

Michał Świtłyk, Rafał Niburski

e-mail: michal.switlyk@zut.edu.pl

EFEKTYWNOŚĆ TECHNICZNA I ZMIANY PRODUKTYWNOŚCI POLSKIEGO ROLNICTWA W LATACH 1999-2018

DOI: 10.15611/pn.2021.4.07

JEL Classification: D24, O47, Q10, Q12

© 2021 Michał Świtłyk, Rafał Niburski

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Świtłyk, M. i Niburski, R. (2021). Efektywność techniczna i zmiany produktywności polskiego rolnictwa w latach 1999-2018. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 65(4).

Streszczenie: Celem pracy było zbadanie poziomu efektywności technicznej oraz zmian produktywności i ich źródeł w polskim rolnictwie w latach 1999-2018. W badaniach posłużono się metodą DEA i opracowanym na jej podstawie indeksem produktywności całkowitej Färe-Primonta. Przeciętna wielkość współczynników efektywności technicznej w badanym okresie była wysoka. Wahała się ona od 94,3% (2000 r.) do 99,7% (2012 r.), przeciętna zmiana wielkości indeksu produktywności całkowitej Färe-Primonta wynosiła zaś 1,615, co oznacza jego średnioroczny wzrost o 3,1%. Głównym źródłem tych zmian był postęp technologiczny, który wynosił średnio 11,3% rocznie, natomiast spadek efektywności w tym czasie wynosił średnio 1,3% rocznie.

Słowa kluczowe: rolnictwo, efektywność techniczna, produktywność, indeks Färe-Primonta.

1. Wstęp

Problematyka efektywności i produktywności rolnictwa jest ważna dla różnych uczestników rynku żywnościowego. Zarówno dla konsumentów, którzy chcą płacić niskie ceny za żywność, dla rolników, którzy chcą osiągać odpowiednie dochody, jak i dla polityków zajmujących się polityką gospodarczą (w tym rolną) przez opracowanie zaleceń dla zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego i poprawy zdolności do konkurencyjności krajowego rolnictwa na rynkach światowych. Zainteresowanie naukowców tą tematyką wynika z wysokiej przydatności badań nad pro-

duktywnością i efektywnością techniczną do określania konkurencyjności rolnictwa i pojedynczych gospodarstw rolnych.

W polskim rolnictwie w latach 1999-2018 zaszły duże zmiany, które wynikały z przekształceń ustrojowych dokonanych po 1989 r. i wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej w 2004 r. W badanym okresie wartość produkcji globalnej rolnictwa (ceny bieżące) na 1 ha użytków rolnych wzrosła z 2271 zł w 1999 r. do 7714 zł w 2018 r., tj. 3,4 raza. Wartość produkcji towarowej w cenach bieżących wzrosła 3,6 raza – z 1657 zł/ha w 1999 r. do 5889 zł/ha w 2018 r. W tym okresie produkcja zbóż wzrosła o 4% – z 25750 tys. ton do 26780 tys. ton, produkcja roślin oleistych wzrosła prawie dwukrotnie – z 1157 tys. ton do 2269 tys. ton, natomiast powierzchnia użytków rolnych zmniejszyła się o 3766 tys. ha (z 18435 tys. ha w 1999 r. do 14699 tys. ha w 2018 r.), tj. o 20,4%. Z kolei liczba gospodarstw rolnych obniżyła się z 1881 tys. do 1428 tys. (spadek o 24,1%).

Podjęte badania miały na celu ustalenie efektywności technicznej rolnictwa w Polsce, określenie zmian produktywności rolnictwa i ich źródeł przy zastosowaniu indeksu produktywności całkowitej Färe-Primonta. Zakres czasowy badań obejmował lata 1999-2018.

2. Przegląd literatury oraz materiały i metody badań

Efektywność techniczna mierzy racjonalność podejmowania decyzji operacyjnych, indeksy produktywności całkowitej zaś mierzą wielkość zmian produktywności i jej źródła. W zależności od stosowanego indeksu produktywności całkowitej wyróżniane są dwa podstawowe źródła produktywności: zmiany efektywności technicznej i zmiany technologii (indeks Malmquista) oraz zmiany efektywności i zmiany technologii (indeks Färe-Primonta).

Indeks Malmquista służy wyłącznie do pomiaru zmian technologicznych i zmian efektywności technicznej (O'Donnell, 2010b). Z kolei indeks produktywności całkowitej Färe-Primonta, zaproponowany przez O'Donnella (2011a), jest indeksem w pełni multiplikatywnym, który pozwala na pełne uchwycenie zmian indeksu produktywności i jego różnych części składowych.

Metodę DEA opisano m.in. w artykułach Charnesa, Coopera i Rhodesa (1978), Bankera, Charnesa i Coopera (1984), publikacji Färe, Grosskopfa i Lovella (1994) oraz pracy Coelli, Rao i Battese (1998). W literaturze polskojęzycznej metodę DEA opisali i stosowali w badaniach m.in. Rogowski (1998), Rusielik (2000), Zawalińska (2004), Guzik (2009) oraz Góral (2014).

Omówienie indeksu Färe-Primonta i jego zastosowania w badaniach produktywności rolnictwa znaleźć można m.in. w pracach O'Donnella (2008, 2010a, 2010b, 2011a, 2011b), Rahmana i Salima (2013), Baležentisa (2015), Dakpy, Desjeux i Latruffe (2018), Dakpy, Jeanneaux, Latruffe, Mosnier i Veysseta (2018), Dakpy, Desjeux, Jeanneaux i Latruffe (2019), Cillero i Thorne (2019) oraz Rusielika (2015, 2016, 2020).

W niniejszych badaniach do obliczenia efektywności technicznej metodą DEA wykorzystano technikę przedstawioną przez Coelliego i in. (1998). Ogólnym założeniem metody jest to, że efektywność danego czynnika produkcji jest ilorazem danego nakładu do zamierzonego efektu, a rozwijając to do sytuacji wielowymiarowej, można przyjąć, że dysponując s efektami i m nakładami, można zauważyć, że efektywność przyjmuje postać:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_s y_s}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \dots + v_m x_m},$$

gdzie: y_r – wartość efektu, u_r – waga efektu, x_i – wartość nakładu, v_i – waga nakładu.

