines at lower levels which are intersected by a vertical line (dashed line) closer to the initial dendrogram showing the actual number of clusters. Consequently, the results of cluster analysis in the form of dendrograms show that there were significant changes in the cluster structure in the 2018–2020 period compared to the 2015–2017 period. Thus, in the 2015–2017 period, the first cluster consists of Belgium, Denmark, Greece, Malta, Finland, and Croatia (Figure 1), while the first cluster in the 2018–2020 period was joined by the Netherlands, Sweden, Germany, Austria, France, Estonia, and Cyprus.

różnią się od innych grup krajów (Reiff i in., 2016). Procedura Warda oznacza, że średnia wartość dla każdej zmiennej (środek klastra) jest obliczana dla każdego klastra, a następnie dla każdego obiektu oblicza się kwadrat odległości euklidesowej od środka klastra, po czym dla każdego klastra sumowana jest odległość (Simović i in., 2020). Metoda ta opiera się zatem na analizie wariancji w celu oszacowania odległości między klastrami i tym samym różni się od pozostałych (Fanelli, 2018, 2019).

Najważniejsza zmiana w układzie aglomeracji zachodzi w ostatnich kilku iteracjach, w których następuje asocjacja analizowanych obiektów. Zgodnie ze schematem aglomeracyjnym, w którym stosowana jest metoda Warda, ostatnia niewielka zmiana kwadratu odległości euklidesowej określa liczbę klastrów. Stosując tego typu metodologię w analizie danych za lata 2015–2017 i 2018–2020, na podstawie wskaźników rolniczych, kraje UE pogrupowano w klastry. Przeprowadzona analiza klastrów w tym przypadku ma na celu wskazanie zmian, jakie zaszły w sektorze rolnym niektórych krajów, aby zobaczyć przyczyny ich ewentualnego przegrupowania i przejścia do innego klastra.

## Wyniki i dyskusja

Dendrogram powstaje jako jeden z pierwszych wyników analizy klastrów. Przedstawia go uproszczone drzewo i pokazuje zgrupowane obiekty. W rzeczywistości linie pionowe odnoszą się do krajów, które są zgrupowane. Podobne obiekty są pogrupowane na niższym poziomie, a te wykazujące większe odstępstwa od siebie są pokazywane na wyższym poziomie. Podział obiektów na określoną liczbę grup w dendrogramie można przeprowadzić w przekrojach pionowych na określonym poziomie, z jednym możliwym rozwiązaniem zastosowanym do grupowania. Liczba linii poziomych na niższych poziomach przecinanych przez linię pionową (linia przerywana) bliżej początkowego dendrogramu pokazującego rzeczywistą liczbę klastrów. W konsekwencji wyniki analizy klastrów w postaci dendrogramów wskazują, że w okresie 2018–2020 nastąpiły istotne zmiany w strukturze klastrów w porównaniu z okresem 2015–2017. I tak w okresie 2015–2017 do pierwszego klastra dołączyły Belgia, Dania, Grecja, Malta, Finlandia i Chorwacja (rysunek 1), natomiast do pierwszego klastra w okresie 2018–2020 dołączyły Holandia, Szwecja, Niemcy, Austria, Francja, Estonia i Cypr.

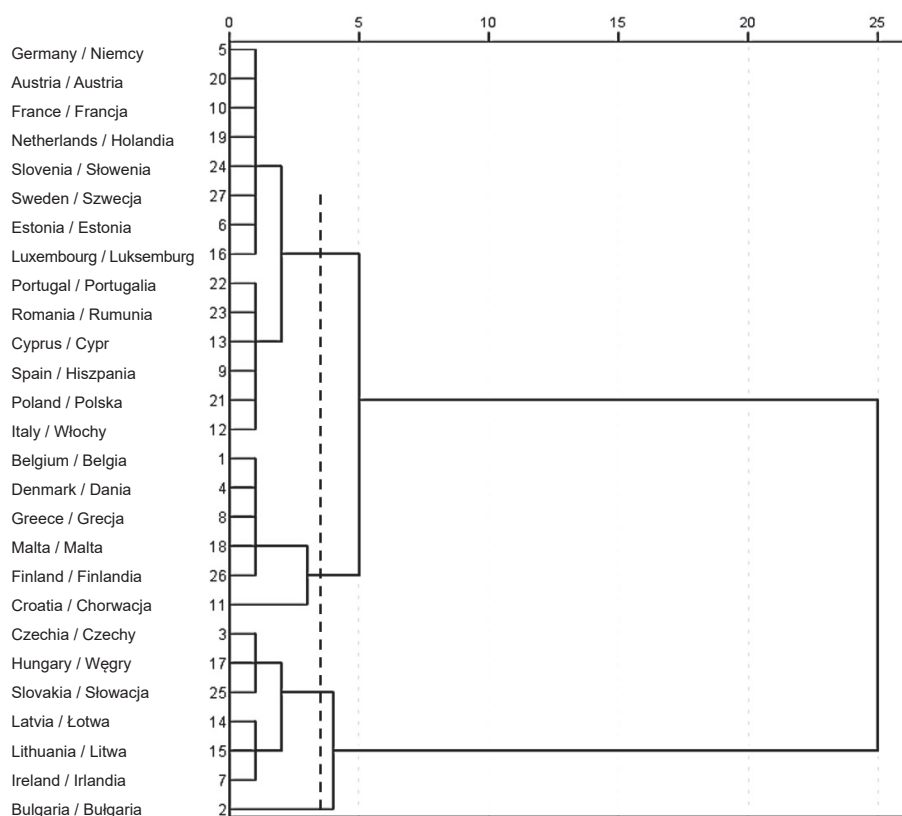


Figure 1. Dendrogram for 2015–2017.

