

Dariusz Kusz, Tomasz Misiak

Politechnika Rzeszowska

WPLYW TECHNICZNEGO UZBROJENIA PRACY I POSTĘPU TECHNICZNEGO NA WYDAJNOŚĆ PRACY W ROLNICTWIE

INFLUENCE OF WORK TECHNICAL EQUIPMENT AND TECHNICAL PROGRES LABOUR ON EFFICIENCY IN AGRICULTURE

Słowa kluczowe: wydajność pracy, techniczne uzbrojenie pracy, postęp techniczny, funkcja produkcji Cobb-Douglasa

Key words: labour efficiency, work technical equipment, technical progress, Cobb-Douglas production functions

JEL codes: O11, Q10

Abstrakt. Celem pracy jest ocena zmian wydajności pracy w rolnictwie w Polsce w aspekcie zmian technicznego uzbrojenia pracy oraz postępu technicznego. Analizując wpływ technicznego uzbrojenia pracy oraz postępu technicznego na wydajność pracy w rolnictwie posłużono się neoklasyczną funkcją produkcji typu Cobba-Douglasa. Stwierdzono, że stopa postępu technicznego oraz stopa wzrostu uzbrojenia pracy w około 60% wyjaśnia zmiany stóp wydajności pracy w rolnictwie. Oszacowana stopa postępu technicznego w sensie Hicksa w analizowanym okresie wynosiła 2,04%, a elastyczność wydajności pracy w polskim rolnictwie względem technicznego uzbrojenia pracy w rolnictwie wyniosła 0,85.

Wstęp

Jednym z najważniejszych elementów decydujących o poziomie efektywności produkcji w rolnictwie jest wydajność pracy, która zdeterminowana jest przez zespół czynników, takich jak struktura agrarna rolnictwa, liczba pracujących w rolnictwie i ich poziom przygotowania zawodowego, organizacja pracy, a przede wszystkim poprzez postęp techniczny. Poziom zaawansowania technicznego rolnictwa decyduje m.in. o poziomie technicznego uzbrojenia pracy. Z reguły niska wartość technicznego uzbrojenia pracy niekorzystnie wpływa na efektywność wykorzystania siły roboczej [Gołaś, Kozera 2008, Nowak 2011]. Warto też zwrócić uwagę na fakt, że racjonalnie uzasadnione wdrażanie postępu technicznego w rolnictwie jest koniecznością – jest on fundamentem do osiągnięcia korzystnych wyników w zakresie efektywności produkcji. Oznacza bowiem takie rodzaje zmian w technologii produkcji, które powodują usprawnienie metod pozyskiwania produktów, a w rezultacie nie tylko korzystnie wpływają na poprawę efektywności gospodarowania w rolnictwie [Klepacki 1997], ale też przyczyniają się do ograniczenia niekorzystnego wpływu na środowisko naturalne.

Celem pracy jest ocena zmian wydajności pracy w rolnictwie w Polsce w aspekcie zmian technicznego uzbrojenia pracy oraz postępu technicznego.

Material i metodyka badań

Badając wpływ technicznego uzbrojenia pracy oraz postępu technicznego na wydajność pracy w rolnictwie posłużono się neoklasyczną funkcją produkcji typu Cobba-Douglasa, która znalazła liczne zastosowania szczególnie w modelach wzrostu gospodarczego, postaci¹:

¹ W analizach wykorzystano dwuczynnikową funkcję produkcji Cobba-Douglasa, w której argumentami są kapitał rzeczowy oraz nakłady pracy ludzkiej. Pominięto natomiast trzeci z klasycznych czynników produkcji ziemię. Wynikało to przede wszystkim z faktu, iż ziemia jest niemobilnym czynnikiem produkcji.

