

## ENVIRONMENTAL, CLIMATE, AND ECONOMIC ASPECTS OF DAIRY COW FARMING

### ŚRODOWISKOWE, KLIMATYCZNE I EKONOMICZNE ASPEKTY CHOWU KRÓW MLECZNYCH

WOJCIECH JÓZWIAK  
ZOFIA MIRKOWSKA  
JOLANTA SOBIERAJEWSKA  
MAREK ZIELIŃSKI  
WOJCIECH ZIĘTARA

**Citation:** Józwiak, W., Mirkowska, Z., Sobierajska, J., Zieliński, M., & Ziętara, W. (2023). Environmental, Climate, and Economic Aspects of Dairy Cow Farming / Środowiskowe, klimatyczne i ekonomiczne aspekty chowu krów mlecznych. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 376(3), 26–46. <https://doi.org/10.30858/zer/170890>

#### Abstract

*The aim of the research was to determine the significance of cattle farming (especially dairy cows) in the use of forage area, mainly permanent grassland, and its relationship with the natural environment in terms of greenhouse gas emissions (methane), water consumption, and biodiversity. The analysis concerned 1,823 dairy farms under observation of the Polish FADN between 2018 and 2020 and managed by natural persons. The following aspects were taken into account: production potential of farms, production and economic results, organization of plant and animal production depending on the structure of forage area determined by the share of permanent grassland in the area. It was found that the production potential of the dairy farms under consideration and their production and economic results were negatively correlated with increased share of permanent grassland in the forage area. It was also found that a higher share of permanent grassland in the forage area: meant a higher share of valuable nature area in the farm; was specifically correlated with the balance of organic matter in the soil; the balance was positive in all of the considered cases, i.e., they kept an increasing amount of water in the soil and increasing amounts of carbon dioxide each year; resulted in a significant increase in water consumption per 1 liter of milk produced, but the situation was related to increased share of permanent grassland in the forage area and lower milk yield of cows.*

**Keywords:** dairy farms, permanent grassland, production potential, farm income, natural environment.

**JEL codes:** Q10, Q12, Q14, Q15.

---

The authors are affiliated with the Institute of Agricultural and Food Economics National Research Institute, Department of Economics of Agricultural and Horticultural Holdings; ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warsaw, Poland.  
Wojciech Józwiak, PhD, DSc, ProfTit ([wojciech.jozwiak@ierigz.waw.pl](mailto:wojciech.jozwiak@ierigz.waw.pl)).  <https://orcid.org/0000-0002-5358-261X>  
Zofia Mirkowska, MSc ([zofia.mirkowska@ierigz.waw.pl](mailto:zofia.mirkowska@ierigz.waw.pl)).  <https://orcid.org/0000-0002-6241-1054>  
Jolanta Sobierajska, MSc ([jolanta.sobierajska@ierigz.waw.pl](mailto:jolanta.sobierajska@ierigz.waw.pl)).  <https://orcid.org/0000-0002-5161-696X>  
Marek Zieliński, PhD ([marek.zielinski@ierigz.waw.pl](mailto:marek.zielinski@ierigz.waw.pl)).  <https://orcid.org/0000-0002-6686-5539>  
Wojciech Ziętara, PhD, DSc, ProfTit ([wojciech.zietara@ierigz.waw.pl](mailto:wojciech.zietara@ierigz.waw.pl)).  <https://orcid.org/0000-0002-3182-522X>

## Abstrakt

Celem badań było określenie znaczenia chowu bydła (przede wszystkim krów mlecznych) w wykorzystaniu powierzchni paszowej, głównie trwałych użytków zielonych, i jego związku ze środowiskiem przyrodniczym w zakresie emisji gazów cieplarnianych (metanu), zużycia wody i bioróżnorodności. W analizie wzięto pod uwagę 1823 gospodarstwa mleczne objęte monitoringiem Polskiego FADN w latach 2018–2020, którymi zarządzają osoby fizyczne. Uwzględniono: potencjał produkcyjny gospodarstw, wyniki produkcyjne i ekonomiczne, organizację produkcji roślinnej i zwierzęcej w zależności od struktury powierzchni paszowej określonej udziałem trwałych użytków zielonych w tej powierzchni. Stwierdzono, że potencjał produkcyjny badanych gospodarstw mlecznych oraz ich wyniki produkcyjne i ekonomiczne były ujemnie skorelowane ze wzrostem udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej. Stwierdzono nadto, że większy udział trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej: oznaczał większy udział w gospodarstwie powierzchni cennej pod względem przyrodniczym; był w specyficzny sposób skorelowany z bilansem substancji organicznej w glebie; wszystkie rozpatrywane przypadki miały ten bilans dodatni, a więc magazynowały corocznie rosnącą ilość wody w glebie oraz rosnące ilości dwutlenku węgla; prowadził do znacznego wzrostu zużycia wody w przeliczeniu na 1 l wyprodukowanego mleka, ale sytuacja ta wiąże się ze zwiększonym udziałem trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej i niższą wydajnością mleczną krów.

**Słowa kluczowe:** gospodarstwa mleczne, trwałe użytki zielone, potencjał produkcyjny, dochód z gospodarstwa, środowisko przyrodnicze.

**Kody JEL:** Q10, Q12, Q14, Q15.

## Introduction

Regardless of the progress in many areas determining the quality of life of societies, such as: housing conditions, communication, leisure, education, health, food security plays a fundamental and unquestionable role. Food security becomes even more important in a situation of continuous population growth. Estimates indicate that the world's population will increase from approximately 8 billion (at present) to approximately 10.4 billion in 2050 with a simultaneous decrease in total agricultural area, and especially per capita (Forsal.pl, 2022). Between 1970 and 2020, agricultural area per person decreased by 49.6% and it was 0.61 ha in 2020 (World Bank, n.d.). The basic way to ensure food security indicated by agricultural economists is to increase the level of agricultural production intensity, which, however, is associated with a negative impact on biodiversity and the natural environment, and thus on the climate. For this reason, the need for sustainable intensification of agricultural production is emphasized (Bucwell et al., 2014; Czyżewski & Staniszewski, 2018; Drygas & Nurzyńska, 2015; Struik & Kuyper, 2017; Zegar, 2019). Relatively less attention is paid to changes in the structure of food produced and consumed (plant and animal foods). Taking into account energy efficiency, it should be stated that products of animal origin (meat, milk, eggs) are more energy-intensive. For example, six grain units are needed to produce one unit (dt)

## Wstęp

Niezależnie od postępu w wielu dziedzinach decydujących o jakości życia społeczeństw, takich jak: warunki mieszkaniowe, komunikacja, rekreacja, oświata, zdrowie, podstawową i niekwestionowaną rolę odgrywa bezpieczeństwo żywnościowe. Bezpieczeństwo to nabiera dodatkowego znaczenia w sytuacji ciągłego wzrostu liczby ludności. Szacunki wskazują, że liczba ludności z aktualnych około 8 mld zwiększy się do około 10,4 mld w 2050 r., przy jednoczesnym zmniejszaniu się powierzchni użytków rolnych (UR) ogółem, a szczególnie w przeliczeniu na osobę (Forsal.pl, 2022). W latach 1970–2020 powierzchnia UR na osobę zmniejszyła się o 49,6% i w 2020 r. wynosiła 0,61 ha (World Bank, b.d.). Podstawowym sposobem zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego wskazywanym przez ekonomistów rolnych jest zwiększenie poziomu intensywności produkcji rolnej, co jednak wiąże się z negatywnym wpływem na bioróżnorodność i obciążeniem środowiska naturalnego, a tym samym na klimat. Z tego względu podkreśla się potrzebę zrównoważonej intensyfikacji produkcji rolnej (Bucwell i in., 2014; Czyżewski i Staniszewski, 2018; Drygas i Nurzyńska, 2015; Struik i Kuyper, 2017; Zegar, 2019). Stosunkowo mniej uwagi zwraca się na zmiany w strukturze produkowanej i spożywanej żywności (spożywcze produkty roślinne i zwierzęce). Biorąc pod uwagę efektywność energetyczną, stwierdzić należy, że produkty pochodzenia zwierzęcego (mięso, mleko, jaja) są bardziej

of beef<sup>1</sup> plant products. To ensure food security, it is therefore advisable to reduce meat consumption in favor of plant products. The postulate is strongly supported by vegetarian and vegan movements.<sup>2</sup> Plant products for direct consumption are obtained from crops grown on arable land (grains, potatoes, vegetables, legumes) and permanent crops (orchards, blueberry gardens). Animal products, on the other hand, come from rearing animals fed with concentrated fodder (with grains and legumes) and roughage. The latter comes from growing crops on arable land and permanent grassland. Concentrated fodder, produced from raw materials obtained from crops on arable land (grains, legumes), is the basis of nutrition for granivores (pigs, poultry). In this case, animal products compete with the cultivation of plants that can be directly used in human nutrition. Roughage is the basis of nutrition for ruminants (cattle, sheep, goats) and horses. It can come from the cultivation of fodder plants on arable land (maize, legumes, grasses) and from permanent grasslands—meadows and pastures. The cultivation of fodder plants for ruminants on arable land reduces the area of crops intended for the production of food products. The second type of arable land from which roughage can be obtained is permanent grassland. Currently, there is no alternative to use the areas directly for food purposes. The only way to rationally use fodder from permanent grassland is to process it into food products by ruminants, mainly by cattle. Permanent grassland is an important element in agricultural area. In Poland in 2020, the area of permanent grassland was 3,189 thousand ha, and its share in agricultural area was 21.7%. The share of permanent grassland in agricultural area in the European Union (EU) is much higher and amounted to 35.4% in 2018 (Główny Urząd Statystyczny [GUS], 2021). Between 2018 and 2020, the area of agricultural land used for fodder production in Poland (permanent grassland and fodder crops on arable land) amounted to an average of 4,174 thousand ha, of which 75.6% were grasslands. While the proposal to limit the total consumption of meat is justified, it should not apply to the consumption of products derived from ruminants (meat and dairy products) fed with fodder

energochłonne. Na przykład na wytworzenie jednostki (dt) mięsa wołowego potrzeba sześć jednostek zbożowych<sup>1</sup> produktów roślinnych. W celu zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego wskazane jest zatem ograniczenie spożycia mięsa na rzecz produktów roślinnych. Postulat ten szczególnie intensywnie wspierany jest przez ruchy wegetariańskie i wegańskie<sup>2</sup>. Produkty roślinne do bezpośredniego spożycia pozyskiwane są z uprawy roślin na gruntach ornych (zboża, ziemniaki, warzywa strączkowe) i z upraw trwałych (sady, jagodniki). Produkty zwierzęce zaś z chowu zwierząt żywionych paszami treściwymi (z udziałem zbóż i strączkowych) i paszami objętościowymi. Te ostatnie pochodzą z uprawy roślin na gruntach ornych oraz z trwałych użytków zielonych (TUZ). Podstawą żywienia zwierząt ziarnożernych (świnie, drób) są pasze treściwe, wytwarzane z surowców pozyskiwanych z upraw na gruntach ornych (zbóż, strączkowych). Produkty zwierzęce w tym przypadku stanowią konkurencję dla uprawy roślin, które mogą być bezpośrednio wykorzystywane w żywieniu ludzi. Podstawę żywienia zwierząt przeżuwających (bydła, owiec, kóz) i koni stanowią pasze objętościowe, które mogą pochodzić z uprawy roślin pastewnych na gruntach ornych (kukurydza, bobowate, trawy) oraz z trwałych użytków zielonych – łąk i pastwisk. Uprawa roślin pastewnych dla przeżuwaczy na gruntach ornych ogranicza powierzchnię upraw roślinnych z przeznaczeniem do produkcji artykułów żywnościowych. Drugim rodzajem użytków rolnych, z których mogą być pozyskiwane pasze objętościowe, są trwałe użytki zielone (TUZ). Aktualnie nie istnieje alternatywa wykorzystania tych powierzchni bezpośrednio na cele spożywcze. Jedynym sposobem racjonalnego wykorzystania pasz z TUZ jest ich przetworzenie na produkty żywnościowe przez przeżuwacze, głównie przez bydło. Trwałe użytki zielone stanowią ważny element w powierzchni użytków rolnych (UR). W Polsce w 2020 r. powierzchnia TUZ wynosiła 3189 tys. ha, a jej udział w UR wynosił 21,7%. Udział TUZ w UR Unii Europejskiej (UE) jest znacznie większy i wynosił w 2018 r. 35,4% (Główny Urząd Statystyczny [GUS], 2021). W latach 2018–2020 w Polsce powierzchnia użytków rolnych wykorzystywana do produkcji pasz (TUZ i uprawy pastewne

<sup>1</sup> Grain unit — energy equivalent of 1 dt of grains. It enables reducing various plant and animal products to the lowest common denominator. Energy value is the basis for determining conversion factors (Manteuffel, 1984; Ziętara & Olko-Bagieńska, 1986).