Rysunek 1. Dendrogram na lata 2015–2017.

Source: authors' elaboration based on the Eurostat Database (2021a) through IBM SPSS 26.

Źródło: opracowanie autorów na podstawie bazy danych Eurostat (2021a) za pośrednictwem IBM SPSS 26.

The changes that occurred in the clusters after the analysis of the two time periods can best be monitored via the second dendrogram (Figure 2). In this way, the transition of the country from one cluster to another can be seen due to changes in agricultural indicators over the years. Evident structural changes in the 2018–2020 period occurred in the first cluster where some countries, such as Germany, Estonia, France, the Netherlands, Austria, Cyprus, and Sweden moved from the fourth cluster for 2015–2017 period (due to limited progress in agricultural performance).

An interesting example is Bulgaria, which based on the agricultural economic performance indicators forms a country–cluster in the 2015–2017 period, while in the second reference period this country formed a cluster with Slovakia (Figures 3 and 4).

Zmiany, które zaszły w klastrach po analizie dwóch okresów najlepiej monitorować za pomocą drugiego dendrogramu (rysunek 2). W ten sposób można zaobserwować przechodzenie kraju z jednego klastra do drugiego ze względu na zmiany wskaźników rolniczych na przestrzeni lat. Widoczne zmiany strukturalne w okresie 2018–2020 wystąpiły w pierwszym klastrze, w którym niektóre kraje, takie jak Niemcy, Estonia, Francja, Holandia, Austria, Cypr i Szwecja, przesunęły się z czwartego klastra w latach 2015–2017 (ze względu na ograniczony postęp w wydajności rolniczej).

Ciekawym przykładem jest Bułgaria, która na podstawie wskaźników efektywności ekonomicznej rolnictwa tworzy kraj–klaster w okresie 2015–2017, podczas gdy w drugim okresie odniesienia kraj ten utworzył klaster ze Słowacją (rysunki 3 i 4).



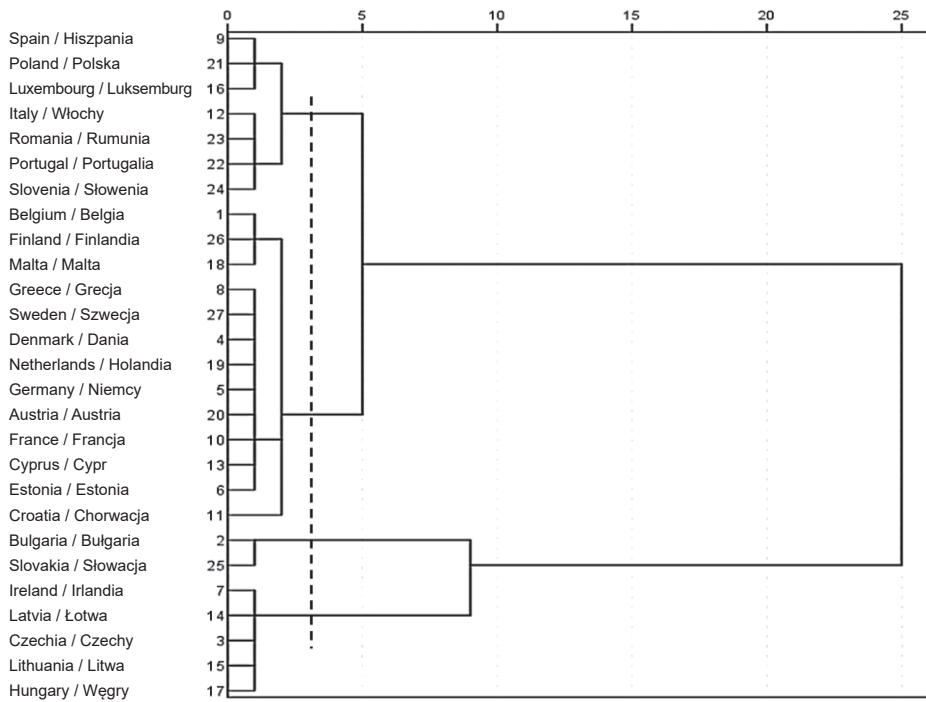


Figure 2. Dendrogram for 2018–2020.

Rysunek 2. Dendrogram na lata 2018–2020.

Source: as for Figure 1.

Źródło: jak do rysunku 1.

**Cluster 2015–2017**

- Cluster 1
- Cluster 2
- Cluster 3
- Cluster 4



Figure 3. European clusters map chart (2015–2017).

Rysunek 3. Wykres mapy klastrów europejskich (2015–2017).

Source: authors’ elaboration based on conducted cluster analysis.

Źródło: opracowanie autorów na podstawie przeprowadzonej analizy klastrów.

In both periods the dominant cluster is the third one (Figures 3 and 4) which consists of Czechia, Ireland, Latvia, Lithuania, and Hungary, except Slovakia, which left the third cluster due to the deterioration of performance and formed a cluster with Bulgaria in the next analyzed period.