$$Y(t) = f(K(t) L(t)) = A(t)[K(t)]^\alpha [L(t)]^\beta \quad (1)$$

Przy czym: $Y(t)$ to wartość produkcji globalnej w rolnictwie pomniejszona o wartość dopłat bezpośrednich i płatności uzupełniających (trzyletnia średnia krocząca za lata 1997-2014 w cenach stałych z 2011 roku) w Polsce w okresie t ($t = 1, 2, 3, \dots, T$); $A(t) = A_0 e^{gt} > 0$ – to łączna produktywność czynników produkcji w okresie t , wyrażenie $A_0 e^{gt}$ może mierzyć poziom zaawansowania technicznego²; $K(t)$ – to nakłady kapitału rzeczowego w polskim rolnictwie (trzyletnia średnia krocząca wartości środków trwałych brutto za lata 1997-2014 w cenach stałych z 2011 roku) w okresie t ; $L(t)$ – to liczba pracujących w rolnictwie (trzyletnia średnia krocząca za lata 1997-2014) w Polsce w okresie t ; t – to zmienna czasowa przyjmująca wartości naturalne; g – to stopa postępu technicznego, będąca stopą wzrostu łącznej produktywności czynników produkcji³; α – to elastyczności produkcji $Y(t)$ względem nakładów kapitału $K(t)$ w okresie t ; β – to elastyczność produkcji $Y(t)$ względem nakładów pracy L w okresie t , przy czym $\alpha, \beta \in (0, 1)$ oraz $\alpha + \beta = 1$ co implikuje, że $\beta = 1 - \alpha$. Podstawiając do funkcji Cobba-Douglasa (1) $A(t) = A_0 e^{gt}$, a następnie dzieląc stronami przez $L(t) > 0$ sprowadza się ją do postaci:

$$y(t) = A_0 e^{gt} [k(t)]^\alpha \quad (2)$$

gdzie: $y(t) = \frac{Y(t)}{L(t)}$ jest funkcją wydajności pracy, a $k(t) = \frac{K(t)}{L(t)}$ to kapitał przypadający na jednego pracującego, czyli tzw. techniczne uzbrojenie pracy. Funkcja wydajności pracy wyrażona wzorem (2) opisuje zależności pomiędzy nakładem kapitału na pracującego oraz postępowaniem technicznym a poziomem wydajności pracy⁴. Po zlogarytmowaniu funkcji wydajności pracy (2) i różniczkowaniu uzyskanego równania względem czasu t otrzymuje się zależność⁵:

$$\frac{\dot{y}(t)}{y(t)} = g + \alpha \frac{\dot{k}(t)}{k(t)} \quad (3)$$

Równanie (3) stanowi więc dynamiczną wersję równania (2), w którym opisuje się wpływ zmian kapitału rzeczowego oraz postępu technicznego na zmiany wydajności pracy. Dokładnie rzecz ujmując uzależnia się stopę wzrostu wydajności pracy od stopy postępu technicznego oraz stopy wzrostu technicznego uzbrojenia pracy.

Wyniki badań

Gospodarowanie potencjałem produkcyjnym w rolnictwie bazuje na istniejących możliwościach kombinacji i substytucji czynników produkcji. Kombinacje czynników produkcji zależą od relatywnego stopnia ich rzadkości, co w warunkach gospodarki rynkowej i równowagi znajduje swoje odzwierciedlenie w cenach tych czynników wytwórczych. Stosowane techniki produkcji w rolnictwie są wypadkową możliwych do zastosowania kombinacji i substytucji czynników produkcji, w zależności od warunków ekonomiczno-społecznych oraz przyrodniczo-technicznych, a zwłaszcza podstawowe znacznie mają relacje cenowe czynników wytwórczych.

² Parametr $A_0 > 0$ oznacza łączną produktywność czynników produkcji w roku $t = 0$ (jest początkowym, wyjściowym zasobem wiedzy); wynika to stąd, że jeżeli łączną produktywność czynników produkcji definiowana jest jako produkt, który mógłby być wytworzony przy jednostkowych nakładach kapitału oraz pracy w roku t , to $Y(0) = f(1, 1) = A_0 e^0 = A_0$. Szerzej na temat całkowitej produktywności czynników produkcji jej właściwości oraz sposobów mierzenia w pracy Władysława Welfe [2007].

³ Analizowaną stopę postępu technicznego należy rozumieć jako stopę postępu w sensie Hicksa, a więc jako stopę wzrostu produkcji, którą uzyskano przy stałych nakładach kapitału rzeczowego oraz przy stałych nakładach pracy.

⁴ Szerzej na temat analiz determinant wydajności pracy w oparciu o funkcje Cobba-Douglasa [Dykas, Misiak 2014].