Po sprowadzeniu nakładów i efektów do wielkości syntetycznych istnieje możliwość obliczenia współczynnika efektywności przez rozwiązanie zadania programowania liniowego. Obliczany współczynnik ma postać funkcji celu poddanej maksymalizacji. Funkcja taka obliczana jest dla każdego obiektu, zmiennymi optymalizowanymi są wagi efektów i wagi nakładów.

Indeks produktywności całkowitej Färe-Primonta zaproponowany został przez O'Donnella w 2008 roku i jest on zakwalifikowany do grupy kompletnych indeksów produktywności, w pełni multiplikatywnych i umożliwiających porównania multitemporalne (w czasie) i multilateralne (pomiędzy DMU). Indeks ten powstał przez połączenie dwóch indeksów opracowanych oddzielnie przez Färe i Primonta oraz spełnia wymogi aksjomatycznej teorii indeksów numerycznych (Dapko, 2019; O'Donnell, 2008). Indeks produktywności całkowitej Färe-Primonta jest definiowany jako relacja zagregowanych indeksów produktywności efektów do zagregowanych indeksów produktywności nakładów.

O'Donnell (2008) wykazał, że wszystkie kompletne indeksy produktywności mogą być dekomponowane na indeksy zmian technologicznych i indeksy zmian efektywności. Indeksy zmian efektywności z kolei można rozłożyć na indeksy zmian efektywności technicznej, indeksy zmian efektywności skali i indeksy zmian efektywności mieszanej. Indeks zmian produktywności całkowitej dla DMU_a (*Decision Making Unit*) w okresie pomiędzy t i $t + 1$ ma następującą postać:

$$FPP_a^{t,t+1} = \frac{D_o(x_0, y_a^{t+1}, t_0)}{D_o(x_0, y_a^t, t_0)} \times \frac{D_I(x_a^t, y_0, t_0)}{D_I(x_a^{t+1}, y_0, t_0)},$$

gdzie (x_0, y_0, t_0) to wektory ilości nakładów i efektów oraz okres obserwacji, który został wybrany jako reprezentatywny dla badania (O'Donnell, 2011b). $D_o()$ i $D_I()$ to tzw. funkcje odległości, odpowiednio w orientacji na efekty i nakłady.

Pierwsza część wzoru zamieszczona po prawej stronie równania jest indeksem pomiaru zmian efektów, natomiast druga część równania jest indeksem zmian nakładów. Równanie to jest relacją indeksów produktywności efektów i nakładów.

Zmiany technologiczne mogą być związane ze zmianą maksymalnej możliwej do uzyskania produktywności między jednym okresem a drugim, podczas gdy zmiana efektywności może być spowodowana różnicą między obserwowaną a maksymalną możliwą efektywnością.

Komponent efektywności (*TFPE*) indeksu produktywności Färe-Primonta może być zdefiniowany jako:

$$TFPE_t = \frac{TFP_t}{TFP_t^*},$$

gdzie TFP_t jest obserwowanym *TFP*, a TFP_t^* jest maksymalnym możliwym *TFP* wszystkich *DMU* w czasie t . Z powyższego wzoru można wyprowadzić wzór na zmiany *TFP* pomiędzy okresem t i $t + 1$:

$$TFP_{t,t+1} = \frac{TFP_{t+1}}{TFP_t} = \frac{TFP_{t+1}^*}{TFP_t^*} \times \frac{TFPE_{t+1}}{TFPE_t}.$$

W powyższym równaniu relacja TFP_{t+1}^*/TFP_t^* jest zmianą technologiczną (*dMP*) indeksu zmian produktywności całkowitej (*TFP*). Iloraz $TFPE_{t+1}^*/TFPE_t^*$ jest zmianą efektywności (*TFPE*).

Zmianę efektywności można zdekomponować na zmianę efektywności technicznej i zmianę mieszanej efektywności skali:

$$TFP_t = TFP_t^* \times OTE_t \times OSME_t,$$

gdzie *OTE* jest efektywnością techniczną efektów, a *OSME* jest zorientowaną na efekty mieszaną efektywnością skali.

Opierając się na przedstawionych powyżej komponentach indeksu produktywności całkowitej Färe-Primonta, można stwierdzić, że zmiany indeksu *TFP* między t i $t + 1$ mogą być przedstawione dla efektów w sposób następujący:

$$TFP_{t,t+1} = \frac{TFP_{t+1}^*}{TFP_t^*} \times \frac{OTE_{t+1}}{OTE_t} \times \frac{OSME_{t+1}}{OSME_t},$$

gdzie TFP_{t+1}^*/TFP_t^* są zmianami technologicznymi.

Związek pomiędzy metodą DEA i indeksem produktywności całkowitej Färe-Primonta polega na tym, że w obliczeniach wykorzystuje się tę metodę do oszacowania technologii produkcji oraz poziomu produktywności i efektywności.

Polski dorobek naukowy dotyczący badań nad efektywnością techniczną rolnictwa i jego produktywnością należy uznać za niewystarczający. Problematyką tą zajmowali się, stosując indeks Malmquista do określania poziomu produktywności polskiego rolnictwa, m.in. Zawalińska (2004), Latruffe, Davidova i Balcombe

(2007), Rusielik i Świtłyk (2009), Świtłyk (2011), indeks Färe-Primonta do oceny produktywności polskiego rolnictwa był zaś stosowany przez Rusielika (2015). W krajowym dorobku brakuje prac o długim horyzoncie czasowym, które dotyczyłyby badań nad efektywnością techniczną i produktywnością zarówno w skali makro (rolnictwa jako całości), jak i w skali mikro (różnych typów gospodarstw).

Dane do badań uzyskano z opracowań statystycznych, takich jak: roczniki statystyczne województw (1999-2019), rolnictwo i gospodarka żywnościowa (1986-1990), roczniki statystyczne rolnictwa i obszarów wiejskich (2005-2008) oraz bazy danych lokalnych GUS i danych uzupełnionych przez Departament Edukacji i Komunikacji GUS (wartość środków trwałych w rolnictwie i leśnictwie).