W obu okresach dominującym klastrem jest klasterek trzeci (rysunki 3 i 4) składający się z Czech, Irlandii, Łotwy, Litwy i Węgier, z wyjątkiem Słowacji, która opuściła klasterek trzeci ze względu na pogorszenie wyników i utworzyła klasterek z Bułgarią w kolejnym analizowanym okresie.

Cluster 2018–2020

- Cluster 1
- Cluster 2
- Cluster 3
- Cluster 4

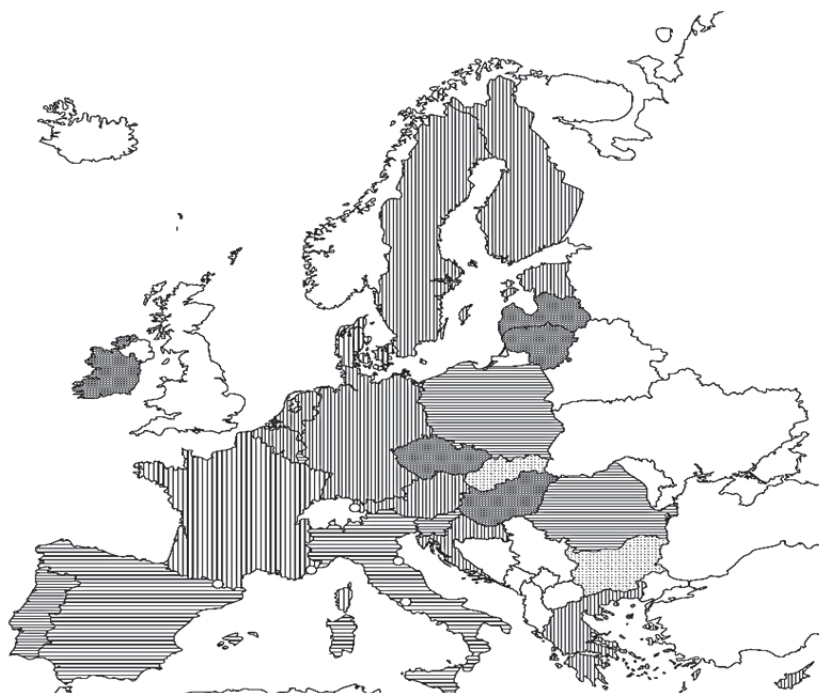


Figure 4. European clusters map chart (2018–2020).

Rysunek 4. Wykres mapy klastrów europejskich (2018–2020).

Source: authors' elaboration based on conducted cluster analysis.

Źródło: opracowanie autorów na podstawie przeprowadzonej analizy klastrów.

Descriptive statistics within the cluster analysis are based on the calculation of the agricultural indicators mean for all clusters individually within the analyzed periods. In this way, the conditions prevailing in the clusters can be monitored according to the mean of the indicators and the clusters themselves can be compared both at the level of one or two periods. Based on Table 2, it can be seen that Cluster 3 is very dominant except in case of  $X_2$  indicator – *Real income of factors in agriculture per annual work unit*.

Therefore, countries that want to achieve higher values of the indicators should converge with the countries from Cluster 3 for 2015–2017, and should achieve the values of the mentioned indicators like countries from Cluster 3, which consists of Czechia, Latvia, Lithuania, Ireland, Hungary, and Slovakia. In the dominant Cluster 3, among oth-

Statystyki opisowe w ramach analizy klastrów opierają się na wyliczeniu średnich wskaźników rolniczych dla wszystkich klastrów z osobna w analizowanych okresach. W ten sposób warunki panujące w klastrach można monitorować według średniej wskaźników, a same klastry można porównywać zarówno na poziomie jednego, jak i dwóch okresów. Na podstawie tabeli 2 można zauważyć, że klasterek 3 jest bardzo dominujący, z wyjątkiem wskaźnika  $X_2$  – *Rzeczywisty dochód czynników w rolnictwie na roczną jednostkę pracy*.

W związku z tym kraje, które chcą osiągnąć wyższe wartości wskaźników, powinny zbiegać się z krajami z klastra 3 na lata 2015–2017 i powinny osiągać wartości wspomnianych wskaźników jak kraje z klastra 3, na które składają się Czechy, Łotwa, Litwa, Irlandia, Węgry i Słowacja. W dominującym klastrze 3 znajdują się m.in. kraje należące do Grupy V4

ers, there are countries that are members of the V4 Group (the Visegrad Group), i.e., Czechia, Hungary, Slovakia, and Poland. The Visegrad Group was the sixth economic force in the EU in 2019 according to GDP. V4 received 30.6% of the EU budget expenditure allocated to the Cohesion Policy and 11.6% to the Common Agriculture Policy (Ambroziak et al., 2021). Accordingly, the economic performance of agriculture in the Visegrad Group countries and its competitiveness on the common market are at a high level of convergence with other EU members. With regard to the indicator X2 – *Real income of factors in agriculture per annual work unit*, it can be concluded that Bulgaria from Cluster 2 has the best mean of this indicator. In fact, according to Eurostat data (2022), the reason for depicting Bulgaria as a single-country cluster for the analyzed 2015–2017 period could be the use of a considerable significant amount of subsidies from common agricultural budget of the European Union. Subsidies in agriculture led to an increase in agricultural gross value added of Bulgaria by 31%, which also covered 2016 (Sándor et al., 2019). The causal consequence conjunction depicting Bulgaria as a single country cluster reflected in agricultural income per annual work unit increased by 46.9%, in contrast to the EU-12, which achieved an increase of 20.5% (Sándor et al., 2019). The previous increase in income per annual work unit was conditioned by the increased use of technology and modern mechanization in Bulgarian agriculture and the reduction of labor input by 36% from 2010–2017 (Sándor et al., 2019).