⁵ Dla wszystkich występujących zmiennych makroekonomicznych zakłada się, iż są różniczkowalnymi funkcjami czasu $t \in [0, +\infty)$. Zapis typu $x(t)$ oznaczał będzie wartość zmiennej x w momencie t . Natomiast zapis $\dot{x}(t) \equiv dx(t) / dt$ będzie dalej oznaczał pierwszą pochodną zmiennej x po czasie t , co ekonomicznie oznacza przyrost danej zmiennej w momencie $t \in [0, +\infty)$.

Zgodnie z teorią Hayami-Ruttana, w krajach, w których praca jest najbardziej ograniczonym zasobem w stosunku do pozostałych czynników w największym stopniu rozwijane są techniki pracooszczędne. Stosowane technologie produkcji będą dążyć do wzrostu wydajności pracy. W krajach charakteryzujących się niedostatkiem ziemi rozwijane są technologie zwiększające intensywność produkcji (następuje wzrost nakładów na jednostkę powierzchni), zwiększających produktywność ziemi. Racjonalnie zachowujący się producent stara się zawsze wykorzystać w większym zakresie te czynniki produkcji, które są relatywnie tańsze (w zestawieniu z ich produktywnością), a zmniejszać zaangażowanie tych, które są relatywnie droższe [Rembisz 2008, Kusz 2015].

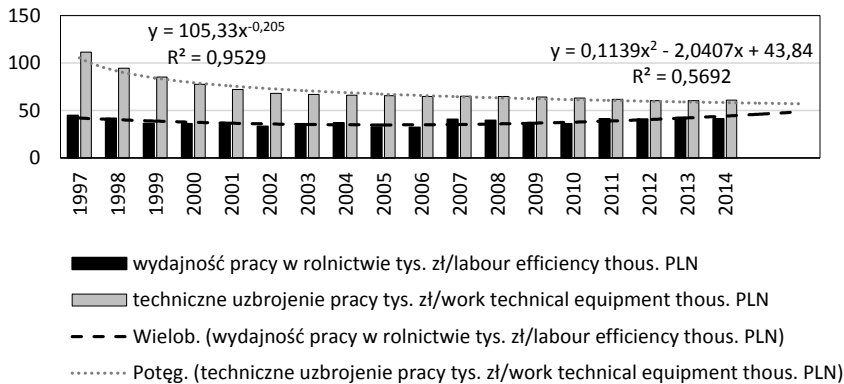
Zwracając uwagę na zróżnicowanie rolnictwa na świecie można zauważyć pewne ogólne prawidłowości, zgodnie z którymi układają się proporcje czynników produkcji. W każdym kraju w określonym momencie czasowym kształtują się określone proporcje czynników produkcji, decydujące o ich podaży i cenach, a to w konsekwencji ma wpływ na wybór optymalnej techniki produkcji. Układ cen czynników produkcji powoduje, że w każdym kraju i w każdych warunkach istnieje odrębna optymalna kombinacja czynników produkcji [Mundlak 2000, Klepacki, Żak 2013]. W przypadku rolnictwa ważne są dwa typy relacji: między nakładami pracy i kapitału a zasobami ziemi, oraz między zasobami ziemi i kapitału a zasobami pracy. Pierwszy typ relacji mierzy tzw. intensywność produkcji rolnej, drugi zaś typ relacji stanowi o wyposażeniu pracy w ziemię i w inne środki produkcji. Jednak w warunkach szybkiego wzrostu kosztów pracy w porównaniu do pozostałych czynników produkcji [Runowski, Ziętara 2011], szczególnego znaczenia nabiera relacja praca – kapitał. W warunkach dynamicznego wzrostu kosztów pracy w porównaniu do pozostałych czynników produkcji koniecznością staje się substytucja coraz droższych nakładów pracy żywej relatywnie tańszym kapitałem [Kusz 2015]. Z tego względu udział kapitału w procesie produkcji powinien być coraz większy [Klepacki, Żak 2013].

Analizując poziom technicznego uzbrojenia pracy w rolnictwie w Polsce stwierdzono, że od 1997 do 2003 roku wskaźnik ten wykazywała tendencję spadkową, a od 2004 roku nastąpiło odwrócenie tendencji (rys. 1). Było to niewątpliwie związane z akcesją Polski do Unii Europejskiej (UE), zwłaszcza z zwiększoną dostępnością środków na sfinansowanie inwestycji z funduszy UE, koniecznością dostosowania gospodarstw rolniczych do standardów higieniczno-sanitarnych, związanych z dobrostanem zwierząt, co wymusiło na rolnikach w Polsce przeprowadzenie modernizacji gospodarstw rolniczych [Kusz 2009].