Do budowy modelu polskiego rolnictwa przyjęto wstępnie następujące zmienne: Y – wartość skupu produktów rolnych ogółem na 1 ha użytków rolnych w zł, X_1 – powierzchnia użytków rolnych (tys. ha), X_2 – nawożenie mineralne NPK w kg na 1 ha użytków rolnych, X_3 – nawożenie mineralne N w kg na 1 ha użytków rolnych, X_4 – nawożenie mineralne P w kg na 1 ha użytków rolnych, X_5 – nawożenie mineralne K w kg na 1 ha użytków rolnych, X_6 – nawożenie mineralne Ca w kg na 1 ha użytków rolnych, X_7 – plony zbóż w dt/ha, X_8 – stan bydła w tys. szt., X_9 – stan trzody chlewnej w tys. szt., X_{10} – produkcja mleka w tys. l, X_{11} – produkcja żywca (tys. t), X_{12} – liczba ciągników (tys. szt.), X_{13} – pracujący w rolnictwie (tys. osób), X_{14} – zużycie energii elektrycznej w GWh, X_{15} – wartość środków trwałych w mln zł.

Zmienne X_7 - X_{11} w badaniach są traktowane jako nakłady, ponieważ tylko część plonu (produkcji zbóż) zostaje sprzedana, część zaś zamieniana jest na pasze, materiał siewny. To samo dotyczy stanów zwierząt (bydło, trzoda chlewna). Wynika to m.in. z ich cyklu produkcyjnego oraz intensywności chowu. Podobna sytuacja zachodzi w produkcji mleka (sprzedaż i zużycie wewnętrzne).

Wartość skupu produktów rolnych skorygowano o wielkość inflacji. Natomiast wartość środków trwałych brutto wyrażona jest w cenach bieżących. Zmienne końcowe do modelu dobrano w trzech krokach, wykorzystując regresję krokową. Zmienną zależną w metodzie regresji krokowej była wartość skupu produktów rolnych ogółem na 1 ha, a zmiennymi niezależnymi były pozostałe zmienne. W pierwszym kroku zastosowano metodę regresji krokowej wstecznej ($R^2 = 0,787$). W drugim – metodę regresji krokowej w przód ($R^2 = 0,808$). W trzecim kroku ustalono wspólne zmienne, które wystąpiły w obu metodach regresji i dołączono do nich zmienne niewspólne dla obu regresji (X_2 i X_{13}), które uzupełniały tak wypracowany model rolnictwa ($R^2 = 0,782$).

Ostatecznie model rolnictwa zawierał następujące zmienne: Y – wartość skupu produktów rolnych ogółem na 1 ha użytków rolnych (zł), X_1 – powierzchnia użytków rolnych (tys. ha), X_2 – nawożenie mineralne NPK (kg na 1 ha użytków rolnych), X_8 – stan bydła (tys. szt.), X_9 – stan trzody chlewnej (tys. szt.), X_{11} – produkcja żywca (tys. ton), X_{12} – liczba ciągników (tys. szt.), X_{13} – pracujący w rolnictwie (tys. osób), X_{14} – zużycie energii elektrycznej (GWh), X_{15} – wartość środków trwałych (mln zł).

W badaniu, którego wyniki przedstawiono w niniejszym artykule, do obliczania miary efektywności technicznej wykorzystano metodę DEA, a następnie do obliczenia indeksu produktywności całkowitej indeks Färe-Primonta. Przyjęty do obliczeń model rolnictwa polskiego był ukierunkowany na minimalizację nakładów, przy założeniu zmiennych efektów skali (model VRS). W badaniu przyjęto minimalizację nakładów, zakładając, że decyzje rolników są na nie zorientowane. Przyjęcie założenia zmiennych efektów skali wynika m.in. ze zróżnicowania badanych województw ze względu na warunki glebowe, różne warunki agroklimatu, zróżnicowaną strukturę produkcji, a także różną przeciętną powierzchnię gospodarstw.

Obliczając indeks zmian produktywności całkowitej Färe-Primonta, jako województwo referencyjne przyjęto województwo kujawsko-pomorskie, a jako rok referencyjny – 1999. Wybór tego województwa wynikał z szeregu przesłanek: wysokiej kultury rolnej, występowania wszystkich typów gospodarstw rolniczych, zróżnicowanej wielkości gospodarstw dobrze wyposażonych w technikę rolniczą oraz z faktu, że województwo to w latach 1999-2018 było efektywne technicznie.

Wskaźniki efektywności technicznej mieszczą się w zakresie od 0% do 100%, gdzie 100% oznacza obiekt efektywny. Indeksy produktywności całkowitej i ich elementy składowe większe od 1 oznaczają wzrost, równe 1 – stagnację, natomiast mniejsze od 1 oznaczają zmniejszenie poziomu produktywności. Przeciętne wyniki efektywności technicznej w poszczególnych latach przedstawiono w postaci średniej arytmetycznej. Wyniki obliczeń indeksów produktywności całkowitej i ich elementów składowych przedstawione są w postaci średniej geometrycznej.

Średnioroczne tempo zmian indeksu Färe-Primonta i jego elementów składowych obliczono, wykorzystując średnią geometryczną i wartości w pierwszym oraz ostatnim roku badań. W tabelach i na rysunkach zastosowano wyróżniki miast wojewódzkich zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 11 grudnia 2017 r. w sprawie rejestracji i oznaczania pojazdów oraz wymagań dla tablic rejestracyjnych.

W pracy wykorzystano ponadto następujące programy użytkowe: productivity R package version 1.1.0 (Dakpo i in., 2018), Frontier Analyst ver. 4.2.0. firmy Banxia oraz Statistica 13.1.

W tabeli 1 zamieszczono charakterystyki zmiennych przyjętych do modelu polskiego rolnictwa.