(Grupy Wyszehradzkiej), tj. Czechy, Węgry, Słowacja i Polska. Grupa Wyszehradzka była szóstą siłą gospodarczą w UE w 2019 roku według PKB. V4 otrzymała 30,6% wartości wydatków budżetu UE przeznaczonych na politykę spójności i 11,6% na wspólną politykę rolną (Ambroziak i in., 2021). W związku z tym wyniki ekonomiczne w rolnictwie w krajach Grupy Wyszehradzkiej oraz jego konkurencyjność na wspólnym rynku są na wysokim poziomie zbieżności z innymi członkami UE. W odniesieniu do wskaźnika X2 – *Rzeczywisty dochód czynników w rolnictwie na jednostkę pracy rocznej* można stwierdzić, że Bułgaria z klastra 2 ma najlepszą średnią tego wskaźnika. W rzeczywistości, według danych Eurostatu (2022) powodem przedstawiania Bułgarii jako klastra jednokrajowego dla analizowanego okresu 2015–2017 może być wykorzystanie znacznej kwoty dotacji ze wspólnego budżetu rolnego Unii Europejskiej. Dotacje w rolnictwie doprowadziły do wzrostu rolniczej wartości dodanej brutto Bułgarii o 31%, co objęło również rok 2016 (Sándor i in., 2019). Koniunktura przyczynowo-skutkowa przedstawiająca Bułgarię jako klastr jednego kraju, odzwierciedlona w dochodzie rolniczym na roczną jednostkę pracy, wzrosła o 46,9%, w przeciwieństwie do UE-12, gdzie osiągnęła wzrost o 20,5% (Sándor i in., 2019). Wcześniejszy wzrost dochodu na roczną jednostkę pracy był uwarunkowany zwiększonym wykorzystaniem technologii i nowoczesnej mechanizacji w bułgarskim rolnictwie oraz zmniejszeniem nakładu pracy o 36% w latach 2010–2017 (Sándor i in., 2019).

Table 2. *Indicators' mean within clusters for 2015–2017 (in base indices)*Tabela 2. *Średnia wskaźników w klastrach za lata 2015–2017 (w indeksach bazowych)*

CLUSTER / KLAUSTER	Number of countries / Liczba krajów	Mean (2015–2017) / Średnia (2015–2017)				
		X1	X2	X3	X4	X5
1	6 (Belgium, Denmark, Greece, Malta, Finland, Croatia) / 6 (Belgia, Dania, Grecja, Malta, Finlandia, Chorwacja)	94.55	87.71	99.00	89.65	98.77
2	1 (Bulgaria) / 1 (Bułgaria)	62.70	190.73 (max.) / (maks.)	106.84	130.81	93.83
3	6 (Czechia, Hungary, Slovakia, Lithuania, Latvia, Ireland) / 6 (Czechy, Węgry, Słowacja, Litwa, Łotwa, Irlandia)	94.59 (max.) / (maks.)	146.04	134.16 (max.) / (maks.)	171.24 (max.) / (maks.)	120.71 (max.) / (maks.)
4	14 (Germany, Austria, France, Netherlands, Slovenia, Sweden, Estonia, Luxembourg, Portugal, Romania, Cyprus, Spain, Poland, Italy) / 14 (Niemcy, Austria, Francja, Holandia, Słowenia, Szwecja, Estonia, Luksemburg, Portugalia, Rumunia, Cypr, Hiszpania, Polska, Włochy)	90.92	111.26	113.23	109.94	116.07

Source: authors' calculation through IBM SPSS 26.

Źródło: obliczenia autorów za pomocą IBM SPSS 26.

On the other hand, Table 3 shows the results of the mean of indicators, as well as the number of countries by clusters for 2018–2020. The results in Table 3 also confirm that there have been structural changes in the formation of clusters compared to the 2015–2017 period. Cluster 3, which consists of five countries, has the highest values for the first, third, fourth, and fifth agricultural indicators, which again implies that the countries in this cluster (Czechia, Ireland, Latvia, Lithuania, and Hungary) have better conditions in this regard than the others. They have made significant changes in agricultural sector especially in closing financial gap and investment support for farmers. Consequently, in recent years, gross value added produced in agriculture, employment in agriculture, and total agricultural production are above average compared to the EU members. It may be one of the reasons for their presence in dominant cluster with members of the Visegrad Group and Ireland (European Commission, 2020). Cluster 2 includes Bulgaria and Slovakia with the best mean for the indicator *Real income of factors in agriculture per annual work unit*. Spain, Poland, Luxembourg, Italy, Romania, Portugal, and Slovenia represent Cluster 4 which has definitely different structure than Cluster 4 for 2015–2017.