W przypadku produktywności pracy w rolnictwie w Polsce, w analizowanym okresie (rys. 1) zanotowano spadek wskaźnika wydajności pracy. Przy czym tendencja ta została wyhamowana na skutek akcesji Polski do UE. Warto zwrócić uwagę na fakt, że dla poprawy wydajności pracy w rolnictwie najważniejsze są kwestie związane z możliwością migracji nadmiaru siły roboczej z rolnictwa. Z analizy danych na rysunku 1 wynika, że wskutek wzrostu technicznego uzbrojenia pracy w ostatnich latach, powinno następować wypychanie siły roboczej z rolnictwa, jednak nie zaobserwowano w Polsce takiej tendencji. Skutkować to może brakiem możliwości poprawy efektywności pracy.

Odniesiono się do jednej z najbardziej popularnych postaci analitycznych funkcji produkcji, mianowicie do funkcji typu Cobba-Douglasa, która odwzorowuje zależności występujące w procesie produkcji. W literaturze przyjmuje się, że funkcja produkcji ilustruje dostępne i efektywnie wykorzystywane techniki wytwarzania, bowiem określa maksymalną wielkość produktu (produkcji) możliwego do uzyskania przy danym poziomie zaangażowania czynnika czy czynników produkcji. W tym sensie funkcja produkcji jest odzwierciedleniem danego stanu technologii, w tym stosowanej techniki, organizacji, wiedzy, doświadczenia [Bezat, Rembisz 2011].

Badanie współzależności zachodzących między zmiennymi makroekonomicznymi wymaga w pierwszej kolejności analizy ich stacjonarności. Większość danych makroekonomicznych opartych na poziomie – zintegrowane stopnia 0 $\sim I(0)$ – jest niestacjonarnych. Prowadzenie zatem badań w oparciu o zmienne niestacjonarne może doprowadzić do pojawienia się regresji pozornej (*spurious regression*). W praktyce znaczna część zmiennych makroekonomicznych



Rysunek 1. Wydajność pracy i techniczne uzbrojenie pracy w rolnictwie w latach 1997-2014 (trzyletnia średnia krocząca)

Figure 1. Labour efficiency and work technical equipment in agriculture in 1997-2014 (moving average)

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

jest zintegrowana stopnia 1 ($\sim I(1)$, co w zasadzie oznacza pierwsze przyrosty zmiennych). Zatem w celu zbadania stacjonarności analizowanych zmiennych posłużono się testami pierwiastka jednostkowego – Augmented Dickey-Fuller (ADF) oraz Phillipsa-Perrona (PP). Przy czym badano stacjonarność poziomów rozważanych zmiennych (wydajność pracy i techniczne uzbrojenie pracy) oraz względne przyrosty (stopy wzrostu wydajności pracy i stopy wzrostu technicznego uzbrojenia pracy). Wyniki testów pierwiastka jednostkowego (ang. *Unit Root Test*) zestawiono w tabeli 1.

Z przeprowadzonych testów pierwiastka jednostkowego wynika, że poziomy zmiennych, tj. wydajności pracy ($y(t)$) i technicznego uzbrojenia pracy ($k(t)$) w polskim rolnictwie w latach 1997-2014, były niestacjonarne. Zmienne zintegrowane zaś stopnią 1, tj.

stopa wzrostu wydajności pracy ($\frac{\dot{y}(t)}{y(t)}$) i

stopy wzrostu technicznego uzbrojenia pracy ($\frac{\dot{k}(t)}{k(t)}$) w polskim rolnictwie, były

stacjonarne, gdyż prawdopodobieństwo potwierdzenia hipotezy zerowej dla rozpatrywanych testów (H_0 – istnieje pierwiastek jednostkowy) było poniżej 1% dla stóp wzrostu technicznego uzbrojenia pracy oraz poniżej 5% dla stóp wzrostu wydajności pracy. Zatem dalsze analizy empiryczne ukierunkowane były na zależności zachodzące między zmiennymi zintegrowanymi stopnia 1 ($\sim I(1)$). Opierając się na wnioskach wynikających z przeprowadzonych rozważań teoretycznych dotyczących wpływu postępu technicznego i technicznego uzbrojenia