<sup>2</sup> Vegetarian and vegan diets are plant-based. A vegetarian diet allows for the consumption of dairy products, eggs, and honey, while a vegan diet is more restrictive and based only on plant products (Gacek, 2010; Ziemińska, 2015).

<sup>1</sup> Jednostka zbożowa – odpowiednik pod względem energetycznym 1 dt zbóż. Pozwala na sprowadzenie do wspólnego mianownika różnych produktów roślinnych i zwierzęcych. Podstawą ustalenia współczynników przeliczeniowych jest wartość energetyczna (Manteuffel, 1984; Ziętara i Olko-Bagieńska, 1986).

<sup>2</sup> Diety wegetariańska i wegańska oparte są na produktach roślinnych. Dieta wegetariańska dopuszcza spożycie produktów mlecznych, jaj i miodu, natomiast wegańska jest bardziej restrykcyjna, dopuszcza tylko produkty roślinne (Gacek, 2010; Ziemińska, 2015).



from permanent grassland. The question arises whether in the present situation it is possible to treat seriously the proposal to exclude 3,189 thousand ha of grassland from agricultural use and abandon the production of food from such areas. Vegetarians and vegans make such claims.

Ruminant farming, mainly cattle, plays an important role in the commercial production of agriculture. It is concentrated primarily in the Mazowieckie, Wielkopolskie, and Podlaskie voivodships. In 2021, in these voivodships, it accounted for 52.3% of the total ruminant population in the country.

Between 2018 and 2020, animal production dominated in the commercial agricultural production, the share of which was about 61%, with a slight downward trend to 59.3% in 2020. The share of cattle production (milk and livestock) was on average 25.6% during that period. The share of bovine production in commercial animal production was definitely higher, it amounted to an average of 41.9% between 2018 and 2020, including the share of milk 29.9% (GUS, 2021). The figures given show the important role of cattle production in food production.

Cattle farming also causes environmental risks, as it is the main source of methane (CH<sub>4</sub>) emissions into the atmosphere, which has an adverse effect on the climate (Ziętara et al., 2021). In 2018, the share of methane from agriculture in total emissions of the gas was 29.9%. The enteric fermentation of ruminants is the main source of methane emissions from agriculture (89.5%), and 10.3% of it come from their excrements (Olecka et al., 2020). The group of ruminants is dominated by cattle, including dairy cows. The second climate-related factor in cattle farming is the use of water, directly by the animals and indirectly during the feed production. It should be noted that cattle farming is a source of organic fertilizers (mainly manure) important for a positive balance of organic matter in the soil, improving rainwater retention (Zieliński, 2021).

Considering the significance of cattle farming, including dairy cows, in the production of agri-food products and in the non-alternative use of permanent grassland, as well as the significant role in the balance of organic matter in the soil, there is a need to analyze the current situation of dairy cow farming, taking into account the structure of forage area and the desired directions of changes.

na gruntach ornym) wynosiła średnio 4174 tys. ha, z czego 75,6% stanowiły użytki zielone. O ile zasadny jest postulat ograniczenia spożycia mięsa ogółem, to nie powinien on dotyczyć spożycia produktów pochodzących od przeżuwaczy (mięsa i produktów mlecznych), żywionych paszami z TUZ. Nasuwa się pytanie, czy można traktować w istniejącej sytuacji poważnie postulat wyłączenia z użytkowania rolniczego 3189 tys. ha użytków zielonych i zaniechać produkcji żywności z tej powierzchni. Takie postulaty zgłaszają wegetarianie i weganie.

Chów przeżuwaczy, głównie bydła, odgrywa istotną rolę w produkcji towarowej rolnictwa. Skoncentrowany jest on przede wszystkim w województwach mazowieckim, wielkopolskim i podlaskim. W 2021 r. w województwach tych stanowił on 52,3% поголовья przeżuwaczy ogółem w kraju.

W latach 2018–2020 w towarowej produkcji rolniczej dominowała produkcja zwierzęca, której udział wynosił około 61%, z lekką tendencją spadkową do 59,3% w 2020 r. Udział produkcji bydłowej (mleka i żywca) wynosił średnio w tych latach 25,6%. Zdecydowanie większy był udział produkcji bydłowej w towarowej produkcji zwierzęcej, który w latach 2018–2020 wynosił średnio 41,9%, w tym udział mleka 29,9% (GUS, 2021). Podane liczby świadczą o istotnej roli produkcji bydłowej w produkcji żywności.

Chów bydła powoduje także zagrożenia środowiskowe, gdyż jest głównym źródłem emisji metanu (CH<sub>4</sub>) do atmosfery, co ma niekorzystny wpływ na klimat (Ziętara i in., 2021). W 2018 r. udział metanu z rolnictwa w całkowitej emisji tego gazu wynosił 29,9%. Głównym źródłem emisji metanu z rolnictwa (89,5%) jest fermentacja jelitowa przeżuwaczy, a w 10,3% ich odchody (Olecka i in., 2020). W grupie zwierząt przeżuwających dominuje bydło, a w jego ramach krowy mleczne.

Drugim czynnikiem związanym z chowem bydła mającym wpływ na klimat jest zużycie wody, bezpośrednio przez zwierzęta i pośrednio podczas produkcji pasz. Należy zwrócić uwagę, że chów bydła jest źródłem nawozów organicznych (głównie obornika) ważnych dla dodatniego bilansu substancji organicznej w glebie, poprawiając retencję wody opadowej (Zieliński, 2021).

Biorąc pod uwagę znaczenie chowu bydła, w tym krow mlecznych, w produkcji towarowej rolnictwa i żywności oraz w bezalternatywnym wykorzystaniu trwałych użytków zielonych, a także znaczącej roli w bilansie materii organicznej w glebie, zachodzi potrzeba analizy aktualnego stanu chowu krow mlecznych z uwzględnieniem struktury powierzchni paszowej i pożądanym kierunków zmian.

## Material and Methods

The main aim of the research was to determine the importance of cattle rearing in the use of forage area,<sup>3</sup> mainly permanent grassland and its relationship with the climate through the emission of greenhouse gases (mainly methane) and water consumption. Dairy farms under the observation of the Polish FADN between 2018 and 2020 were the main subject of the research. These farms were chosen on purpose. The indicators used were calculated as the average of three years under the study in order to eliminate deviations. The study group consisted of 1,823 farms. They were divided into six classes according to the share of permanent grassland in the forage area. Extreme classes grouped farms obtaining feed exclusively from forage crops on arable land (AL) (class I), but also exclusively from grassland (class VI). The classes consisted of 95 and 111 farms, respectively, and their share in the study population was 5.2 and 6.1%, respectively. The remaining four classes were classified according to the share of grassland in total forage area: 0.0–25%; 25–50%; 50–75%, and 75–100%. Class IV was the largest one (50–75%) with a 32.6% share. The study population cannot be regarded as representative of all dairy farms in Poland, however, due to the size of the population, it is the basis for determining the existing tendencies. The subject of the analysis of selected classes of farms was: production potential, taking into account human capital, production and economic results, organization of crop and livestock production, and the natural environment.

The production potential of the dairy farms under consideration was characterized by the following indicators: average economic size (EUR thousand of SO<sup>4</sup>), average area (agricultural area in ha), soil valuation index, total labor inputs (AWU<sup>5</sup>/farm, including FWU<sup>6</sup>), average capital value (PLN thousand/farm), and capital-labor ratio (PLN thousand capital/AWU).

<sup>3</sup> Forage area – the area from which roughage is obtained. It includes arable land where fodder crops and permanent grassland are grown. The cultivation area of grains and legumes as the basis for the production of concentrated feed, in this case, is not included in the forage area. Concentrates can be purchased.

<sup>4</sup> SO (standard output) – standard production from individual activities calculated as the average value (yields and prices) over the period of five years and expressed in thousand euro.

<sup>5</sup> AWU (annual work unit) – a conventional unit of labor input (2120 hours per year).

<sup>6</sup> FWU (family work unit) – unit of labor input of a farmer and his family.

## Materiał i metody

Podstawowym celem badań było określenie znaczenia chowu bydła w wykorzystaniu powierzchni paszowej<sup>3</sup>, głównie trwałych użytków zielonych, i jego związek z klimatem przez emisję gazów cieplarnianych (głównie metanu) i zużycie wody. Przedmiotem badań były gospodarstwa mleczne objęte monitoringiem Polskiego FADN w latach 2018–2020. Gospodarstwa te wybrano celowo. Wykorzystane wskaźniki obliczono jako średnią z badanych trzech lat w celu eliminacji odchyłań. Badana zbiorowość liczyła 1823 gospodarstwa. Została podzielona na sześć klas według udziału TUZ w powierzchni paszowej. Skrajne klasy grupowały gospodarstwa pozyskujące pasze wyłącznie z upraw roślin pastewnych na gruntach ornych (GO) (klasa I), ale także wyłącznie z TUZ (klasa VI). Klasy te liczyły odpowiednio 95 i 111 gospodarstw, a ich udział w badanej zbiorowości wynosił odpowiednio 5,2 i 6,1%. Pozostałe cztery klasy wydzielono według udziału TUZ w całkowitej powierzchni paszowej: 0,0–25, 25–50, 50–75 i 75–100%. Najliczniej reprezentowana była klasa IV (50–75%), jej udział wynosił 32,6%. Badana zbiorowość nie może być traktowana jako reprezentatywna dla wszystkich gospodarstw mlecznych w Polsce, jednak ze względu na liczebność stanowi podstawę określenia występujących tendencji. Przedmiotem analizy wydzielonych klas gospodarstw były: potencjał produkcyjny z uwzględnieniem kapitału ludzkiego, wyniki produkcyjne i ekonomiczne, organizacja produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz środowisko przyrodnicze.

Potencjał produkcyjny badanych gospodarstw mlecznych został scharakteryzowany wskaźnikami: średnia wielkość ekonomiczna (tys. EUR SO<sup>4</sup>), średnia powierzchnia (ha UR), wskaźnik bonitacji gleb, nakłady pracy ogółem (AWU<sup>5</sup>/gospodarstwo, w tym FWU<sup>6</sup>), średnia wartość kapitału (tys. PLN/gospodarstwo) i techniczne uzbrojenie pracy (tys. PLN kapitału/AWU).