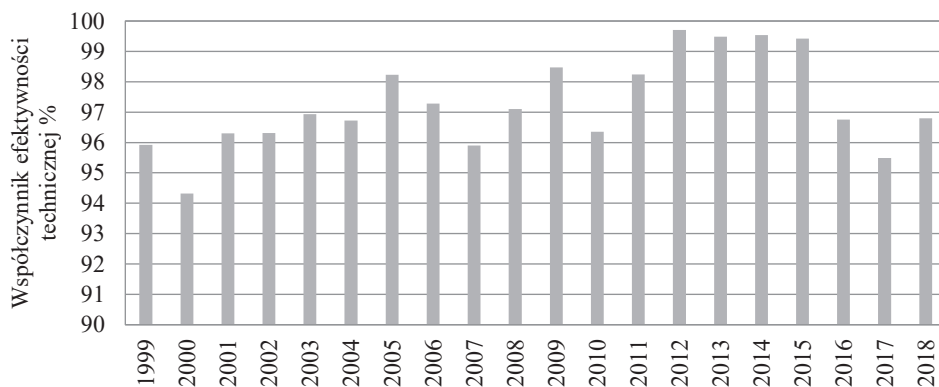
Tabela 1. Charakterystyki zmiennych przyjętych do modelu w latach 1999-2018

Wyszczególnienie	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Wariancja	Odczylenie standardowe	Współczynnik zmienności	Skośność
Wartość skupu produktów rolnych ogółem na 1 ha użytków rolnych (zł)	2430,2	1954,7	472,8	11 742,7	3 221 183,0	1794,8	73,9	2,4
Powierzchnia użytków rolnych (tys. ha)	995,0	959,7	366,3	2 393,1	210 686,0	459,0	46,1	0,9
Nawożenie NPK w kg/ha użytków rolnych	115,1	111,9	49,5	223,4	1239,0	35,2	30,6	0,6
Stan bydła (tys. szt.)	363,4	214,1	61,9	1 153,0	86 156,0	293,5	80,8	1,1
Stan trzody chlewnej (tys. szt.)	938,3	579,7	145,9	5 325,4	1 060 746,0	1029,9	109,8	2,5
Produkcja żywności (tys. t)	246,8	167,7	34,6	1 156,2	47 263,0	217,4	88,1	2,2
Ciągniki (tys. sztuk)	89,7	84,1	16,6	230,6	2 739,0	52,3	58,3	0,8
Pracujący w rolnictwie (tys. osób)	154,3	124,5	23,7	589,9	11 675,0	108,0	70,0	1,1
Zużycie energii elektrycznej (GWh)	145,0	102,0	31,0	711,0	15 767,0	125,6	86,6	2,2
Wartość środków trwałych (ceny bieżące mln zł)	7739,5	6514,0	2044,6	21 574,1	16 655 675,0	4081,1	52,7	1,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Województwo/ rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Dolnośląskie	96,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Kujawsko- -Pomorskie	100,0	100,0	98,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Lubelskie	100,0	84,0	92,0	100,0	100,0	100,0	100,0	71,8	63,9	61,9
Lubuskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Łódzkie	100,0	88,1	90,2	95,3	100,0	92,5	90,8	91,4	85,2	90,4
Małopolskie	100,0	100,0	99,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,5	100,0
Mazowieckie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Opolskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Podkarpackie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Podlaskie	87,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pomorskie	100,0	91,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Śląskie	91,6	100,0	100,0	100,0	91,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Świętokrzyskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Warmińsko- -Mazurskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,1	100,0	100,0
Wielkopolskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zachodnio- pomorskie	100,0	77,9	91,8	100,0	100,0	100,0	100,0	85,8	84,3	96,6
Średnia	98,5	96,4	98,2	99,7	99,5	99,5	99,4	96,8	95,5	96,8
Min.	87,1	77,9	90,2	95,3	91,7	92,5	90,8	71,8	63,9	61,9
Max.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS.



Rys. 1. Przeciętne wielkości współczynników efektywności technicznej (model DEA BCC) w latach 1999-2018

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Badane województwa można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej (tab. 2) zaliczono województwa, które charakteryzowały się pełną efektywnością techniczną bądź były nieefektywne technicznie maksymalnie w dwóch latach. Do drugiej grupy zaliczono województwa, które były nieefektywne w więcej niż w dwóch latach.

Do pierwszej grupy należą województwa: dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, lubuskie, opolskie, podkarpackie, podlaskie, śląskie, świętokrzyskie, warmińsko-mazurskie i wielkopolskie. Do drugiej grupy zakwalifikowano województwa: lubelskie, łódzkie, małopolskie, mazowieckie, pomorskie i zachodniopomorskie. W tej grupie dwa województwa były nieefektywne technicznie przez 15 lat (lubelskie i łódzkie), dwa w 10-11 latach badań (pomorskie – 10 lat, zachodniopomorskie – 11 lat), dwa województwa zaś były nieefektywne technicznie przez 7-8 lat (małopolskie – 7 lat, mazowieckie – 8 lat).

W województwie lubelskim współczynniki efektywności technicznej w 14 latach były mniejsze od 90% i wynosiły od 61,9% (2018) do 87,7% (2000). Zwraca uwagę, że w trzech ostatnich latach badań w tym województwie współczynniki efektywności technicznej obniżyły się z 71,8% do 61,9%. W województwie łódzkim współczynniki efektywności technicznej były mniejsze od 90% w czterech latach (2000, 2007, 2010, 2017) i wynosiły od 76,6% (2000) do 88,1% (2010). W województwie pomorskim i zachodniopomorskim współczynniki efektywności technicznej były niższe od 90% w pięciu latach. W województwie pomorskim w latach 1999-2001 i 2003-2004 współczynniki efektywności technicznej wynosiły od 75,9% (2000 r.) do 88,1% (2004). Z kolei w województwie zachodniopomorskim współczynniki efektywności technicznej były mniejsze od 90% w latach 2002-2003, 2010-2012, 2016 i wynosiły od 77,9% (2010) do 89,3% (2003). Województwo małopolskie było nieefektywne technicznie w ośmiu latach (1999-2004, 2011 i 2017), wielkość współczynników efektywności technicznej zaś w omawianym okresie wynosiła od 85,5% (1999) do 99,2% (2011). Jeżeli chodzi o województwo mazowieckie, to było nieefektywne technicznie w latach 1999-2003 oraz 2006-2008. Wysokość jego współczynników efektywności technicznej w tym okresie wahała się od 77,4% (2007) do 99,3% (2003). W latach 2004-2005 i od 2009 roku województwo to charakteryzowało się pełną efektywnością techniczną.