Tabela 1. Wyniki testów pierwiastka jednostkowego dla analizowanych zmiennych

Table 1. Unit Root Test results for the analyzed variables

Test/Test	Wydajność pracy w rolnictwie/ Labour efficiency in agriculture		Techniczne uzbrojenie pracy w rolnictwie/Work technical equipment in agriculture	
	$y(t)$	$\frac{\dot{y}(t)}{y(t)}$	$k(t)$	$\frac{\dot{k}(t)}{k(t)}$
ADF – t-Statistic	0,893	-1,91**	-0,72	-5,72***
PP – Adj. t-Statistic	-0,911	-2,04**	-2,77***	-5,68***

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$ gdzie: p – poziom istotności/*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$, where p – statistically significant

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

pracy na wydajność pracy w polskim rolnictwie, oraz na testach stacjonarności (tab. 1), dokonano oszacowań parametrów sektorowej funkcji produkcji zadanej równaniem (3). Wyniki oszacowań zestawiono w tabeli 2.

Z wyników oszacowań równania (3) wyciągnąć można następujące wnioski:

1. Zarówno stopa postępu technicznego, jak i stopa wzrostu technicznego uzbrojenia pracy w polskim rolnictwie istotnie statystycznie objaśniały zmienność stóp wzrostu wydajności pracy w rolnictwie w latach 1997-2014. Przy czym analizowane zmienne objaśniały zmienność wydajności pracy w polskim rolnictwie w ok. 60%.
2. Oszacowana stopa postępu technicznego w sensie Hicksa w analizowanym okresie wynosiła 2,04%.
3. Oszacowana elastyczność wydajności pracy w polskim rolnictwie względem technicznego uzbrojenia pracy w rolnictwie w latach 1997-2014 wyniosła 0,85. Oznacza to, że gdyby stopa wzrostu technicznego uzbrojenia pracy w rolnictwie wzrosła o 1 p.p. (*ceteris paribus*), stopa wzrostu wydajności pracy w polskim rolnictwie zwiększyłaby się o 0,85 p.p.

Podsumowanie

Poprawa efektywności produkcji rolniczej, zwłaszcza wydajności pracy, jest kluczowym elementem poprawy dochodowości rolnictwa w Polsce. Możliwość poprawy efektywności pracy można upatrywać w dużej mierze w postępie technicznym pozwalającym na wzrost potencjału produkcyjnego gospodarstwa rolniczego, zmniejszenie jednostkowych kosztów produkcji czy ilościowy wzrost produkcji. Ponadto, postęp techniczny, mimo występowania malejących produktywności krańcowych czynników produkcji, jest w stanie skutecznie przeciwdziałać spadkowej tendencji produktywności czynników produkcji. Efektem wdrażania postępu technicznego w gospodarstwach rolniczych może też być zmiana relacji technicznych, czyli wzrost relacji kapitału rzeczowego do czynnika pracy.

Analizując zmiany w technicznym uzbrojeniu pracy oraz w wydajności pracy w rolnictwie w Polsce stwierdzono, że akcesja Polski do UE pozwoliła na zwiększenie technicznego uzbrojenia pracy oraz na zahamowanie tendencji spadkowej wydajności pracy. Stwierdzono także, że stopa postępu technicznego oraz stopa wzrostu uzbrojenia pracy w ok. 60% wyjaśnia zmiany stóp wydajności pracy. Z kolei tempo postępu technicznego (parametr g) wynosił 2,04% i wynik ten należy uznać za satysfakcjonujący [Ciołek, Brodzicki 2016]. Oszacowana stopa postępu technicznego w sensie Hicksa oznacza, że przy stałych nakładach kapitału rzeczowego oraz przy stałych nakładach pracy uzyskano by w latach 1997-2014 wzrost wydajności pracy na poziomie 2,04%. Z kolei zmiana technicznego uzbrojenia pracy o jeden p.p. (*ceteris paribus*) w analizowanym okresie, powodowała zmianę wydajności pracy o 0,85 pp.