Zwrócono uwagę na kapitał ludzki. W krajowej literaturze pojawiły się bowiem opracowania, które

<sup>3</sup> Powierzchnia paszowa – powierzchnia, z której pozyskiwane są pasze objętościowe. Obejmuje grunty orne, na których uprawiane są rośliny pastewne i trwałe użytki zielone. Powierzchni uprawy zbóż i strączkowych, które stanowią podstawę produkcji pasz treściwych, w tym przypadku nie zaliczamy do powierzchni paszowej. Pasze treściwe mogą pochodzić z zakupu.

<sup>4</sup> SO – ang. *standard output* – standardowa produkcja z poszczególnych działalności obliczona jako średnia wartość (plony i ceny) z okresu pięciu lat i wyrażona w tys. EUR.

<sup>5</sup> AWU – ang. *annual work unit* – umowna jednostka nakładów pracy (2120 godz. w roku).

<sup>6</sup> FWU – ang. *family work unit* – jednostka nakładów pracy rolnika i jego rodziny.

Attention was paid to human capital. In the domestic literature, according to some studies there is a decreasing interest of potential successors of current farmers in taking over farms with unfavorable natural conditions. The human capital in the case of the farms under analysis was characterized by: the average age of farmers and their age structure, the presence of a successor, education (agricultural and non-agricultural), the category of farmer's work on the farm (full-time – 2120 hours and part-time), type of insurance (Agricultural Social Insurance Fund, Social Insurance Institution), and belonging to producer groups.

Production and economic results were characterized by the following indicators: farm income, farm income without subsidies, share of subsidies in farm income, unpaid labor profitability (farm income/FWU), property reproduction rate (%), and competitiveness index (ratio of farm income to costs of using family production factors (labor, land, and capital<sup>7</sup>).

The organization of crop production was characterized by the following indicators: arable land area (cropped area), including the share of grains, root crops, other crops, fodder crops, including maize, grassland area, forage area, including the share of grassland in forage area.

The organization of livestock production was characterized by: total stocking density (LU/farm, including cattle, stocking density LU<sup>8</sup>/100 ha of agricultural area, number of cows (head/farm), milk yield of cows (l/cow per year), forage area (ha/LU of cattle), and milk production per 1 ha of forage area.

The natural environment of the dairy farms was characterized by: the average share of Natura 2000 sites in farm, total water consumption per 1 ha, including livestock production (cattle), and the balance of organic matter in the soil. In the latter case, a positive balance means that carbon dioxide is stored in the soil. Water consumption was estimated based on unit productivity of cows, crop yield and unit water consumption per 1 kg of dry matter of plant products, consumption of roughage and concentrated fodder (de Haan, n.d.). The balance of organic matter was prepared on the basis of the study by Harasim (2006).

<sup>7</sup> The labor of the farmer and his family members was valued according to parity income between 2018 and 2020, the cost of land was assumed at the level of lease rent in the case of the farms under consideration, the cost of equity according to the interest rate on ten-year bonds.

<sup>8</sup> LU (livestock unit) – animal conversion unit that enables bringing animals to the lowest common denominator, taking into account the breed, age, and weight.

sygnalizują malejące zainteresowanie potencjalnych następców obecnych rolników przejmowaniem gospodarstw o niekorzystnych warunkach naturalnych. Kapitał ludzki w badanych gospodarstwach scharakteryzowano: średnim wiekiem rolników i strukturą ich wieku, występowaniem następcy, wykształceniem (rolnicze i nierolnicze), kategorią pracy rolnika w gospodarstwie (w pełnym wymiarze – 2120 godz. i niepełnym wymiarze), rodzajem ubezpieczenia (KRUS, ZUS) i przynależnością do grup producenckich.

Wyniki produkcyjne i ekonomiczne scharakteryzowano wskaźnikami: dochód z gospodarstwa, dochód z gospodarstwa bez dopłat, udział dopłat w dochodzie gospodarstwa, dochodowość pracy własnej (dochód z gospodarstwa/FWU), stopa reprodukcji majątku (%) i wskaźnik konkurencyjności (stosunek dochodu z gospodarstwa do kosztów użycia własnych czynników produkcji (pracy, ziemi i kapitału<sup>7</sup>).

Organizację produkcji roślinnej scharakteryzowano następującymi wskaźnikami: powierzchnią gruntów ornych (powierzchnia zasiewów), w tym udziałem zbóż, okopowych, pozostałych upraw, pastewnych, w tym kukurydzy, powierzchnią użytków zielonych, powierzchnią paszową, a w tym udziałem TUZ w powierzchni paszowej.

Organizację produkcji zwierzęcej scharakteryzowano: obsadą zwierząt ogółem (LU/gospodarstwo, w tym bydła, obsadą bydła LU<sup>8</sup>/100 ha UR, stanem krów (szt./gospodarstwo), wydajnością mleczną krów (l/krowę rocznie), powierzchnią paszową (ha/LU bydła) i produkcją mleka w przeliczeniu na 1 ha powierzchni paszowej.

Środowisko przyrodnicze analizowanych gospodarstw mlecznych scharakteryzowano: średnim udziałem obszarów Natura 2000 w gospodarstwie, zużyciem wody ogółem na 1 ha, w tym w produkcji zwierzęcej (bydło), i bilansem substancji organicznej w glebie. W tym ostatnim przypadku dodatni bilans oznacza magazynowanie dwutlenku węgla w glebie. Zużycie wody oszacowano na podstawie wydajności jednostkowych krów, plonowania upraw i jednostkowego zużycia wody na 1 kg suchej masy produktów roślinnych, zużycia pasz objętościowych i treściwych (de Haan, b.d.). Bilans substancji organicznej sporządzono natomiast na podstawie pracy Harasima (2006).

<sup>7</sup> Pracę własną rolnika i członków jego rodziny wyceniono według dochodu parytetowego w latach 2018–2020, koszt ziemi przyjęto na poziomie czynszu dzierżawnego w analizowanych gospodarstwach, koszt kapitału własnego według oprocentowania obligacji dziesięcioletnich.

<sup>8</sup> LU – ang. *livestock unit* – jednostka przeliczeniowa zwierząt umożliwia sprowadzanie do wspólnego mianownika zwierząt z uwzględnieniem rasy, wieku, wagi.



## Results

### *Environmental and Climate Aspects of Dairy Cow Farming in the Literature*

Cattle farming causes environmental risks as it is the main source of methane (CH<sub>4</sub>) emissions into the atmosphere. Methane (after CO<sub>2</sub>) ranks second in terms of greenhouse gas emissions, i.e., those whose presence in the atmosphere causes an increase in the temperature of the planet and, as a result, affects climate change (Crippa et al., 2021; Gil, 2022; Zieliński, 2016). The gases contribute to air pollution and damage the ozone layer. In 2018, the share of methane from agriculture in total emissions of this gas was 29.9%. Enteric fermentation of ruminants was the main source of methane emissions from agriculture, 89.5% of the gas comes from it, and 10.3% comes from the animals' excrements (Olecka, 2020).

The group of ruminants is dominated by cattle, including dairy cows. Methane is formed in the rumen as a result of the digestion of fiber-containing feed, which results in, among others, the formation of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and hydrogen (H). As a result of the activity of methanogenic bacteria, the gases are converted into methane, which is then discharged outside the rumen. The less balanced the feed ration, the greater the methane emission, which means losses of energy supplied in the feed amounting to 7–10%.

The second factor affecting the climate related to cattle farming, including cows, is water consumption directly by animals and indirectly for the production of fodder (Gauly et al., 2013). Concentrated livestock production requires more water resources: for an effective production of 25 liters of milk per day, a cow of a modern breed needs even 75 to 100 liters of drinking water, depending on the system. In addition to watering, water consumption in livestock buildings for technological purposes is also important (e.g., cleaning the milking and cooling installations, about 7 liters in the case of beef cattle, and washing the floors of manure and walking corridors, about 4 liters). What is important is the water footprint, i.e., the amount of both direct and indirect water consumption used to produce each of the goods and services. In the case of animals, it consists of various components: indirect water footprint of feed and direct water consumption, and for purposes resulting from production technology, animal handling, care for cleanliness of premises. For beef cattle, this information applies at the end of the animal's life. For dairy cattle, it is best to express the water footprint in terms of average annual production (in liters). To produce 1 liter of milk, approximately 1,275 liters of water are needed, while the production of 1 kg of

## Wyniki

### *Środowiskowe i klimatyczne aspekty chowu krów mlecznych w literaturze przedmiotu*

Chów bydła powoduje zagrożenia środowiskowe, gdyż jest głównym źródłem emisji metanu (CH<sub>4</sub>) do atmosfery. Metan (po CO<sub>2</sub>) zajmuje drugie miejsce pod względem wielkości emisji gazów cieplarnianych, a więc tych, których obecność w atmosferze powoduje podwyższanie temperatury planety i w rezultacie wpływa na zmianę klimatu (Crippa i in., 2021; Gil, 2022; Zieliński, 2016). Gazy te przyczyniają się do zanieczyszczenia powietrza i niszczą warstwę ozonową. W 2018 r. udział metanu z rolnictwa w całkowitej emisji tego gazu wynosił 29,9%. Głównym źródłem emisji metanu z rolnictwa była fermentacja jelitowa przeżuwaczy, z której pochodzi 89,5% tego gazu, zaś 10,3% z ich odchodów (Olecka, 2020).

W grupie zwierząt przeżuwających dominuje bydło, a w nim krowy mleczne. Metan powstaje w żwaczu zwierzęcia w wyniku trawienia pasz zawierających włókno, czego efektem jest m.in. powstawanie dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) i wodoru (H). Gazy te w wyniku aktywności bakterii metanogennych są przekształcane w metan, który następnie ze żwacza jest wyprowadzany na zewnątrz. Im dawka pokarmowa jest mniej zbilansowana, tym emisja metanu większa, co oznacza straty energii dostarczanej w paszy wynoszące 7–10%.

Drugim czynnikiem mającym wpływ na klimat, a związanym z chowem bydła, w tym krów, jest zużycie wody, bezpośrednio przez zwierzęta i pośrednio na produkcję pasz (Gauly i in., 2013). Skoncentrowana produkcja zwierzęca potrzebuje większych zasobów wodnych: w efektywnej produkcji 25 l mleka dziennie organizm krowy współczesnej rasy potrzebuje nawet od 75 do 100 l wody pitnej, w zależności od systemu utrzymania. Oprócz pojenia istotne jest ponadto zużycie wody w budynkach inwentarskich na zabiegi technologiczne (np. mycie instalacji doju i schładzania mleka ok. 7 l w przypadku bydła ras mięsnych, zaś mycie podłóg korytarzy gnojowo-spacerowych ok. 4 l). Istotny jest ślad wodny, czyli ilość zarówno bezpośredniego, jak i pośredniego zużycia wody wykorzystywanej do produkcji każdego z towarów i usług. W przypadku zwierząt składa się on z różnych komponentów: pośredniego śladu wodnego pasz i bezpośredniego spożycia wody oraz do celów wynikających z technologii produkcji, obsługi zwierząt, dbałości o czystość pomieszczeń. Dla bydła mięsnego stosuje się tę informację na koniec życia zwierzęcia. W przypadku bydła mlecznego najlepiej jest wyrazić ślad wodny w przeliczeniu na średnią roczną produkcję (w litrach). Aby wyprodukować 1 l mleka, trzeba zużyć

beef needs 15,415 liters of water (Mazur & Sergiel, n.d.). At the same time, a high level of intensity of milk production increases the demand for water by approx. 30%, in contrast to methane emissions, where high production efficiency is accompanied by lower emissions (Lesiakowski, 2022). The high values quoted above may be easier to accept taking into account the fact that in the global economy, the water footprint of each consumer is 5,000 liters of water per day on average (between 1,500 and 10,000 liters per day, depending on where you live and what products you consume). Everything we consume or use has a water footprint.