3.2. Zmiany produktywności polskiego rolnictwa – indeks Färe-Primonta

Przeciętna wielkość indeksu zmian produktywności całkowitej Färe-Primonta (tab. 3) w latach 1999-2018 wyniosła 1,615, co oznacza wzrost indeksu zmian produktywności całkowitej (dTFP) o prawie 62% (3,1% rocznie). Na wzrost produktywności całkowitej składał się postęp technologiczny (dMP), który wynosił 2,226 (wzrost maksymalnej produktywności o 11,3% rocznie) i przeciętny spadek efektywności (dTFPE) równy 0,725, tj. o 27,5% (1,3% rocznie). Maksymalne wielkości indeksu zmian produktywności Färe-Primonta osiągał w latach 2015 (2,301), 2018 (2,614), 2017 (2,655), 2016 (2,761), natomiast minimalne jego wielkości odnotowano w latach: 1999 (0,808), 2000 (0,914), 2001 (1,000).

Tabela 3. Wielkości zmian indeksu Färe-Primonta i ich elementy składowe w latach 1999-2018

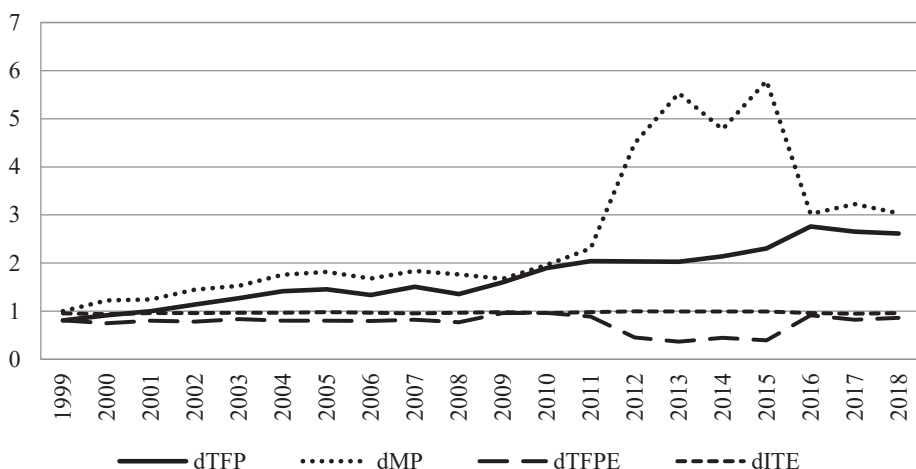
Rok	Zmiany			Zmiany efektywności technicznej dITE
	produktywności dTFP	technologiczne dMP	efektywności dTFPE	
1999	0,808	1,000	0,808	0,956
2000	0,914	1,222	0,748	0,939
2001	1,000	1,243	0,805	0,961
2002	1,137	1,450	0,784	0,961
2003	1,271	1,525	0,834	0,968
2004	1,413	1,757	0,805	0,965
2005	1,458	1,818	0,802	0,981
2006	1,334	1,678	0,795	0,970
2007	1,507	1,836	0,821	0,956
2008	1,357	1,762	0,770	0,968
2009	1,600	1,670	0,958	0,984
2010	1,895	1,964	0,965	0,961
2011	2,044	2,305	0,887	0,982
2012	2,034	4,491	0,453	0,997
2013	2,031	5,535	0,367	0,995
2014	2,139	4,780	0,447	0,995
2015	2,301	5,787	0,398	0,994
2016	2,761	3,020	0,914	0,964
2017	2,655	3,229	0,822	0,949
2018	2,614	3,033	0,862	0,962
Średnia	1,615	2,226	0,725	0,970
Min.	0,808	1,000	0,367	0,939
Max.	2,761	5,787	0,965	0,997

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS.

Na wielkość zmian produktywności całkowitej (dTFP) Färe-Primonta pozytywny wpływ miały zmiany technologiczne (dMP). Ich minimalna wielkość występowała w latach 1999-2002 i przyjmowała odpowiednio wielkości: 1,000, 1,222, 1,243, 1,450. Maksymalne wielkości współczynników zmian technologicznych odnotowano w latach: 2012 (4,491), 2014 (4,780), 2013 (5,535) i 2015 (5,787).

W badanym okresie zmiany efektywności (dTFPE) wpływały na zmniejszenie zmian produktywności całkowitej. Największe spadki efektywności wystąpiły w okresie 2012-2015. W związku ze znacznym zmniejszeniem zmian produktywności całkowitej Färe-Primonta przez zmiany efektywności (tab. 3 i 4) i ze względu na wysokie współczynniki efektywności technicznej (tab. 2) dodatkowo obliczono

wielkość zmian efektywności technicznej (dITE). Przeciętny spadek efektywności technicznej w badanym okresie wynosił 3% (0,970) rocznie i nie wpływał silnie na zmiany efektywności. Prawdopodobnie pozostałe elementy współczynnika zmian efektywności (zmiana efektywności skali i zmiana efektywności mieszanej) wpływają na obniżenie tego współczynnika. Podobnie stwierdzają Khan i in. (2014), którzy powołując się na badania O'Donnella (2010, 2012b), podkreślają, że współczynniki zmian efektywności technicznej wynoszące 1 lub zbliżone do 1 świadczą o osiągnięciu czystej efektywności technicznej. W latach 2012-2015 zwraca uwagę (rys. 2) postęp technologiczny, który jest częściowo kompensowany przez spadek efektywności (dTfPE). Może to oznaczać, że za gwałtownym postępem technologicznym nie nadążyła jakość podejmowanych decyzji operacyjnych.



Rys. 2. Indeks Färe-Primonta i jego elementy składowe w latach 1999-2018

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

W tabeli 4 zamieszczono średnie współczynniki indeksu Färe-Primonta i jego części składowych obliczonych dla województw w latach 1999-2018.

Województwami z najniższymi wzrostami produktywności całkowitej (dTFP) były: podkarpackie (1,007), małopolskie (1,188), świętokrzyskie (1,221), lubelskie (1,358), zaś województwami o najwyższych wzrostach produktywności były: mazowieckie (2,005), warmińsko-mazurskie (2,315), podlaskie (2,364), wielkopolskie (2,515).

Województwami, które charakteryzowały się największym spadkiem efektywności (dTfPE), były: podkarpackie (0,452), małopolskie (0,534), świętokrzyskie (0,549), lubelskie (0,610), natomiast województwami, w których ten spadek był niewielki bądź nawet nastąpił lekki wzrost efektywności, były: mazowieckie (0,901), warmińsko-mazurskie (1,040), podlaskie (1,062) i wielkopolskie (1,130).