Z kolei w tabeli 3 przedstawiono wyniki średniej wskaźników, a także liczbę krajów według klastrów w latach 2018–2020. Wyniki w tabeli 3 potwierdzają również, że w porównaniu z okresem 2015–2017 nastąpiły strukturalne zmiany w tworzeniu klastrów. Klaster 3, składający się z pięciu krajów, ma najwyższe wartości dla pierwszego, trzeciego, czwartego i piątego wskaźnika rolniczego, co oznacza, że kraje w tym klastrze (Czechy, Irlandia, Łotwa, Litwa i Węgry) mają pod tym względem lepsze warunki niż inne państwa. Dokonały one znaczących zmian w sektorze rolnym, zwłaszcza w zakresie domykania luki finansowej i wsparcia inwestycyjnego dla rolników. W efekcie w ostatnich latach wartość dodana brutto wytworzona w rolnictwie, zatrudnienie w rolnictwie oraz całkowita produkcja rolna są powyżej średniej w porównaniu z krajami UE. Może to być jednym z powodów ich obecności w dominującym klastrze z członkami Grupy Wyszehradzkiej i Irlandii (European Commission, 2020). Klaster 2 obejmuje Bułgarię i Słowację z najlepszą średnią dla wskaźnika *Rzeczywisty dochód czynników w rolnictwie na roczną jednostkę pracy*. Hiszpania, Polska, Luksemburg, Włochy, Rumunia, Portugalia i Słowenia reprezentują klaster 4, który ma zdecydowanie inną strukturę niż klaster 4 w latach 2015–2017.

Table 3. Mean of indicators within clusters for 2018–2020 (in base indices)

Tabela 3. Średnia wskaźników w klastrach w latach 2018–2020 (w bazowych indeksach)

CLUSTER / KLASTER	Number of countries / Liczba krajów	Mean (2018–2020) / Średnia (2018–2020)				
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	13 (Belgium, Finland, Malta, Greece, Sweden, Denmark, Netherlands, Germany, Austria, France, Cyprus, Estonia, Croatia) /	89.15	102.57	110.63	104.16	111.74
	13 (Belgia, Finlandia, Malta, Grecja, Szwecja, Dania, Holandia, Niemcy, Austria, Francja, Cypr, Estonia, Chorwacja)					
2	2 (Bulgaria, Slovakia) /	62.55	<b>217.11</b> (max.) /	116.02	142.16	95.06
	2 (Bułgaria, Słowacja)					
3	5 (Czechia, Ireland, Latvia, Lithuania, Hungary) /	<b>89.74</b> (max.) /	154.25	<b>148.65</b> (max.) /	<b>194.28</b> (max.) /	<b>135.62</b> (max.) /
	5 (Czechy, Irlandia, Łotwa, Litwa, Węgry)					
4	7 (Spain, Poland, Luxembourg, Italy, Romania, Portugal, Slovenia) /	88.40	132.73	124.96	127.34	126.00
	7 (Hiszpania, Polska, Luksemburg, Włochy, Rumunia, Portugalia, Słowenia)					

Source: authors' calculation through IBM SPSS 26.

Źródło: obliczenia autorów za pomocą IBM SPSS 26.



In order to confirm the validity of statistical analysis, the authors use various statistical tools. ANOVA is a procedure used to check the statistical significance of differences in the average values of variables among clusters. Along with it, the test of homogeneity of variance (Levene's test) is applied. Levene's test is one of the tests used most often, "which starts from the null hypothesis that the variance is the same in all samples if  $P > 0.05$ . If  $P > 0.05$ , the null hypothesis is accepted, i.e., the alternative is rejected, which implies such a situation that the variance is equal for at least one pair of samples" (Simović et al., 2020, p. 623). This can be shown through the following relations:

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_k, P > 0.05 \quad (1)$$

$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2 \neq \dots \neq \sigma^2_k, P < 0.05 \quad (2)$$

Testing showed that statistically significant differences do not exist between the variations of given samples, which can be observed in Table 4. The results further indicate that the accepted null hypothesis, according to which there is homogeneity of variance for a given variable by groups.

W celu potwierdzenia trafności analizy statystycznej autorzy posługują się różnymi narzędziami statystycznymi. ANOVA to procedura służąca do sprawdzenia istotności statystycznej różnic średnich wartości zmiennych między klastrami. Wraz z nią stosowany jest test jednorodności wariancji (test Levene'a). Test Levene'a jest jednym z najczęściej stosowanych testów, którego punktem wyjścia jest hipoteza zerowa stanowiąca, że wariancja jest taka sama we wszystkich próbach, jeśli  $P > 0,05$ . Jeżeli  $P > 0,05$ , hipoteza zerowa jest akceptowana, czyli alternatywa jest odrzucana, co oznacza, że wariancja jest równa dla co najmniej jednej pary próbek (Simović i in., 2020). Można to pokazać za pomocą następujących relacji:

Badania wykazały, że nie występują istotne statystycznie różnice pomiędzy wariancjami danych próbek, co można zaobserwować w tabeli 4. Wyniki wskazują ponadto na przyjętą hipotezę zerową, zgodnie z którą istnieje jednorodność wariancji dla danej zmiennej według grup.