Numerous studies are conducted to reduce the harmful environmental impacts resulting from agricultural production, including cattle farming, while maintaining production efficiency. Skillful balancing of daily food rations means better use of fodder with a simultaneous environmental effect in the form of lower methane emissions by cattle. Cattle producers have modern tools in this regard, for example, a program that calculates the expected methane and carbon dioxide emissions after feeding the arranged daily rations. Among the strategies used to reduce methane emissions, apart from the correct balancing of food rations, experts indicate (Havlik et al., 2014) the following ways:

- high-quality silage production; changing from rations with grass as the staple feed (pasture feeding) to rations with maize silage as the staple feed can reduce methane production by 10%. The less fiber a cow takes in, the less methane it produces;
- selection of animals (breeding innovations) towards better use of nutrients for milk production and low environmental impact;
- use of dietary additives to feed, such as: ionophores, algae, yeast, fluorides, fats, oils;
- use of multi-species meadows and pastures. It was shown that the share of small-seed legume plants and herbs can significantly reduce methane emissions and reduce the need for fertilization with urea, as compared to monocultures with grasses only;
- manipulation of the rumen microbiome and fermentation processes (vaccines);
- early programming (manipulating the composition of the gut microbiome in calves);
- skillful management of animal excrements.

ok. 1275 l wody, zaś wyprodukowanie 1 kg mięsa wołowego pochłania 15 415 l wody (Mazur i Sergiel, b.d.), przy czym wysoki poziom intensywności produkcji mleka zwiększa zapotrzebowanie na wodę o ok. 30%, odwrotnie niż jest w przypadku emisji metanu, gdzie wysokiej wydajności produkcji towarzyszy niższa emisja (Lesiakowski, 2022). Wysokie wartości podane powyżej mogą być łatwiejsze do przyjęcia, biorąc pod uwagę, że w światowej gospodarce ślad wodny każdego konsumenta wynosi średnio 5000 l wody dziennie (od 1500 do 10 000 l dziennie, w zależności od miejsca zamieszkania i spożywanych produktów). Wszystko, co jest konsumowane lub używane, ma swój ślad wodny.

Prowadzone są liczne badania mające na celu ograniczanie szkodliwych środowiskowo oddziaływań wynikających z produkcji rolniczej, w tym chowu bydła, przy zachowaniu efektywności produkcji. Umiejętne bilansowanie dziennych dawek pokarmowych oznacza lepsze wykorzystanie paszy przy jednoczesnym efekcie środowiskowym w postaci mniejszej emisji metanu przez bydło. Producenci bydła dysponują w tym zakresie nowoczesnymi narzędziami, użytkowany jest np. program obliczający przewidywane emisje metanu i dwutlenku węgla, które powstaną po skarmieniu ułożonych dziennych dawek pokarmowych. Wśród strategii ograniczających emisję metanu, oprócz poprawnego bilansowania dawek pokarmowych, eksperci wskazują (Havlik i in., 2014) następujące sposoby:

- produkcja kiszzonek wysokiej jakości; zmiana z żywienia dawkami z trawą jako paszą podstawową (żywienie pastwiskowe) na żywienie dawkami z kiszonką z kukurydzy jako paszą podstawową może zmniejszyć produkcję metanu o 10%. Im mniej włókna pobiera krowa, tym mniej produkuje metanu;
- selekcja zwierząt (innowacje hodowlane) w kierunku lepszego wykorzystania składników pokarmowych do produkcji mleka i niskiej szkodliwości dla środowiska;
- stosowanie dietetycznych dodatków do paszy – jonofory, glony, drożdże, fluorki, tłuszcze, oleje;
- użytkowanie wielogatunkowych łąk i pastwisk. Wykazano, że udział roślin bobowatych drobnonasiennych i ziół może znacznie obniżyć emisję metanu oraz zmniejszyć zapotrzebowanie na nawożenie mocznikiem w porównaniu z monokulturami z wyłącznym udziałem traw;
- manipulacja mikrobiomem żwacza i procesami fermentacji (szczepionki);
- wczesne programowanie (manipulowanie składem mikrobiomu przewodu pokarmowego u cieląt);
- umiejętne gospodarowanie odchodami zwierząt.



Despite the need for more precise estimates, taking into account the fact that the levels of greenhouse gas emission reduction may vary depending on the place and time of intervention implementation, the results may already be a guideline for measures undertaken to develop cattle farming towards lower methane emissions.

At the beginning of 2022, a new feed additive (Bovaer) was developed that inhibits the enzyme that causes methane production in the cow's rumen, thus (according to DSM, a Dutch company, which authorizes this solution) it reduces intestinal methane emissions by about 30% in the case of dairy cows and by as much as 90% in the case of beef cows (Uciński, 2022).

The second problem related to livestock production, i.e., water consumption, is characterized by a limited possibility of change. Therefore, attention should be focused on activities regulating water relations through, among others, care for water drainage devices, such as ditches with functionally related buildings, drains, pipelines, pump houses used only for agricultural purposes, earth fish ponds, dikes in irrigated areas, gravitational and pressure irrigation systems. It is also recommended to use the so-called gray water and rainwater for some uses on a farm (water for irrigation, for the preparation of working fluids) (Centrum Doradztwa Rolniczego [CDR], n.d.). Attention should be paid to the fundamental role of the potential of permanent grassland for collecting and purifying water. Permanent grassland soils are mostly organic soils. The environmental role of organic soils in grasslands consists mainly in the high potential capacity of the areas to retain rainwater and shallow groundwater. Among them, peat and peat-muck soils play a unique role in water management in agricultural areas. Thanks to their soil properties, peat formations in Poland occupying the area of approx. 1.3 million ha can store approx. 35 billion m<sup>3</sup> of water. By retaining large amounts of water, which is not released to rivers, they additionally provide flood protection (CDR, n.d.).

### *Production Potential of Dairy Farms Depending on the Structure of Forage Area*

The research shows that the distribution of farms according to the share of grassland in the forage area was not even (Table 1). The share of farms in the extreme classes turned out to be the smallest: production of roughage only on arable land (class I) and production of roughage only on grassland (class VI). The share of the classes was 5.2 and 6.1%, respectively. The most represented class was class IV

Pomimo potrzeby bardziej precyzyjnych szacunków, biorąc pod uwagę fakt, że poziomy redukcji emisji gazów cieplarnianych mogą się różnić w zależności od miejsca i czasu realizacji interwencji, wyniki te mogą już stanowić wytyczne dla działań na rzecz rozwoju chowu bydła w kierunku niższej emisyjności metanu.

Na początku 2022 r. opracowano nowy dodatek paszowy (Bovaer), który hamuje enzym wywołujący produkcję metanu w żwaczu krowy, przez co (według holenderskiej firmy DSM, która autoryzuje to rozwiązanie) zmniejsza emisję metanu jelitowego o około 30% w przypadku krów mlecznych i aż o 90% w przypadku krów mięsnych (Uciński, 2022).

Drugi z problemów związanych z produkcją zwierzęcą, czyli zużycie wody, charakteryzuje ograniczona możliwość zmian. Należy zatem skupić uwagę na działaniach regulujących stosunki wodne poprzez m.in.: dbałość o urządzenia melioracji wodnych, takie jak rowy wraz z budowlami związanymi z nimi funkcjonalnie, drenowania, rurociągi, stacje pomp służące wyłącznie do celów rolniczych, ziemne stawy rybne, groble na obszarach nawadnianych, systemy nawodnień grawitacyjnych i ciśnieniowych. Zaleca się również wykorzystanie tzw. szarej wody oraz wody opadowej do niektórych zastosowań w gospodarstwie rolnym (woda do nawodnień, do przygotowywania cieczy roboczych) (Centrum Doradztwa Rolniczego [CDR], b.d.). Należy zwrócić uwagę na fundamentalną rolę potencjału trwałych użytków zielonych (TUZ) do gromadzenia i oczyszczania wody. Gleby trwałych użytków zielonych stanowią w większości gleby organiczne. Środowiskowa rola gleb organicznych na TUZ polega głównie na dużej potencjalnej zdolności tych obszarów do retencji wód opadowych i płytkich wód podziemnych. Spośród nich wyjątkową rolę w gospodarce wodnej terenów rolniczych pełnią gleby torfowe i torfowo-murszowe. Dzięki swoim właściwościom glebowe utwory torfowe występujące w Polsce na obszarze ok. 1,3 mln ha mogą zmagazynować ok. 35 mld m<sup>3</sup> wody. Retencjonując duże ilości wody, której nie oddają rzekom, stanowią dodatkowo ochronę przeciwpowodziową (CDR, b.d.).

### *Potencjał produkcyjny gospodarstw mlecznych w zależności od struktury powierzchni paszowej*

Z przeprowadzonych badań wynika, że rozkład gospodarstw według udziału TUZ w powierzchni paszowej nie był równomierny (tab. 1). Najmniejszy okazał się udział gospodarstw w skrajnych klasach: produkcja pasz objętościowych tylko na GO (klasa I) i w drugim przypadku tylko na TUZ (klasa VI). Udział tych klas wynosił odpowiednio

(50–75%) of permanent grassland in the forage area, with its share amounting to 32.6%. The share of farms in other classes ranged from 14.4% (0–25% of permanent grassland) to 21.4% (75–100% of permanent grassland).

5,2 i 6,1%. Najsilniej reprezentowana była klasa IV (50–75%) TUZ w powierzchni paszowej. Jej udział wynosił 32,6%. Udział gospodarstw w pozostałych klasach zawarty był w przedziale od 14,4% (0–25% TUZ) do 21,4% (75–100% TUZ).

**Table 1. Production potential of dairy farms between 2018 and 2020**

**Tabela 1. Potencjał produkcyjny gospodarstw mlecznych w latach 2018–2020**

Description / Wyszczególnienie	Farm classes by share of permanent grassland in the forage area (%) / Klasy gospodarstw według udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,0	0,0–25	25–50	50–75	75–100	100
Number of farms / Liczba gospodarstw	95	263	370	594	390	111
Farm structure (%) / Struktura gospodarstw (%)	5.2	14.4	20.3	32.6	21.4	6.1
Average economic size (thousand EUR) / Średnia wielkość ekonomiczna (tys. EUR)	70.3	87.5	81.2	65.2	47.5	35.5
Soil valuation index / wskaźnik bonitacji gleb	0.94	0.80	0.67	0.58	0.50	0.53
Average area (agricultural area in ha) / Średnia powierzchnia (ha UR)	29.8	36.7	36.6	32.9	28.2	21.6
Total labor inputs (AWU/farm) / Nakłady pracy ogółem (AWU/gosp.) including FWU/farm / w tym FWU/gospodarstwo	1.88 1.83	2.05 1.94	2.10 2.0	2.0 1.94	1.88 1.84	1.72 1.69
Labor input (AWU/100 ha) / Nakłady pracy (AWU/100 ha)	6.30	5.58	5.73	6.07	6.66	7.96
Average capital value (thousand PLN/farm) / Średnia wartość kapitału (tys. PLN/gosp.)	1,001.4	1,195.5	1,156.2	904.7	629.4	430.0
Capital–labor ratio (thousand PLN capital/AWU / Techniczne wyposażenie pracy (tys. PLN kapitał/AWU)	532.7	583.2	550.6	452.3	334.8	250.0

Source: authors' own calculations based on: Bocian et al. (2023).