Tabela 4. Przeciętne współczynniki indeksu zmian produktywności całkowitej Färe-Primonta i jego elementy składowe według województw w latach 1999-2018

Województwo	Zmiany			Zmiany efektywności technicznej dITE
	produktywności całkowitej dTFP	technologiczne dMP	efektywności dTFPE	
Dolnośląskie	1,459	2,226	0,655	0,998
Kujawsko-pomorskie	1,915	2,226	0,860	0,999
Lubelskie	1,358	2,226	0,610	0,838
Lubuskie	1,551	2,226	0,697	1,000
Łódzkie	1,834	2,226	0,824	0,924
Małopolskie	1,188	2,226	0,534	0,960
Mazowieckie	2,005	2,226	0,901	0,939
Opolskie	1,445	2,226	0,649	1,000
Podkarpackie	1,007	2,226	0,452	1,000
Podlaskie	2,364	2,226	1,062	1,000
Pomorskie	1,496	2,226	0,672	0,936
Śląskie	1,531	2,226	0,688	1,000
Świętokrzyskie	1,221	2,226	0,549	1,000
Warmińsko-mazurskie	2,315	2,226	1,040	1,000
Wielkopolskie	2,515	2,226	1,130	1,000
Zachodniopomorskie	1,482	2,226	0,666	0,948
Średnia	1,615	2,226	0,725	0,970
Min.	1,007		0,452	0,924
Maks.	2,515		1,130	1,000

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS.

W tabeli 5 zamieszczono wyniki obliczeń indeksu zmian produktywności całkowitej (dTFP) i jego części składowych dla województw w latach 1999 i 2018. Indeks produktywności całkowitej (dTFP) był najwyższy w 1999 r. i 2018 r. w województwie warmińsko-mazurskim i wynosił odpowiednio 1,235 i 3,747. Oznacza to, że województwo warmińsko-mazurskie w 1999 r. ($dTFP_{NO}/dTFP_{GD} = 1,235/0,526 = 2,3$) było 2,3 raza bardziej produktywne niż województwo pomorskie i województwo podkarpackie oraz 2,2 raza bardziej produktywne niż województwo małopolskie (w tych województwach zanotowano najwyższy spadek produktywności w roku 1999). W 2018 r. województwo warmińsko-mazurskie miało 2,5 raza wyższą produktywność niż województwo lubelskie, 2,1 razy niż woj. podkarpackie i 1,5 razy niż woj. dolnośląskie (w tych trzech województwach odnotowano z kolei najniższy wzrost produktywności w roku 2018).

Tabela 5. Indeks Färe-Primonta i jego części składowe w latach 1999 i 2018

Województwo	Symbol województwa	Zmiany											
		produktywności całkowitej dTFP				technologiczne dMP				efektywności dTFPE			
		1999	2018	2018/1999	średnie tempo zmian	1999	2018	2018/1999	średnie tempo zmian	1999	2018	2018/1999	średnie tempo zmian
Dolnośląskie	DWR	0,899	1,499	1,7	2,7	1,000	3,033	3,0	6,0	0,899	0,494	0,5	-3,1
Kujawsko-pomorskie	CB	1,000	2,608	2,6	5,2	1,000	3,033	3,0	6,0	1,000	0,860	0,9	-0,8
Lubelskie	LU	0,720	1,477	2,1	3,9	1,000	3,033	3,0	6,0	0,720	0,487	0,7	-2,0
Lubuskie	GO	0,887	3,152	3,6	6,9	1,000	3,033	3,0	6,0	0,887	1,039	1,2	0,8
Łódzkie	EL	1,003	2,905	2,9	5,8	1,000	3,033	3,0	6,0	1,003	0,958	1,0	-0,2
Małopolskie	KR	0,572	2,087	3,6	7,0	1,000	3,033	3,0	6,0	0,572	0,688	1,2	1,0
Mazowieckie	WI	0,608	3,315	5,5	9,3	1,000	3,033	3,0	6,0	0,608	1,093	1,8	3,1
Opolskie	OP	0,907	2,421	2,7	5,3	1,000	3,033	3,0	6,0	0,907	0,798	0,9	-0,7
Podkarpackie	RZ	0,543	1,818	3,4	6,6	1,000	3,033	3,0	6,0	0,543	0,599	1,1	0,5
Podlaskie	BI	1,020	3,560	3,5	6,8	1,000	3,033	3,0	6,0	1,020	1,174	1,2	0,7
Pomorskie	GID	0,526	3,205	6,1	10,0	1,000	3,033	3,0	6,0	0,526	1,057	2,0	3,7
Śląskie	SK	0,773	3,175	4,1	7,7	1,000	3,033	3,0	6,0	0,773	1,047	1,4	1,6
Świętokrzyskie	TK	0,668	2,692	4,0	7,6	1,000	3,033	3,0	6,0	0,668	0,887	1,3	1,5
Warmińsko-mazurskie	NO	1,235	3,747	3,0	6,0	1,000	3,033	3,0	6,0	1,235	1,235	1,0	0,0
Wielkopolskie	PO	1,040	3,429	3,3	6,5	1,000	3,033	3,0	6,0	1,040	1,130	1,1	0,4
Zachodnio-pomorskie	ZS	0,944	2,355	2,5	4,9	1,000	3,033	3,0	6,0	0,944	0,776	0,8	-1,0
Polska	PL	0,808	2,614	3,2	6,4	1,000	3,033	3,0	6,0	0,808	0,862	1,1	0,3

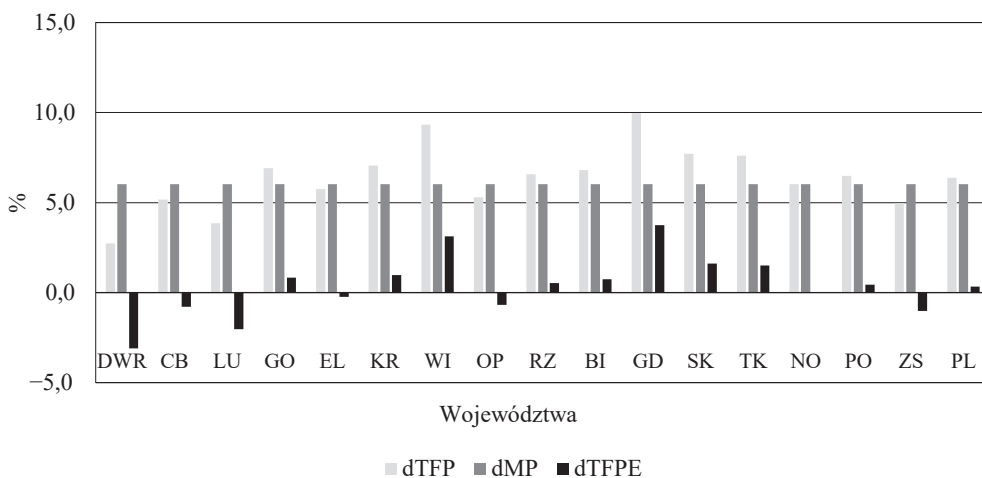
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS.