Table 4. *Levene's statistic*Tabela 4. *Statystyka Levene'a*

Based on mean / Na podstawie średniej	Levene's statistic / Statystyka Levene'a	Sig.* / Ist. stat.*	Based on mean / Na podstawie średniej	Levene's statistic / Statystyka Levene'a	Sig.* / Ist. stat.*
X1	0.803	0.460	Y1	1.621	0.212
X2	0.527	0.597	Y2	2.383	0.096
X3	0.561	0.561	Y3	0.302	0.824
X4	1.153	0.333	Y4	0.480	0.700
X5	2.632	0.093	Y5	2.585	0.078

\* Statistical significance at the level of 0.05

\* Istotność statystyczna na poziomie 0,05

Source: authors' calculation through IBM SPSS 26.

Źródło: obliczenia autorów za pomocą IBM SPSS 26.

Based on the conducted ANOVA procedure (Table 5), statistically significant differences in average values can be stated for the variables as seen in the significance column where  $P < 0.05$  for all indicators in both periods.

Na podstawie przeprowadzonej procedury ANOVA (tabela 5) można stwierdzić istotne statystycznie różnice w wartościach średnich dla zmiennych widoczne w kolumnie istotności, gdzie  $P < 0,05$  dla wszystkich wskaźników w obu okresach.

Table 5. ANOVA procedure

Tabela 5. Procedura ANOVA

	ANOVA 2015–2017	Mean square / Średnia kwadratowa	F	Sig.* / Ist. stat.*		ANOVA 2018–2020	Mean square / Średnia kwadratowa	F	Sig.* / Ist. stat.*
X1	between groups / pomiędzy grupami	315.82	5.67	0.005	Y1	between groups / pomiędzy grupami	435.58	5.04	0.008
	within groups / wewnątrz grup	55.67				within groups / wewnątrz grup	86.38		
X2	between groups / pomiędzy grupami	5366.99	23.45	0.000	Y2	between groups / pomiędzy grupami	9294.19	38.80	0.000
	within groups / wewnątrz grup	228.84				within groups / wewnątrz grup	239.55		
X3	between groups / pomiędzy grupami	1280.56	13.87	0.000	Y3	between groups / pomiędzy grupami	1787.97	14.61	0.000
	within groups / wewnątrz grup	92.48				within groups / wewnątrz grup	122.41		
X4	between groups / pomiędzy grupami	7603.14	73.92	0.000	Y4	between groups / pomiędzy grupami	9895.82	76.38	0.000
	within groups / wewnątrz grup	102.86				within groups / wewnątrz grup	129.56		
X5	between groups / pomiędzy grupami	687.60	4.88	0.009	Y5	between groups / pomiędzy grupami	1184.06	4.87	0.009
	within groups / wewnątrz grup	141.02				within groups / wewnątrz grup	246.23		

\* Statistical significance at the level of 0.05

\* Istotność statystyczna na poziomie 0,05

Source: authors' calculation through IBM SPSS 26.

Źródło: obliczenia autorów za pomocą IBM SPSS 26.

The validity of cluster analysis was confirmed by implementing statistical instruments such as the test of homogeneity of variance and ANOVA procedure. The results throughout testing confirmed the correctness of cluster analysis and an adequate number of clusters depicted by the dendrogram. Also, the number of clusters matches the number of the last minor change of the square of Euclidean distance in the agglomeration scheme. Further possible increase in the number of clusters to determine more relevant similarities among cluster members leads to a violation of the cluster analysis' statistical justification.

Trafność analizy klastrow została potwierdzona poprzez zastosowanie narzędzi statystycznych takich jak test jednorodności wariancji oraz procedura ANOVA. Wyniki wszystkich testów potwierdziły poprawność analizy klastrow oraz odpowiednią liczbę klastrow zobrazowanych przez dendrogram. Również liczba klastrow jest zgodna z liczbą ostatniej drobnej zmiany kwadratu odległości euklidesowej w schemacie aglomeracyjnym. Dalszy możliwy wzrost liczby klastrow w celu określenia bardziej istotnych podobieństw wśród członków klastra prowadzi do naruszenia uzasadnienia statystycznego analizy klastrow.

## Conclusions

The economic performance of agriculture among EU countries differs significantly. The disparities in performance are largely the result of different starting positions of countries' development. In both analyzed periods, four clusters were identified, which were composed of relatively homogeneous countries. They were classified according to the rate of progress of the country in the economic performance of agriculture. The base indices were used in the analysis (for five indicators). The third cluster of countries experienced a significant improvement in performance, so that it represents the dominant cluster of leading European countries in the context of this study. An interesting example is Bulgaria, which in the first period formed a cluster on its own, and in the second period it was joined by Slovakia. By moving to the cluster of Ireland, Latvia, Czechia, Lithuania, and Hungary, the countries will achieve the highest growth in the economic performance of their agricultural sectors, which along with reducing regional disparities at the EU level can be useful information in the process of planning the Common Agricultural Policy measures.

For this reason, the study of agricultural development practices in these countries can be crucial for policymakers. It is interesting that all countries from this cluster, except Ireland, joined the EU in 2004. These are the countries that have achieved the fastest growth in terms of selected indicators of agricultural performance. Even after joining the EU, this group of countries continued to develop agriculture strongly thanks to adequate agricultural policy. Further research should provide specific recommendations for improving the performance of agriculture in the cluster of the EU countries with the weakest progress in agricultural performance (first cluster) as well as formulate detailed agricultural policy measures for future improvement. At the same time, this will complement the results of the study and eliminate the limitations in the conducted research.