Źródło: obliczenia własne podstawie: Bocian i in. (2023).

Analyzing the data in Table 1, it was found that there was a relationship between the share of grassland in the forage area and the economic size of farms. The correlation coefficient was  $-0.84$ , which means that increased share of grassland in the forage area is accompanied by a decrease in the economic size. The quality of soils, as defined by the soil valuation index, is also declining. Similar relationships occurred in relation to the farm area and the amount of capital. In this case, correlation coefficients were  $-0.65$  and  $-0.85$ , respectively.

It should be stated that the production potential of the dairy farms under study was closely related to the share of grassland in the forage area. It decreased with the increased share of permanent grassland in the forage area. It is evidenced by high values of correlation coefficients, which ranged from  $-0.65$  to  $-0.85$ .

The production potential of farms is determined not only by physical capital, but also by human capital. Relevant figures are shown in Table 2.

Analizując liczby zawarte w tabeli 1, stwierdzono występowanie związku między udziałem TUZ w powierzchni paszowej a wielkością ekonomiczną gospodarstw. Współczynnik korelacji wynosił  $-0,84$ , co oznacza, że wzrostowi udziału TUZ w powierzchni paszowej towarzyszy zmniejszenie wielkości ekonomicznej. Obniża się również jakość gleb określona wskaźnikiem bonitacji gleb (WBG). Podobne zależności wystąpiły w stosunku do powierzchni gospodarstwa i wielkości kapitału. W tym przypadku współczynniki korelacji wyniosły odpowiednio:  $-0,65$  i  $-0,85$ .

Można stwierdzić, że potencjał produkcyjny analizowanych gospodarstw mlecznych był ściśle związany z udziałem TUZ w powierzchni paszowej. Zmniejszał się wraz ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni paszowej. Świadczą o tym wysokie wartości współczynników korelacji, które były zawarte w przedziale od  $-0,65$  do  $-0,85$ .

O potencjale produkcyjnym gospodarstw decyduje nie tylko kapitał rzeczowy, lecz także kapitał ludzki. Odpowiednie liczby przedstawiono w tabeli 2.

**Table 2. Human capital on the dairy farms under study between 2018 and 2020****Tabela 2. Kapitał ludzki w badanych gospodarstwach mlecznych w latach 2018–2020**

Description / Wyszczególnienie	Farm classes by share of permanent grassland in the forage area (%) / Klasy gospodarstw według udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.0	0.0–25	25–50	50–75	75–100	100
Average age of a farm manager / Średni wiek kierownika gospodarstwa	41.9	44.1	44.2	44.8	44.9	48.4
Age structure (%) / Struktura wieku (%)						
up to 40 years / do 40 lat	40.0	35.0	37.0	32.0	33.3	20.7
40–65	58.9	65.0	61.4	67.7	65.4	75.7
> 65	1.1	0	1.6	0.3	1.3	3.6
Manager successor (%) / Następca gospodarza (%)						
present / jest	15.8	22.8	26.5	25.1	22.3	28.8
absent / brak	29.5	23.6	15.9	25.2	28.7	39.6
not applicable / nie dotyczy	54.7	53.6	57.6	49.7	49.0	31.6
Education (%) / Wykształcenie (%)						
agricultural / rolnicze						
including secondary and higher / w tym średnie i wyższe	71.6	74.9	68.1	59.6	51.3	53.1
non-agricultural / nierolnicze	23.2	20.5	26.2	35.2	42.8	38.7
including secondary and higher / w tym średnie i wyższe	50.0	48.1	54.6	45.5	43.1	51.2
basic / podstawowe	5.2	4.6	5.7	5.2	5.9	8.2
Work category (%) / Kategoria pracy (%)						
working full time / pracujący w pełnym wymiarze	90.5	93.9	89.5	91.9	84.6	79.3
working part-time / pracujący w niepełnym wymiarze	9.5	6.1	10.5	8.1	15.4	20.7
Type of insurance (%) / Rodzaj ubezpieczenia (%)						
Agricultural Social Insurance Fund / KRUS	95.8	96.6	96.2	94.9	89.0	83.8
Social Insurance Institution / ZUS	2.1	1.1	1.1	2.5	4.9	9.9
no information / brak informacji	2.1	2.3	2.7	2.6	6.1	6.3
Producer group member (%) / Przynależność do grup producenckich (%)	0	0	0.5	0.7	0	0

Source: authors' own calculations based on: Bocian et al. (2023).

Źródło: obliczenia własne podstawie: Bocian i in. (2023).

A positive relationship was found between the farmer's average age and the share of grassland in the forage area, as evidenced by the correlation coefficient of 0.9. The difference between extreme classes was 6.5 years. Similar trends occurred in the age structure of farmers. With increased share of permanent grassland in the forage area, the share of farmers who are up to 40 years old decreased from 40% in class I to 20.7% in class VI, while the share of farmers aged 40–65 increased from 58.9 to 75.7%. The share of farmers who are over 65 years old also increased, from 1.1 to 3.6%. The last class was distinguished by a greater share of farms with no successor, which was about 40%.

Along with an increased share of permanent grassland in the forage area, the share of farmers with agricultural education decreased from 71.6% in class I to 53.1% in class VI. In this case,

Stwierdzono występowanie dodatniego związku między średnim wiekiem rolnika a udziałem TUZ w powierzchni paszowej, o czym świadczy współczynnik korelacji wynoszący 0,9. Różnica między skrajnymi klasami wyniosła 6,5 lat. Podobne tendencje wystąpiły w strukturze wiekowej rolników. Wraz ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni paszowej zmniejszał się udział rolników do 40 lat z 40% w klasie I do 20,7% w VI klasie, natomiast zwiększał się udział rolników z przedziału 40–65 lat z 58,9 do 75,7%. Wzrastał także udział rolników powyżej 65 lat, tj. z 1,1 do 3,6%. Ostatnia klasa wyróżniała się większym udziałem gospodarstw z brakiem następcy, który wynosił około 40%.

Wraz ze zwiększeniem udziału TUZ w powierzchni paszowej zmniejszał się udział rolników z wykształceniem rolniczym z 71,6% w klasie I do 53,1% w VI klasie. W tym przypadku współczynnik



the correlation coefficient was  $-0.93$ . The share of farmers with secondary and higher education decreased to a similar extent in terms of agricultural education. A different situation was observed with regard to non-agricultural education.

The share of full-time farmers decreased along with increased share of grassland in the forage area from 90.5% in class I to 79.3% in class VI. The situation was different with regard to the share of part-time farmers. In the last class, the share was 20.7% and was more than twice as high as in the first class. Most farmers (over 90%) were insured in the Agricultural Social Insurance Fund (KRUS), except for the last two classes, where the share was lower. In the classes, the share of farmers insured in the Social Insurance Institution (ZUS) amounted to 4.9 and 9.9%, respectively, while in the remaining classes it was within the range of 1.1–2.5%. Therefore, it could be stated that human capital in the dairy farms under study was negatively correlated with the increased share of grassland in the forage area.

### *Economic Results of Dairy Farms Between 2018 and 2020*

The economic results of the dairy farms under study are presented in Table 3. Farm income showed a negative relationship with the share of permanent grassland in the forage area (correlation coefficient was  $-0.81$ ). In the group of farms up to 50% of the share of permanent grassland in the forage area, the income was definitely higher than in other groups and amounted to PLN 180 thousand on average per farm, with a range of PLN 150 thousand up to PLN 201 thousand, in which it amounted to PLN 96 thousand. In class VI (100% of grassland in the forage area), it was only PLN 57.1 thousand. Farm income without subsidies was positive in all classes, but the lowest in the last class, in which it amounted to PLN 23.5 thousand. The share of subsidies in farm income was positively correlated with the share of permanent grassland in the forage area. The correlation coefficient in this case was 0.89.

The profitability of unpaid labor and the competitiveness index were negatively correlated with the share of permanent grassland in the forage area. Correlation coefficients were  $-0.85$  and  $-0.89$ , respectively. Farms from the last class, in the case of which milk production was based on fodder from permanent grassland, were completely deprived of the ability to compete. In this class, the competitiveness index was 0.75. Farm income converted into FWU in all classes except the last one exceeded the parity income, which in those years amounted

korelacji wynosił  $-0,93$ . W podobnym stopniu w ramach wykształcenia rolniczego zmniejszał się udział rolników z wykształceniem średnim i wyższym. Odmienna sytuacja występowała w odniesieniu do wykształcenia nierolniczego.

Udział rolników pracujących w gospodarstwie w pełnym wymiarze zmniejszał wraz ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni paszowej z 90,5% w klasie I do 79,3% w klasie VI. Odmienna sytuacja występowała w odniesieniu do udziału rolników pracujących w niepełnym rozmiarze. W ostatniej klasie udział ten wynosił 20,7% i był ponad dwukrotnie wyższy niż w klasie pierwszej. Większość rolników (powyżej 90%) była ubezpieczona w KRUS-ie, z wyjątkiem ostatnich dwóch klas, w których wielkość ta była niższa. W ostatnich klasach udział rolników ubezpieczonych w ZUS-ie, wynosił odpowiednio 4,9 i 9,9%, natomiast w pozostałych klasach zawarty był w przedziale 1,1–2,5%. Można zatem stwierdzić, że kapitał ludzki w analizowanych gospodarstwach mlecznych był ujemnie skorelowany ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni paszowej.

### *Wyniki ekonomiczne gospodarstw mlecznych w latach 2018–2020*

Wyniki ekonomiczne analizowanych gospodarstw mlecznych przedstawiono w tabeli 3. Dochód z gospodarstwa wykazał ujemną zależność z udziałem TUZ w powierzchni paszowej (współczynnik korelacji wynosił  $-0,81$ ). W grupie gospodarstw do 50% udziału TUZ w powierzchni paszowej dochód był zdecydowanie wyższy i wynosił średnio 180 tys. PLN/gospodarstwo, przy rozpiętości od 150,2 do 201,2 tys. PLN niż w pozostałych grupach, w których wynosił średnio 96 tys. PLN. W ostatniej klasie VI (100% TUZ w powierzchni paszowej) wynosił zaledwie 57,1 tys. PLN. Dochód z gospodarstwa bez dopłat we wszystkich klasach był dodatni, jednak najniższy w ostatniej klasie, w której wynosił 23,5 tys. PLN. Udział dopłat w dochodzie z gospodarstwa był dodatnio skorelowany z udziałem TUZ w powierzchni paszowej. Współczynnik korelacji w tym przypadku wynosił 0,89.

Dochodowość pracy własnej i wskaźnik konkurencyjności były ujemnie skorelowane z udziałem TUZ w powierzchni paszowej. Współczynniki korelacji wynosiły odpowiednio:  $-0,85$  i  $-0,89$ . Całkowicie zdolności do konkurencji były pozbawione gospodarstwa ostatniej klasy, w której produkcja mleka została oparta na paszach z TUZ. W tej klasie wskaźnik konkurencyjności wyniósł 0,75. Dochód z gospodarstwa w przeliczeniu na FWU we wszystkich klasach poza ostatnią przekraczał dochód parytetowy, który w tych latach wynosił 39,16 tys. PLN/FWU

to PLN 39.16 thousand per FWU (Skarżyńska et al., 2021). In the last class, it was PLN 33.8 thousand and was about 14% lower than parity income. The rate of wealth reproduction, also in the first group of farms, was higher (up to 50% share of permanent grassland in agricultural area) than in the second group, accounting for 3.2 and -2%, respectively. It was particularly low in the last class (100% of permanent grassland), where it was -3.3.