Indeks zmian produktywności w porównywanych latach wzrósł w Polsce 3,2 raza ($dTFP_{PL2018}/dTFP_{PL1999}$) lub o 6,4% rocznie. Najniższą dynamikę indeksu zmian produktywności całkowitej, mierzoną indeksem Färe-Primonta, odnotowano w województwach dolnośląskim (1,7), lubelskim (2,1) i zachodniopomorskim (2,5). Najwyższą dynamikę zmian analizowanego indeksu obserwowano w województwach: pomorskim (6,1), mazowieckim (5,5) śląskim (4,1) i świętokrzyskim (4,0).

Badane województwa w latach 1999 i 2018 odznaczały się różnym średnim tempem wzrostu indeksu zmian produktywności całkowitej (tab. 5, rys. 3). Przeciętne średnie tempo zmian produktywności całkowitej w Polsce wyniosło 6,4%. Najwyższe przeciętne tempo wzrostu dTFP odnotowano w województwach: pomorskim (10,0%), mazowieckim (9,3%), śląskim (7,7%) i świętokrzyskim (7,6%), zaś najniższe średnioroczne tempo wzrostu indeksu dTFP wystąpiło w województwach: dolnośląskim (2,7%), lubelskim (3,9%), zachodniopomorskim (4,9%) i opolskim (5,3%).

Zgodnie z założeniami zastosowanej metody wszystkie badane województwa mają dostęp do tej samej technologii w danym roku, stąd występuje u nich identyczne tempo zmian technologicznych 6,0% rocznie.

Kolejnym elementem składowym indeksu zmian produktywności całkowitej dTFP jest indeks zmian efektywności (dTFPE). Z danych zawartych w tab. 5 wynika, że przeciętna wielkość indeksu dTFPE była mniejsza od 1, co wpływa negatywnie na produktywność. Należy zaznaczyć, że efektywność w badanym okresie wzrosła z poziomu 0,808 w 1999 r. do 0,862 w 2018 r., tj. o 10,0% (o 0,3% rocznie). Wzrost efektywności charakteryzował 9 województw, w województwie warmińsko-mazur-



Rys. 3. Średnie tempo wzrostu indeksu Färe-Primonta i jego części składowych w latach 1999-2018

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

skim wystąpiła stagnacja jej poziomu, a w 6 województwach jej spadek. Najwyższe tempo wzrostu efektywności odnotowano w województwach: pomorskim (3,7%), mazowieckim (3,1%), natomiast najwyższe średnie spadki efektywności charakteryzowały województwo dolnośląskie (-3,1%) i lubelskie (-2,0%).

4. Zakończenie

Z przeprowadzonych badań nad efektywnością techniczną i zmianami produktywności polskiego rolnictwa w latach 1999-2018 wynikają następujące wnioski:

1. Przeciętne współczynniki efektywności technicznej (BCC), przy założeniu zmiennych efektów skali (VRS), obliczone dla polskiego rolnictwa w latach 1999-2018 należy uznać za wysokie. Wahwały się one od 94,3% (2000) do 99,7% (2012).

2. Spośród 16 województw 10 charakteryzuje się efektywnością techniczną w co najmniej 18 latach badania. W 6 województwach nieefektywność techniczną stwierdzono więcej niż w 3 latach. Duże wahania poziomu efektywności technicznej występowały w województwach: lubelskim, łódzkim, małopolskim, mazowieckim, pomorskim i zachodniopomorskim.

3. W badanym okresie produktywność polskiego rolnictwa rosła średniorocznie o 3,1%. Podstawowym źródłem wzrostu produktywności był postęp technologiczny, który rósł średniorocznie o 11,3%. Z kolei produktywność obniżana była przez spadek efektywności o średnio 1,3% rocznie. Najwyższą produktywność rolnictwa osiągnięto w latach 2015 (2,301), 2018 (2,614), 2017 (2,655), 2016 (2,761) oraz w województwach: mazowieckim (2,005), warmińsko-mazurskim (2,315), podlaskim (2,364) i wielkopolskim (2,515).

Literatura

- Baležentis, T. (2015). The sources of the total factor productivity growth in Lithuanian family farms: A Fare-Primont index approach. *Prague Economic Papers*, 24(02), 225-241. Pobrane z https://www.researchgate.net/publication/281223853_The_Sources_of_the_Total_Factor_Productivity_Growth_in_Lithuanian_Family_Farms_A_Fare-Primont_Index_Approach
- Banker, R. D., Charnes, A. i Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale efficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. doi:10.1287/mnsc.30.9.1078
- Charnes, A., Cooper, W. W. i Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8
- Cillero, M. i Thorne, F. (2019). Sources of productivity growth using the Fare-Primont decomposition. An empirical application to the Irish beef sector. *Applied Economics*, 51(36), 3982-3994. Pobrane z <https://doi.org/10.1080/00036846.2019.1588944>
- Coelli, T. J., Rao, P. D. S. i Battese, G. E. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Boston: Kluwer. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-5493-6>
- Dakpo, K. H., Desjeux, Y., Jeanneaux, P. i Latruffe, L. (2019). Productivity, technical efficiency and technological change in French agriculture during 2002-2015: A Fare-Primont index decomposition using group frontiers and meta-frontier. *Applied Economics*, 51(2), 1-17. Pobrane z: <https://>