**Funding acknowledgement statement:** supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development, Republic of Serbia, Agreements on the implementation and financing of scientific research in 2021 [No. 451-03-9/2021-14/200371 and No. 451-03-9/2021-14/200100].

## Wnioski

Wyniki ekonomiczne w rolnictwie znacznie różnią się pomiędzy krajami UE. Dysproporcje te w wynikach są w dużej mierze efektem różnych pozycji wyjściowych w rozwoju krajów. W obu analizowanych okresach zidentyfikowano cztery klastry, które składały się ze stosunkowo jednorodnych krajów. Zostały one sklasyfikowane według tempa zaawansowania kraju w wynikach ekonomicznych w rolnictwie. W analizie wykorzystano wskaźniki bazowe (dla pięciu wskaźników). Trzecia grupa krajów doświadczyła znacznej poprawy wyników, tak że reprezentuje dominujący klaster wiodących krajów europejskich w kontekście tego badania. Ciekawym przykładem jest Bułgaria, która w pierwszym okresie samodzielnie tworzyła klaster, a w drugim dołączyła do niej Słowacja. Przechodząc do klastra Irlandii, Łotwy, Czech, Litwy i Węgier, kraje te osiągną najwyższy wzrost wyników gospodarczych swoich sektorów rolnych, co wraz ze zmniejszaniem dysproporcji regionalnych na poziomie UE może być przydatną informacją w tym procesie planowania działań wspólnej polityki rolnej.

Z tego powodu badanie praktyk rozwoju rolnictwa w tych krajach może mieć kluczowe znaczenie dla decydentów. Interesujące jest to, że wszystkie kraje z tego klastra, poza Irlandią, przystąpiły do UE w 2004 roku. To właśnie te kraje osiągnęły najszybszy wzrost w zakresie wybranych wskaźników wydajności rolnictwa. Nawet po wejściu do UE grupa ta nadal silnie rozwijała rolnictwo dzięki odpowiedniej polityce rolnej. Dalsze badania powinny dostarczyć konkretnych zaleceń dotyczących poprawy wyników w rolnictwie w klastrze krajów UE o najsłabszych postępach w zakresie wyników w rolnictwie (klaster pierwszy), a także sformułować szczegółowe cele polityki rolnej na rzecz przyszłej poprawy. Jednocześnie uzupełni to wyniki badania i wyeliminuje ograniczenia w prowadzonych badaniach.

**Oświadczenie o potwierdzeniu finansowania:** wsparcie Ministerstwa Edukacji, Nauki i Rozwoju Technologicznego Republiki Serbii, Umowy w sprawie realizacji i finansowania badań naukowych w 2021 r. [nr 451-03-9/2021-14/200371 i nr 451-03-9/2021-14/200100].