Tabela 2. Oszacowania parametrów równania (3)

Table 2. Estimation of equation parameters (3)

Parametr/ Parameter	Oszacowane współczynniki/ Estimated coefficients
g	0,020402**
α	0,851414***
R^2	0,61
Skor. $R^2/Adj. R^2$	0,58
DW	1,7

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$
gdzie: p – poziom istotności, DW –
statystyka Durbina-Watsona/*** $p <$
 $0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$, where p
– statistically significant, DW – Durbin-
Watson statistics

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Literatura/Bibliography

- Bezat Agnieszka, Włodzimierz Rembisz. 2011. *Zastosowanie funkcji typu Cobba-Douglasa w ocenie relacji czynnik-produkt w produkcji rolniczej* (Zastosowanie funkcji typu Cobba-Douglasa w ocenie relacji czynnik-produkt w produkcji rolniczej). Warszawa: IERiGŻ-PIB.
- Ciołek Dorota, Tomasz Brodzicki. 2016. Determinanty produktywności polskich powiatów (Determinants of productivity of Polish LADs). *Bank i Kredyt* 47 (5): 463-494.
- Dykas Paweł, Tomasz Misiak. 2014. Determinanty podstawowych zmiennych rynku pracy w polskich powiatach w latach 2002-2011 (Determinants of key labor market variables in Polish counties in 2002-2011). *Gospodarka Narodowa* 6: 57-80.
- Gołaś Zbigniew, Magdalena Kozera. 2008. Strategie wydajności pracy w gospodarstwach rolnych (Strategies of labour productivity in agricultural farms). *Journal of Agribusiness and Rural Development* 1 (7): 73-87.
- Klepacki Bogdan. 1997. Pojęcie technologii i miejsce postępu technologicznego w rozwoju rolnictwa. [W] *Przestrzenne zróżnicowanie technologii produkcji roślinnej w Polsce i jego skutki* (The concept of technology and the place of technological progress in the development of agriculture. [In] Spatial differentiation of plant production technologies in Poland and its effects), ed. B. Klepacki, 8-21. Warszawa: Wydawnictwo Fundacja Rozwój SGGW.
- Klepacki Bogdan, Agata Żak. 2013. Agrarian transformations in the territory of Poland before and after integration into the European Union (Przemiany agrarne na terenach polskich przed i po integracji z Unią Europejską). *Journal of Agribusiness and Rural Development* 4 (30): 95-113.
- Kusz Dariusz. 2009. Nakłady inwestycyjne w rolnictwie polskim w latach 1990-2007 (Investment outlays in Polish agriculture in the years 1990-2007). *Roczniki Naukowe SERiA XI* (2): 131-136.
- Kusz Dariusz. 2015. Changes in the relations of production factors in agriculture (the case of Poland). *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* 15 (2): 179-188.
- Mundlak Yair. 2000. *Agriculture and Economic Growth. Theory and Measurement*. Cambridge, Massachusetts, London, England: Harvard University Press.
- Nowak Anna. 2011. Zmiany wydajności rolnictwa Polski i innych krajów Unii Europejskiej (Changes in agricultural productivity in Poland and in other European Union). *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego* 11 (1): 130-139.
- Rembisz Włodzimierz. 2008. *Mikro- i makroekonomiczne podstawy równowagi wzrostu w sektorze rolno-spożywczym* (Micro- and macro-economic foundations for the balance of growth in the agri-food sector). Warszawa: Wydawnictwo Vizja Press&IT.
- Runowski Henryk, Wojciech Ziętara. 2011. Future role of agriculture in multifunctional development of rural areas. *APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce* 5 (1-2): 29-38
- Welfe Władysław. 2007. *Gospodarka oparta na wiedzy* (Knowledge-based economy). Warszawa: Wydawnictwo PWE.

Summary

The aim of the study is to evaluate the changes in the labour efficiency in agriculture in Poland in terms of work technical equipment and technical progress. It was found that the rate of technical progress and the rate of increase of work technical equipment explain in about 60% the changes in labor efficiency rates in agriculture. The estimated Hicks-neutral technical change in the analyzed period was 2.04%. And 1% increase (ceteris paribus) in work technical equipment in agriculture would lead to approximately a 0.85% increase in labour efficiency.

Adres do korespondencji
dr inż. Dariusz Kusz (orcid.org/0000-0002-5643-5404)
dr Tomasz Misiak
Politechnika Rzeszowska, Wydział Zarządzania
35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 8
e-mail: dkusz@prz.edu.pl, tmisiak@prz.edu.pl