(Skarżyńska i in., 2020). W ostatniej klasie wynosił 33,8 tys. PLN i był o około 14% niższy od dochodu parytetowego. Stopa reprodukcji majątku również w pierwszej grupie gospodarstw była wyższa (do 50% udziału TUZ w użytkach rolnych) niż w grupie drugiej. Wynosiła odpowiednio 3,2 i -2%. Szczególnie niska była w ostatniej klasie (100% TUZ), w której wynosiła -3,3.

**Table 3. Production and economic results of dairy farms between 2018 and 2020**

**Tabela 3. Wyniki produkcyjne i ekonomiczne gospodarstw mlecznych w latach 2018–2020**

Description / Wyszczególnienie	Farm classes by share of permanent grassland in the forage area (%) / Klasy gospodarstw według udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.0	0.0–25	25–50	50–75	75–100	100
Farm income (PLN thousand/farm) / Dochód z gospodarstwa tys. PLN/gosp.	150.2	201.2	189.0	138.8	91.7	57.1
Farm income without subsidies (PLN thousand/farm) / Dochód z gospodarstwa bez dopłat tys. PLN/gospod.	103.8	145.9	134.8	89.0	46.6	23.5
Share of subsidies in income (%) / Udział dopłat w dochodach (%)	30.9	27.5	28.7	35.9	49.1	58.8
Labor profitability of (farm income/FWU) / Dochodowość pracy (dochód z gospodarstwa/FWU)	82.1	103.7	94.5	71.5	49.8	33.8
Asset replacement rate (%) / Stopa reprodukcji majątku (%)	2.4	2.4	4.8	0.9	0.4	-3.3
Competitiveness index / Wskaźnik konkurencyjności	1.49	1.65	1.57	1.34	1.01	0.75

Source: authors' own calculations based on: Bocian et al. (2023).

Źródło: obliczenia własne podstawie: Bocian i in. (2023).

It should be stated that the results of dairy farms depended on the structure of the forage area. Definitely better economic results (farm income, unpaid labor profitability, property reproduction rate, and ability to compete) were obtained by farms where the share of permanent grassland in the forage area did not exceed 50%. On the other hand, the lowest economic results were achieved by dairy farms where permanent grassland was the basis of cows' nutrition.

### Organization of Production on the Dairy Farms Under Study

The data concerning the organization of crop production on the dairy farms under study are presented in Table 4. The data refer to area expressed in hectares. On this basis, the percentage share was calculated.

Należy stwierdzić, że wyniki gospodarstw mlecznych były uzależnione od struktury powierzchni paszowej. Zdecydowanie lepsze wyniki ekonomiczne (dochód z gospodarstwa, dochodowość pracy własnej, stopa reprodukcji majątku i zdolność do konkurencji) uzyskiwały gospodarstwa, w których udział TUZ w powierzchni paszowej nie przekraczał 50%. Z kolei najniższe wyniki ekonomiczne uzyskiwały gospodarstwa mleczne, w których podstawę żywienia krów stanowiły TUZ.

### Organizacja produkcji w analizowanych gospodarstwach mlecznych

Liczby charakteryzujące organizację produkcji roślinnej w badanych gospodarstwach mlecznych przedstawiono w tabeli 4. Dotyczą one powierzchni w ha. Na tej podstawie obliczono udziały procentowe.

The analysis results in the following statements related to the increase in the share of permanent grassland in the forage area:

- the share of cropped area (arable land) in agricultural area decreased from 100% in class I to 37.5% in class VI, and at the same time the share of permanent grassland in agricultural area increased from 0 in class I to 62.5% in class VI, respectively;
- the share of grains in the cropped area increased from 37.0% in class I to 92.6% in class VI (correlation coefficient was 0.83);
- the share of forage cultivated on arable land decreased from 60.4% in class I to 29.7% in class VI (correlation coefficient was  $-0.95$ );
- the share of forage area in agricultural land was quite stable (72.3–62.5%).

A large share of grains (92.6%) in the cropped area in the last class, in which the forage area was exclusively grassland, should be considered undesirable.

Z analizy wynikają następujące stwierdzenia związane ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni paszowej:

- zmniejszył się udział powierzchni zasiewów (gruntów ornych) w powierzchni użytków rolnych ze 100% w klasie I do 37,5% w klasie VI, a jednocześnie zwiększał się odpowiednio udział TUZ w użytkach rolnych od 0 w klasie I do 62,5% w klasie VI;
- zwiększał się udział zbóż w powierzchni zasiewów z 37,0% w klasie I do 92,6% w klasie VI (współczynnik korelacji wynosił 0,83);
- zmniejszył się udział pastewnych uprawianych na gruntach ornych z 60,4% w klasie I do 29,7% w klasie VI (współczynnik korelacji wynosił  $-0,95$ );
- był dość stabilny udział powierzchni paszowej w użytkach rolnych (72,3–62,5%).

Za niepożądany należy uznać wysoki udział zbóż (92,6%) w powierzchni zasiewów w ostatniej klasie, w której powierzchnię paszową stanowiły wyłącznie użytki zielone.

**Table 4. Organization of crop production on dairy farms from 2018 to 2020 (farm average)**

**Tabela 4. Organizacja produkcji roślinnej w gospodarstwach mlecznych w latach 2018–2020 (średnio w gospodarstwie)**

Description / Wyszczególnienie	Farm classes by share of permanent grassland in the forage area (%) / Klasy gospodarstw według udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.0	0.0–25	25–50	50–75	75–100	100
Arable land (cropped area) ha / Grunty orne (pow. zasiewów) ha	29.8	33.4	27.4	19.0	11.1	8.1
including: grains (ha) / z tego: zboża (ha)	11.0	10.6	11.9	9.8	7.3	7.5
root crops (sugar beets, potatoes) / okopowe (buraki cukrowe, ziemniaki)	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
other commercial crops / pozostałe uprawy towarowe	0.4	1.1	0.8	0.5	0.4	0.5
Fodder (ha) / Pastewne (ha)	18.0	21.5	14.4	8.5	3.3	0
including maize (ha) / w tym kukurydza (ha)	0.8	0.3	0.5	0.2	0.1	0
Permanent grassland (ha) / Trwałe użytki zielone (ha)	0	3.3	9.2	13.9	17.1	13.5
Total forage area (ha) / Razem powierzchnia paszowa (ha)	18.0	24.8	23.6	22.4	20.4	13.5
Share of permanent grassland in the forage area (%) / Udział TUZ w powierzchni paszowej (%)	0	13.3	39.0	62.0	83.8	100
Permanent crops (ha) / Uprawy trwałe (ha)	0	0	0	0	0	0
Total agricultural land (ha) / Razem użytki rolne (ha)	29.8	36.7	36.6	32.9	28.2	21.6

Source: authors' own calculations based on: Bocian et al. (2023).

Źródło: obliczenia własne podstawie: Bocian i in. (2023).



Table 5 presents data on the organization and production results of livestock production on the dairy farms under study. The analysis of the presented figures shows the following statements related to the increased share of permanent grassland in the forage area:

- the total number of animals in livestock units (LU) decreased, especially in the last two classes;
- livestock was dominated by cattle, with a share amounting to approximately 99%, except for the extreme classes, in which it was 90% in class I and 89% in class VI;
- in the first three classes, the stocking density per 100 ha was 152.6 LU on average and was by 33.% higher compared to the other three classes. It was definitely lower in the last class, in which it amounted to 98.1 LU/100 ha. Cattle density on the farms can be assessed as quite high from the point of view of the needs of organic fertilization;
- the highest number of cows occurred on farms where the share of permanent grassland in the forage area did not exceed 50% and it was 37 and 34.6 in 0–25 and 25–50% classes. It was the lowest in classes with the share of permanent grassland in the forage area: 75–100 and 100% and amounted to: 20.4 and 14.4 head, respectively;
- milk yield of cows was negatively correlated with the share of permanent grassland in the forage area. Correlation coefficient was  $-0.93$ . In classes up to 50% share of permanent grassland, the milk yield of cows was 7,258 l and was by 34.8 higher than in the next three classes, in which it was 5,385 l. It was particularly low in class VI (100% of permanent grassland), where it amounted to 4,502 l and was by 39.2% lower than the highest yield – 7,400 l in the class with the share of permanent grassland below 25%.
- along with an increased share of grassland in the forage area, the forage area per one livestock unit (LU) increased from 0.42 to 0.64 ha, i.e., by 52.4%;
- productivity of the area measured by milk production per 1 ha of the area in classes up to 50% of permanent grassland was on average 10,785 l and was by 79.2% higher than in the next three classes, in which it was 6,017 l.

W tabeli 5 przedstawiono liczby charakteryzujące organizację i wyniki produkcyjne produkcji zwierzęcej w badanych gospodarstwach mlecznych. Z analizy przedstawionych liczb wynikają następujące stwierdzenia związane ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni paszowej:

- obsada zwierząt ogółem w sztukach przeliczeniowych (LU) zmniejszała się, szczególnie w dwóch ostatnich klasach;
- w obsadzie zwierząt dominowało bydło. Jego udział wynosił ok. 99%, poza skrajnymi klasami, w których wynosił: w klasie I 90%, a w VI 89%;
- w pierwszych trzech klasach obsada bydła w przeliczeniu na 100 ha wynosiła średnio 152,6 LU i była 33,% większa niż w trzech ostatnich klasach. Zdecydowanie niższa była w ostatniej klasie – 98,1 LU/100 ha. Obsadę bydła w analizowanych gospodarstwach można ocenić jako dość wysoką z punktu widzenia potrzeb nawożenia organicznego;
- najwyższa liczba krów wystąpiła w gospodarstwach, w których udział TUZ w powierzchni paszowej nie przekraczał 50%. W klasach 0–25 i 25–50% wynosiła 37 i 34,6 sztuk. Najniższa była w klasach o udziale TUZ w powierzchni paszowej 75–100 i 100% i wynosiła odpowiednio 20,4 i 14,4 sztuk;
- wydajność mleczna krów była ujemnie skorelowana z udziałem TUZ w powierzchni paszowej. Współczynnik korelacji wynosił  $-0,93$ . W klasach do 50% udziału TUZ wydajność mleczna krów wynosiła średnio 7258 l i była o 34,8 wyższa niż w trzech kolejnych klasach, w których wynosiła średnio 5385 l. Szczególnie niska była w klasie VI (100% TUZ) – 4502 l i była o 39,2% niższa od najwyższej wydajności – 7400 l w klasie o udziale TUZ poniżej 25%;
- wraz ze zwiększaniem udziału TUZ w powierzchni paszowej wzrastała powierzchnia paszowa w przeliczeniu na 1 sztukę przeliczeniową bydła (LU) z 0,42 do 0,64 ha, czyli o 52,4%;
- produktywność powierzchni mierzona produkcją mleka w przeliczeniu na 1 ha tej powierzchni w klasach do 50% TUZ wynosiła średnio 10 785 l i była o 79,2% większa niż w trzech kolejnych klasach, w których wynosiła 6017 l.