## References

- Ambroziak, Ł., Chojna, J., Gniadek, J., Juszcak, A., Miniszewski, M., Strzelecki, J., Szpor, A., Śliwowski, P., Święcicki, I., & Wąsiński, M. (2021). *The Visegrad Group – 30 Years of Transformation, Integration and Development*. Polski Instytut Ekonomiczny.
- Andrejovská, A., Buleca, J., & Hudáková, M. (2016). Categorization of the EU Countries in the Context of Agricultural Production. *AGRIS On-Line Papers in Economics and Informatics*, 8(4), 3–14. <https://doi.org/10.7160/aol.2016.080401>
- Birovljev, J., Đokić, D., Matkovski, B., & Kleut, Ž. (2017). Economic Performances of Agriculture of CEFTA and Former CEFTA Countries. *Economics of Agriculture (Ekonomika poljoprivrede)*, 64(4), 1413–1424. <https://doi.org/10.5937/ekoPolj1704413B>
- Czyżewski, B., & Smędzik-Ambroży, K. (2017). The Regional Structure of the CAP Subsidies and the Factor Productivity in Agriculture in the EU 28. *Agricultural Economics – Czech*, 63, 149–163. <https://doi.org/10.17221/302/2015-AGRICECON>
- European Commission. (2020). Commission Staff Working Document: Commission Recommendations for Lithuania's CAP Strategic Plan. Accompanying the Document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Recommendations to the Member States as Regards their Strategic Plan for the Common Agricultural Policy. [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key\\_policies/documents/cap-strategic-plans-c2020-846-swd-lt\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-strategic-plans-c2020-846-swd-lt_en.pdf)
- European Union. (2020). Agriculture, Forestry and Fishery Statistics – 2020 Edition. Statistical Books. <https://doi.org/10.2785/143455>
- Eurostat. (2019a, January 25). Agricultural factor income per annual work unit (AWU). [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg\\_02\\_20\\_esmsip2.htm](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_02_20_esmsip2.htm)
- Eurostat. (2019b, February 13). Glossary: Animal Output. Eurostat Statistics Explained. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Animal\\_output](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Animal_output)
- Eurostat. (2021a, October 29). Economic Accounts of Agriculture; Agricultural labour input statistics. [Dataset]. <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- Eurostat. (2021b, November 1). Gross Value Added – NACE Rev. 2: B-E – volumes. [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/teina410\\_r2](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/teina410_r2)
- Eurostat. (2021c, November 5). Performance of the Agricultural Sector. Eurostat Statistics Explained. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Performance\\_of\\_the\\_agricultural\\_sector#Agricultural\\_labour\\_productivity](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Performance_of_the_agricultural_sector#Agricultural_labour_productivity)
- Eurostat. (2022, January 26). Economic Accounts for Agriculture – Agricultural Income. [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aact\\_eaa06&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aact_eaa06&lang=en)
- Fanelli, R.M. (2018). The Interactions between the Structure of the Food Supply and the Impact of Livestock Production on the Environment. A Multivariate Analysis for Understanding the Differences and the Analogies across European Union Countries. *Quality – Access to Success*, 19(167), 131–139. [https://www.researchgate.net/profile/Rosa-Fanelli-2/publication/329671657\\_The\\_interactions\\_between\\_the\\_structure\\_of\\_the\\_food\\_supply\\_and\\_the\\_impact\\_of\\_livestock\\_production\\_on\\_the\\_environment\\_A\\_multivariate\\_analysis\\_for\\_understanding\\_the\\_differences\\_and\\_the\\_analogies\\_across\\_EU\\_links/5cf8f10c299b1fb185bcb46/The-interactions-between-the-structure-of-the-food-supply-and-the-impact-of-livestock-production-on-the-environment-A-multivariate-analysis-for-understanding-the-differences-and-the-analogies-across-E.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rosa-Fanelli-2/publication/329671657_The_interactions_between_the_structure_of_the_food_supply_and_the_impact_of_livestock_production_on_the_environment_A_multivariate_analysis_for_understanding_the_differences_and_the_analogies_across_EU_links/5cf8f10c299b1fb185bcb46/The-interactions-between-the-structure-of-the-food-supply-and-the-impact-of-livestock-production-on-the-environment-A-multivariate-analysis-for-understanding-the-differences-and-the-analogies-across-E.pdf)
- Fanelli, R.M. (2019). The (Un)Sustainability of the Land Use Practices and Agricultural Production in EU Countries. *International Journal of Environmental Studies*, 76(2), 273–294. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1560761>
- Faria, J.R., Cuestas, J.C., Gil-Alana, L., & Mourelle, E. (2021). Self-Employment by Gender in the EU: Convergence and Clusters. *Empirica*, 48, 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10663-020-09494-2>
- Giannakis, E., & Bruggeman, A. (2015). The Highly Variable Economic Performance of European Agriculture. *Land Use Policy*, 45, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.12.009>
- Guth, M., & Smędzik-Ambroży, K. (2020). Economic Resources versus the Efficiency of Different Types of Agricultural Production in Regions of the European Union. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 33(1), 1036–1051. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2019.1585270>
- Ionescu, R.V., Zlati, M.L., Antohi, V.M., & Stanciu, S. (2021). Modelling EU Agriculture's Regional Disparities under the National Accounting System's Approach. The Impact of the New Economic and Environmental Challenges. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 34(1), 902–928. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1805347>
- Krstić, M. (2018). Dimensions of Sustainable Development. *Economics of Sustainable Development*, II(2), 19–28. <https://www.ekonomika.org.rs/esd/PDF/ekonomika/2018/EOR-18-2.pdf>
- Reiff, M., Surmanová, K., Balcerzak, A.P., & Pietrzak, M.B. (2016). Multiple Criteria Analysis of European Union Agriculture. *Journal of International Studies*, 9(3), 62–74. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2016/9-3/5>



- Reiff, M., Ivanicova, Z., & Surmanová, K. (2018). Cluster Analysis of Selected World Development Indicators in the Fields of Agriculture and the Food Industry in European Union Countries. *Agricultural Economics – Czech*, 64(5), 197–205. <https://doi.org/10.17221/198/2016-AGRICECON>
- Sándor Zsarnóczai, J., & Zéman, Z. (2019). Output Value and Productivity of Agricultural Industry in Central-East Europe. *Agricultural Economics – Czech*, 65(4), 185–193. <https://doi.org/10.17221/128/2018-AGRICECON>
- Simović, O., Rađenović, Ž., Perović, D., & Vujačić, V. (2020). Tourism in the Digital Age: E-Booking Perspective. *ENTRENOVA – ENTERprise REsearch InNOVation*, 6(1), 616-627. <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/entrenova/article/view/13515/6766>
- Špírková, D., Stehlíková, B., Zúbková, M., Ševela, M., & Stiglic, D. (2017). Evaluation of Agriculture's Economic Role in EU Countries. *Ekonomický časopis (Journal of Economics)*, 65(8), 763–779. <https://www.sav.sk/journals/uploads/1027120508%2017%20Spirkova%20et%20al.%20RS.pdf>
- Valkó, G., Fekete-Farkas, M., & Kovács, I. (2017). Indicators for the Economic Dimension of Sustainable Agriculture in the European Union. *Regional Statistics*, 7(1), 179–196. <https://doi.org/10.15196/RS07110>

Submission date / Data nadesłania: 15.12.2021.

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 25.12.2021.

Acceptance date / Data akceptacji do druku: 10.01.2022.

© 2022 Rađenović, Ž., Krstić, B., & Marković, M. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Autorskie prawa osobiste: Rađenović, Ž., Krstić, B. i Marković, M. (2022). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