- www.researchgate.net/publication/328323336_Productivity_technical_efficiency_and_technological_change_in_French_agriculture_during_2002-2015_a_Färe-Primont_index_decomposition_using_group_frontiers_and_meta-frontier
- Dakpo, K. H., Desjeux, Y. i Latruffe, L. (2018). *Productivity: Indices of productivity and profitability using Data Envelopment Analysis (DEA). R package version 1.1.0*. Pobrane z <https://CRAN.R-project.org/package=productivity/>
- Dakpo, K. H., Jeanneaux, P., Latruffe, L., Mosnier, C. i Veysset, P. (2018). Three decades of productivity change in French beef production: A Färe-Primont index decomposition. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 62, 352-372. Pobrane z <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-8489.12264>
- Färe, R., Grosskopf, S. i Lovell, C. A. K. (1994). *Production frontiers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Góral, J. (2014). *Subsydia a efektywność techniczna wielkotowarowych gospodarstw rolnych* (rozprawa doktorska). Warszawa: IERiGŻ.
- Grifell-Tatjé, E. i Lovell, C. A. K. (1995). A note on the Malmquist productivity index. *Economics Letters*, 47, 169-175. Pobrane z https://www.researchgate.net/publication/223407905_A_note_on_the_Malmquist_productivity_index
- Guzik, B. (2009). *Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej*. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Latruffe, L., Davidova, S. i Balcombe, K. (2007). *Productivity change in Polish agriculture: An application of a bootstrap procedure to Malmquist indices. CES Europe conference: Economic transition at midlife: Lessons from the development of markets and institutions* (Chinese Economist Society (CES). USA, May 2007). Slovenia: Portoroz. Pobrane z <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02285595/document>
- O'Donnell, C. J. (2008). *An aggregate quantity-price framework for measuring and decomposing productivity and profitability change* (Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP07/2008). University of Queensland. Pobrane z <https://economics.uq.edu.au/files/5280/WP072008.pdf>
- O'Donnell, C. J. (2010a). Measuring and decomposing agricultural productivity and profitability change. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(4), 1-34. Pobrane z <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-8489.2010.00512.x>
- O'Donnell, C. J. (2010b). *Nonparametric estimates of the components of productivity and profitability change in U.S. agriculture* (Working Paper Series No. WP 02/2010). School of Economics University of Queensland. Pobrane z: <https://economics.uq.edu.au/files/5253/WP022010.pdf>
- O'Donnell, C. J. (2011a). *DPIN version 3.0: a program for decomposing productivity index numbers*. Brisbane: Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of Queensland.
- O'Donnell, C. J. (2011b). *Econometric estimation of distance functions and associated measures of productivity and efficiency change* (Centre for Efficiency and Productivity Analysis, Working Papers WP01/2011). University of Queensland. Pobrane z <https://economics.uq.edu.au/files/5217/WP012011.pdf>
- Rahman, S. i Salim, R. (2013). Six decades of total factor productivity change and sources of growth in Bangladesh agriculture (1948–2008). *Journal of Agricultural Economics*, 64(2), 275-294. Pobrane z https://www.researchgate.net/publication/264605312_Six_Decades_of_Total_Factor_Productivity_Change_and_Sources_of_Growth_in_Bangladesh_Agriculture_1948-2008
- Rogowski, G. (1998). *Metody analizy i oceny działalności banku na potrzeby zarządzania strategicznego*. Poznań: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu.
- Rusielik, R. (2000). *Pomiar efektywności gospodarowania spółek Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa w latach 1996-1998 z wykorzystaniem metody DEA* (rozprawa doktorska). Warszawa: Wydział Ekonomiczno-Rolniczy SGGW.

- Rusielik, R. (2015). Produktywność rolnictwa w Polsce. Analiza z wykorzystaniem zagregowanych indeksów produktywności Färe-Primonta. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, XVI/4, 95-106. Pobrane z <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.desklight-c4cecd5-4f7d-434a-b1e8-f445ea99b6cc>
- Rusielik, R. (2016). Wykorzystanie alternatywnych indeksów produktywności do pomiaru efektywności rolnictwa w Polsce. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (450), 514-523. DOI: 10.15611/pn.2016.450.44. Pobrano z: <https://www.dbc.wroc.pl/dlibra/docmetadadata?id=35958&from=publication>
- Rusielik, R. (2020). Productivity of European Union agriculture in 2009-2018. Measurement and analysis using the aggregated productivity indexes. *Research Papers of Wrocław University of Economics and Business*, 64(4), 173-186. Pobrane z <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.desklight-f43fdc93-3e36-424b-b2f6-07b8efbf092f>
- Rusielik, R. i Świtlyk, M. (2009). Zmiany efektywności technicznej rolnictwa w Polsce w latach 1998-2006. *Roczniki Nauk Rolniczych. Seria G, Ekonomika Rolnictwa*, 96(3), 20-27.
- Świtlyk, M. (2011). Efektywność polskiego rolnictwa w latach 1998-2009. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 4, 59-75. Pobrane z www.zer.waw.pl/pdf-83445-18961?filename=EFEKTYWNOSC...
- Zawalińska, K. (2004). *The competitiveness of Polish agriculture in the context of integration with the European Union*. Warsaw: University Department of Economics. Pobrane z http://www.irwirpan.waw.pl/angielski/Katarzyna_Zawalinska_The_Competitiveness_of_Polish_Agriculture_in_the_Context_of_Integration_with_the_European_Union.pdf

TECHNICAL EFFICIENCY AND CHANGES IN THE PRODUCTIVITY OF POLISH AGRICULTURE IN 1999-2018

Abstract: The aim of the study was to examine the level of technical efficiency and changes in productivity and their sources in Polish agriculture in the years 1999-2018. The study used the DEA method and the Färe-Primont total productivity index developed on its basis. The average size of the technical efficiency factors over the period considered was high. It ranged from 94.3% (2000) to 99.7% (2012). During the period under review, the average change in the size of Färe-Primont's total productivity index was 1.615, representing an average annual increase of 3.1%. The main source of these changes was technological progress, which averaged 11.3% per year, while the decrease in efficiency during this time was by an average of 1.3% per year.

Keywords: agriculture, technical efficiency, productivity, Färe-Primont index.

Podziękowania: *autorzy dziękują anonimowym Recenzentom za ich wkład w udoskonalenie tekstu.*