**Table 5. Organization of livestock production on dairy farms between 2018 and 2020 (average per farm)**  
**Tabela 5. Organizacja produkcji zwierzęcej w gospodarstwach mlecznych 2018–2020**  
**(średnio w gospodarstwie)**

Description / Wyszczególnienie	Farm classes by share of permanent grassland in the forage area (%) / Klasy gospodarstw według udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.0	0.0–25	25–50	50–75	75–100	100
Livestock in total (LU) / Stan zwierząt ogółem (LU)	47.8	59.9	55.2	44.4	31.5	23.9
Number of cattle (LU) / Stan bydła (LU)	43.3	59.6	54.9	44.3	31.3	21.2
Cattle density (LU/100 ha of agricultural area) / Obsada bydła (LU/100 ha UR)	145.3	162.4	150.0	135.0	111.0	98.1
Number of cows (head/farm) / Stan krów (sztuk/gospodarstwo)	27.0	37.0	34.6	28.0	20.4	14.4
Milk yield of cows (l) / Wydajność mleczna krów (l)	7 147	7 400	7 227	6 435	5 220	4 502
Forage area (ha/LU for cattle) / Powierzchnia paszowa (ha/LU bydła)	0.42	0.42	0.43	0.51	0.65	0.64
Milk production (l/ha of the forage area) / Produkcja mleka (l/ha powierzchni paszowej)	10 721	11 040	10 596	8 029	5 219	4 802

Source: authors' own calculations based on: Bocian et al. (2023).

Źródło: obliczenia własne podstawie: Bocian i in. (2023).

It should be stated that the milk yield of cows and the productivity of forage area were negatively correlated with the share of permanent grassland in the forage area. At the same time, this means that production based on permanent grassland is more extensive.

### Natural Environment of Dairy Farms and its Relationship with Climate

The data on the natural environment of dairy farms and its relations with the climate are presented in Table 6. It is worth emphasizing the increasing share of Natura 2000 sites in farm area from 0% in the first class to 14.3% in the last class. This means that cattle farming, including dairy cows, allows for the economic use of the valuable areas with respect to the area. The organic matter balance for the soil was positive in all classes of farms. The lowest in the extreme classes I and VI, in which it was 1.77 and 1.91 t/ha, respectively. In other classes, it ranges from 2.16 to 2.58 t/ha. The results confirm earlier studies by other authors, according to which dairy farms were characterized by a positive balance of organic matter (Kocira, 2013; Wrzaszcz, 2009). Total water consumption (fodder – own and purchased and cows) per 1 ha of agricultural land decreased with increased share of grassland in the forage area. The difference between extreme classes averaged 34%. There was also a decrease in water consumption per cow by 18.5% on average. At the same time,

Należy stwierdzić, że wydajność mleczna krów i produktywność powierzchni paszowej były ujemnie skorelowane z udziałem TUZ w powierzchni paszowej. Oznacza to jednocześnie, że produkcja oparta na trwałych użytkach zielonych jest bardziej ekstensywna.

### Środowisko przyrodnicze gospodarstw mlecznych i jego związek z klimatem

Dane liczbowe charakteryzujące środowisko przyrodnicze gospodarstw mlecznych i jego związki z klimatem przedstawiono w tabeli 6. Na podkreślenie zasługuje zwiększający się w powierzchni gospodarstw udział obszarów Natura 2000 z 0% w klasie pierwszej do 14,3% w klasie ostatniej. Oznacza to, że chów bydła, w tym krów mlecznych, umożliwia gospodarcze wykorzystanie tych cennych z przyrodniczego punktu widzenia powierzchni. Bilans substancji organicznej w glebie we wszystkich klasach gospodarstw był dodatni. Najniższy w skrajnych klasach I i VI, w których wynosił odpowiednio 1,77 i 1,91 t/ha. W pozostałych klasach zawarty był w przedziale od 2,16 do 2,58 t/ha. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze badania innych autorów, według których gospodarstwa mleczne charakteryzowały się dodatnim bilansem substancji organicznej (Kocira, 2013; Wrzaszcz, 2009). Zużycie wody ogółem (pasze – własne i z zakupu oraz krowy) w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych zmniejszyło się wraz ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni

water consumption per 1 liter of milk increased by an average of 29.5%.

paszowej. Różnica między skrajnymi klasami wynosiła średnio 34%. Miał również miejsce spadek zużycia wody w przeliczeniu na 1 krowę, średnio o 18,5%. Jednocześnie zwiększało się zużycie wody w przeliczeniu na 1 l mleka, średnio o 29,5%.

**Table 6. Indicators characterizing the natural environment of dairy farms between 2018 and 2020 (farm average)**

**Tabela 6. Wskaźniki charakteryzujące środowisko przyrodnicze gospodarstw mlecznych w latach 2018–2020 (średnio w gospodarstwie)**

Description / Wyszczególnienie	Farm classes by share of permanent grassland in the forage area (%) / Klasy gospodarstw według udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.0	0.0–25	25–50	50–75	75–100	100
Average share of Natura 2000 sites per farm (%) / Średni udział obszarów Natura 2000 w gospodarstwie (%)	0	0.9	4.9	7.0	18.1	14.3
Organic matter balance (t/ha) / Bilans substancji organicznej (t/ha)	1.77	2.28	2.16	2.31	2.58	1.91
Total water consumption (million l/ha) / Zużycie wody ogółem (mln l/ha)	2.52–3.52	3.25–4.42	2.86–3.89	2.22–3.02	1.95–2.65	1.68–2.28
Water consumption per cow (million l/cow) / Zużycie wody na 1 krowę (mln l/krowę)	3.48–5.45	3.56–5.62	3.59–5.50	3.10–4.93	2.95–4.69	2.78–4.54
Water consumption per 1 l of milk (l/l of milk) / Zużycie wody na 1 l mleka (l/l mleka)	487–762	481–759	488–772	481–766	556–890	617–1008

Source: authors' own calculations based on: Bocian et al. (2023).

Źródło: obliczenia własne podstawie: Bocian i in. (2023).

## Conclusions

The increasing world's population with a simultaneously decreasing agricultural area makes it necessary to address the problem of food security. There is a need to change the food structure towards limiting the consumption of meat, the production of which is more energy-intensive than for plant products. However, possibilities in this respect are limited, because part of the agricultural area (about 21%) is permanent grassland, the product of which (grass) cannot be used directly for food production. The only way to use it is to process it into food products by ruminants (cattle, goats, sheep) and horses. Roughage is the basis of nutrition for the animals and it can be obtained from permanent grassland and the cultivation of fodder plants on arable land. The latter thus limit the area of land on which plants (grains, legumes, vegetables, root crops) used directly for food production can be grown. Cattle farming plays an important role, as its share in commercial livestock production exceeds 50%. At the same time,

## Wnioski

Wzrost liczby ludności świata przy jednoczesnym zmniejszaniu się powierzchni użytków rolnych wywołuje konieczność podjęcia problemu bezpieczeństwa żywnościowego. Wskazuje się na potrzebę zmiany struktury żywności w kierunku ograniczenia spożycia mięsa, którego produkcja jest bardziej energochłonna od produktów roślinnych. Możliwości w tym zakresie są jednak ograniczone, gdyż część użytków rolnych (ok. 21%) stanowią trwałe użytki zielone, których produkt (trawa) nie może być wykorzystywany w sposób bezpośredni do produkcji żywności. Jedynym sposobem jego wykorzystania jest przetworzenie na produkty spożywcze przez przeżuwacze (bydło, kozy, owce) oraz konie. Podstawą żywienia tych zwierząt są pasze objętościowe, które mogą być pozyskiwane z trwałych użytków zielonych i z uprawy roślin pastewnych na gruntach ornych. Te ostatnie ograniczają tym samym powierzchnię gruntów, na których mogą być uprawiane rośliny (zboża, strączkowe, warzywa, okopowe), wykorzystywane w sposób bezpośredni do



it is almost entirely responsible for the emission of methane (CH<sub>4</sub>), an important greenhouse gas affecting climate change.

The article presents the significance of cattle farming, including dairy cows, in the use of permanent grassland, the main element of the forage area. Data from dairy farms under observation by FADN between 2018 and 2020 was the basic research material. The study population consisted of 1,823 farms, which were conventionally divided into six classes according to the share of permanent grassland in the forage area. The subject of the analysis of farms were: production potential including human capital, production and economic results, organization of crop and livestock production, and the natural environment.

The analysis enabled the authors to make the following statements:

- the production potential of the farms under analysis, defined by their economic size, agricultural area, amount of capital and capital–labor ratio, was negatively correlated with the share of permanent grassland in the forage area. Correlation coefficients ranged from  $-0.65$  to  $-0.85$ ;
- human capital, as a component of productive capital, was also negatively correlated with the share of permanent grassland in the forage area. With the increase in their share, the age of farmers increased and the share of persons with agricultural education, including those with secondary and higher education, decreased. In the future, this may result in limiting the rearing of ruminants and horses, which in such conditions would eliminate significant agricultural areas from domestic agricultural production;
- the economic results of the dairy farms under study were also negatively correlated with the share of permanent grassland in the forage area. Correlation coefficients for farm income, labor profitability, and competitiveness were  $-0.89$ ;  $-0.85$ ; and  $-0.89$ , respectively. The farms where the share of permanent grassland in the forage area did not exceed 50% were the most favorable. Obtaining roughage only from fodder crops on arable land or only from permanent grassland was less effective from the economic point of view. Obtaining fodder on dairy farms from permanent grassland and from the cultivation of fodder plants on arable land makes it possible to improve the fertility of arable land, which is usually of lower quality on grassland farms, thanks to organic fertilization (manure). This is the implementation of the principle known to farmers as “meadow feeds the field”.

produkcji żywności. Chów bydła odgrywa istotną rolę, gdyż jego udział w towarowej produkcji zwierzęcej przekracza 50%. Jest jednocześnie prawie w 100% odpowiedzialny za emisję metanu (CH<sub>4</sub>), ważnego gazu cieplarnianego wpływającego na zmiany klimatu.

W artykule przedstawiono znaczenie chowu bydła, w tym krów mlecznych w wykorzystaniu trwałych użytków zielonych, głównego elementu powierzchni paszowej. Podstawowym materiałem badawczym były dane z gospodarstw mlecznych objętych monitoringiem FADN w latach 2018–2020. Badana zbiorowość liczyła 1823 gospodarstw, którą podzielono umownie na sześć klas według udziału trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej. Przedmiotem analizy gospodarstw były: potencjał produkcyjny łącznie z kapitałem ludzkim, wyniki produkcyjne i ekonomiczne, organizacja produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz środowisko przyrodnicze.

Przeprowadzona analiza upoważnia do sformułowania następujących stwierdzeń:

- potencjał produkcyjny analizowanych gospodarstw określony ich wielkością ekonomiczną, powierzchnią użytków rolnych, wielkością kapitału i technicznym uzbrojeniem pracy był ujemnie skorelowany z udziałem trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej. Wartości współczynników korelacji mieściły się w przedziale od  $-0,65$  do  $-0,85$ ;
- kapitał ludzki, jako część składowa kapitału produkcyjnego, również był ujemnie skorelowany z udziałem trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej. Ze wzrostem ich udziału zwiększał się wiek rolników i zmniejszał udział wykształconych rolniczo, w tym także na poziomie średnim i wyższym. W przyszłości może to spowodować ograniczanie chowu przeżuwaczy i koni, co w takich warunkach wyeliminowałoby z krajowej produkcji rolniczej znaczne powierzchnie użytków rolnych;
- wyniki ekonomiczne badanych gospodarstw mlecznych były również ujemnie skorelowane z udziałem trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej. Współczynniki korelacji w odniesieniu do dochodu z gospodarstwa, dochodowości pracy i konkurencyjności wynosiły odpowiednio  $-0,89$ ;  $-0,85$  i  $-0,89$ . Najkorzystniej prezentowały się gospodarstwa, w których udział trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej nie przekraczał 50%. Pozyskiwanie pasz objętościowych wyłącznie z upraw pastewnych na gruntach ornych lub tylko z trwałych użytków zielonych było mniej efektywne z gospodarczego punktu widzenia.

The threat of abandoning farms with a large share of permanent grassland is therefore real;

- the share of permanent grasslands in the forage area also affected the natural environment. This is evidenced by a larger share of Natura 2000 sites in farm area;
- the balance of organic matter in the soil in all farm classes was positive, the lowest in the extreme classes, in which it amounted to 1.77 t/ha (class I) and 1.91 t/ha (class VI). In other classes, it was in the range of 2.16–2.58 t/ha;
- total water consumption (fodder and cows) per 1 ha of agricultural area and per cow decreased with an increased share of permanent grassland in the forage area. On the other hand, water consumption per 1 liter of milk increased.

The conducted research allows for drawing the following conclusion: reducing meat consumption, postulated by part of the society (vegetarians and vegans), is reasonable from the nutritional point of view. However, the proposal to exclude meat production is unjustified from the point of view of food security, not only at the national, but also global levels. Permanent grassland is a significant part of agricultural area (in Poland 21%), which can be used for food production only indirectly by rearing ruminants, mainly cattle.

Pozyskiwanie pasz w gospodarstwach mlecznych z trwałych użytków zielonych i z uprawy roślin pastewnych na gruntach ornych umożliwia poprawę urodzajności gruntów ornych, które z reguły są niższej jakości w gospodarstwach z użytkami zielonymi, dzięki nawożeniu organicznemu (obornikiem). Jest to realizacja znanej rolnikom zasady „łaka żywi pole”. Zagrożenie porzucaniem gospodarstw z dużym udziałem trwałych użytków zielonych jest więc realne;

- udział trwałych użytków zielonych w powierzchni paszowej oddziaływał również na środowisko przyrodnicze. Świadczy o tym wyższy udział obszarów Natura 2000 w powierzchni gospodarstw;
- bilans substancji organicznej w glebie we wszystkich klasach gospodarstw był dodatni, najniższy w skrajnych klasach, w których wynosił 1,77 t/ha (klasa I) i 1,91 t/ha (klasa VI). W pozostałych klasach zawarty był w przedziale 2,16–2,58 t/ha;
- zużycie wody ogółem (pasze i krowy) w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych i na 1 krowę zmniejszało się wraz ze wzrostem udziału TUZ w powierzchni paszowej. Zwiększało się natomiast zużycie wody w przeliczeniu na 1 l mleka.

Przeprowadzone badania upoważniają do sformułowania następującego wniosku: postulowane przez część społeczeństwa (wegetarianie i weganie) ograniczenie spożycia mięsa jest zasadne z dietetycznego punktu widzenia. Jednak postulat wykluczenia produkcji mięsa jest nieuzasadniony z punktu widzenia bezpieczeństwa żywnościowego, nie tylko danego kraju, ale także świata. Znaczną część użytków rolnych stanowią bowiem trwałe użytki zielone (w Polsce 21%), które mogą być wykorzystane do produkcji żywności tylko pośrednio przez chów przeżuwaczy, głównie bydła.

## References

- Bocian, M., Osuch, D., & Smolik, A. (2023). *Parametry techniczno-ekonomiczne według grup gospodarstw rolnych uczestniczących w Polskim FADN w 2021 roku*. IERiGŻ PIB. <http://fadn.pl/publikacje/pozostale/?rok=2023>
- Bucwell, A., Heissenhuber, A., & Blum, W. (2014). *The Sustainable Intensification of European Agriculture*. Institute for European Environmental Policy. RISE Foundation. [https://risefoundation.eu/wp-content/uploads/2020/07/2014\\_-\\_SI\\_RISE\\_FULL\\_EN.pdf](https://risefoundation.eu/wp-content/uploads/2020/07/2014_-_SI_RISE_FULL_EN.pdf)
- Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie (CDR). (n.d.). *Adaptacja gospodarki wodnej w rolnictwie do zmieniającego się klimatu*. Retrieved December 21, 2022, from <https://woda.cdr.gov.pl/index.php/woda-w-produkcji-rolniczej/adaptacja-gospodarki-wodnej-w-rolnictwie-do-zmieniajacego-sie-klimatu>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., Olivier, J.G.J., Grassi, G., Rossi, S., & Vignati, E. (2021). *GHG Emissions of All World Countries – 2021 Report*. European Commission. <https://doi.org/10.2760/173513>
- Czyżewski, A., & Staniszewski, J. (2018). Zrównoważona intensyfikacja rolnictwa jako kombinacja nakładów ekonomicznych i środowiskowych. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego*, 18(3), 80–90. <https://doi.org/10.22630/PRS.2018.18.3.68>
- Drygas, M., & Nurzyńska, I. (2015). Zrównoważona intensyfikacja – mit czy realna szansa?. In: Ł. Hardt & D. Milczarek-Andrzejewska (Eds.), *Ekonomia jest piękna?* (pp. 336–350). Wydawnictwo Naukowe Scholar.
- Forsal.pl. (2022, November 21). *Prognozy demograficzne dla świata. Kiedy populacja osiągnie swój szczyt*. <https://forsal.pl/gospodarka/demografia/artykuly/8590115,prognozy-demograficzne-dla-swiatea-kiedy-populacja-osiagnie-swoj-szczyt.html>
- Gacek, M. (2010). Wybrane wskaźniki stylu życia i stanu zdrowia osób dorosłych o zróżnicowanym modelu żywienia. *Roczniki Państwowego Zakładu Żywności*, 61(1), 65–69. <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-96ee1e6e-153c-454e-b90d-4e88ef6ce383>
- Gaul, M., Bollwein, H., Breves, G., Brügemann, K., Dänicke, S., Das, G., Demeler, J., Hansen, H., Isselstein, J., König, S., Lohölter, M., Martinson, M., Meyer, U., Potthof, M., Sanker, C., Schröder, B., Wrage, N., Meibaum, B., von Samson-Himmelstjerna, G., ..., & Wrezyński, C. (2013). Future Consequences and Challenges for Dairy Cow Production Systems Arising from Climate Change in Central Europe – A Review. *Animal*, 7(5), 843–859. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002352>
- Gil, J. (2022). Agricultural Development Programmes Reduce Greenhouse Gas Emissions. *Nature Food*, 3, 978. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00677-7>
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). (2021). *Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2021*. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-rolnictwa-2021,6,15.html>
- de Haan, C. (n.d.). *Livestock's Long Shadow*. [Presentation]. <https://pdfs.semanticscholar.org/6051/608e1b9cfe1380d14b5b186a47dd2bfc6629.pdf>
- Harasim, A. (2006). *Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie*. IUNG PIB.
- Havlik, P., Valin, H., Herrero, M., Obersteiner, M., Schmid, E., Rufino, M.C., Mosnier, A., Thornton, P.K., Böttcher, H., Conant, R.T., Frank, S., Fuss, S., Kraxner, F., & Notenbaert, A. (2014). Climate Change Mitigation Through Livestock System Transitions. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 111(10), 3709–3714. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1308044111>
- Kocira, S. (2013). Zrównoważenie procesu produkcji w wybranych gospodarstwach mlecznych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 21(2), 133–140. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-99241a5b-7a8d-467f-b6b4-e193ff29d0a9>
- Lesiakowski, R. (2022, May 7). Jak zredukować emisje metanu przez krowy mleczne. *Hodowla i Chów Bydła*. <https://holstein.pl/jak-zredukowac-emisje-metanu-przez-krowy-mleczne/>
- Manteuffel, R. (1984). *Ekonomika i organizacja gospodarstwa rolniczego*. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- Mazur, K., & Sergiel, L. (n.d.). Woda w produkcji rolniczej. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Retrieved December 10, 2022, from <https://woda.cdr.gov.pl/index.php/woda-w-produkcji-rolniczej/woda-w-produkcji-rolniczej>
- Olecka, A., Bebkiewicz, K., Chłopek, Z., Doberska, A., Jędrzyśiak, P., Kanafa, M., Kargulewicz, I., Rytkowski, J., Sędziwa, M., Skośkiewicz, J., Waśniewska, S., Zasina, D., Zimakowska-Laskowska, M., & Zaczek, M. (2020). Poland's National Inventory Report 2020. National Centre for Emission Management (KOBiZE). <https://unfccc.int/documents/226425>
- Skarżyńska, A., Augustyńska, I., Czuliowska, M., & Abramczuk, Ł. (2020). *Produkcja, koszty i dochody wybranych produktów rolniczych w latach 2018–2019*. IERiGŻ PIB.
- Struik, P.C., & Kuyper, T.W. (2017). Sustainable Intensification in Agriculture: The Richer Shade of Green. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, Article 39. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0445-7>



- Uciński, M. (2022, December 20). UE zatwierdza pierwszy dodatek paszowy dla bydła niszczący metan. *Hodowla i Chów Bydła*. <https://holstein.pl/ue-zatwierdza-pierwszy-dodatek-paszowy-dla-bydla-niszczacy-metan/>
- World Bank. (n.d.). Agricultural Land. Retrieved [data] from <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.K2>
- Wrzaszcz, W. (2009). Bilans nawozowy oraz bilans substancji organicznej w indywidualnych gospodarstwach. In: J.S. Zegar (Ed.), *Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (8)*. (pp. 172–190). Program Wieloletni 2011–2014, 93. IERiGŻ PIB.
- Zegar, J.S. (2019). Rolnictwo w przestrzeni ekonomicznej i ekologicznej wsi po akcesji do Unii Europejskiej / Agriculture in the Economic and Ecological Rural Space After Poland's Accession to the European Union. *Studia Obszarów Wiejskich*, 53, 19–34. <https://doi.org/10.7163/SOW.53.2>
- Zieliński, M. (2016). *Emisja gazów cieplarnianych a wyniki ekonomiczne gospodarstw specjalizujących się w uprawach polowych*. Studia i Monografie, 167. IERiGŻ PIB.
- Zieliński, M. (2021). Rolnictwo ekologiczne w Polsce jako źródło dóbr publicznych na obszarach szczególnie predystynowanych do jego rozwoju. *Więś i Rolnictwo*, 4(193), 77–106. <https://doi.org/10.53098/wir042021/04>
- Ziemińska, R. (2015). Moralne argumenty za wegetarianizmem. *Przełęcz Filozoficzny*, 2, 191–203. [https://pf.uw.edu.pl/images/NUMERY\\_PDF/094/2-1512\\_Ziemińska.pdf](https://pf.uw.edu.pl/images/NUMERY_PDF/094/2-1512_Ziemińska.pdf)
- Ziętara, W., & Olko-Bagieńska, T. (1986). *Zadania z analizy działalności gospodarczej i planowania w gospodarstwie rolniczym*. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- Ziętara, W., Zieliński, M., Mirkowska, Z., & Józwiak, W. (2021). Systemy i skala produkcji a obciążenia środowiskowo-klimatyczne. Europejski Fundusz Rozwoju Wsi Polskiej. [http://pracodawcyrolni.pl/zalaczniki/zalacznik2\\_konsultacjeWPR.pdf](http://pracodawcyrolni.pl/zalaczniki/zalacznik2_konsultacjeWPR.pdf)

Submission date / Data nadesłania: 20.01.2023.

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 25.02.2023.

Acceptance date / Data akceptacji: 9.08.2023.

© 2023 Józwiak, W., Mirkowska, Z., Sobierajewska, J., Zieliński, M., & Ziętara, W. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



Autorskie prawa osobiste: Józwiak, W., Mirkowska, Z., Sobierajewska, J., Zieliński, M. i Ziętara, W. (2023). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

