

Precyzyjny chów zwierząt a środowisko naturalne

Jacek Walczak

Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie, Zakład Systemów i Środowiska Produkcji

Precyzyjna produkcja zwierzęca (*Precision Livestock Farming* – PLF) wraz z precyzyjnym rolnictwem (*Precision Agriculture* – PA) wchodzi w skład obszaru tzw. *Smart Agriculture* (SA), czyli inteligentnego rolnictwa. Pierwszą próbą zastosowania SA był *Geographic Information System* (GIS), użyty do celów nawozowych jeszcze w latach 60. ubiegłego wieku. Natomiast komercyjnie po raz pierwszy użyto PA w postaci protokołu komunikacyjnego LBS (prekursor ISOBUS) w ciągnikach rolniczych w 1991 roku. Pojęcie precyzyjnej produkcji zwierzęcej odnosi się do zagadnień zarządzania, realizowanych na podstawie gromadzonych w czasie rzeczywistym informacji zwrotnych, a zmierzających do wyeliminowania zmienności zaburzającej efektywność samego procesu. Wkroczenie chowu zwierząt na etap produkcji precyzyjnej związane jest z rozwojem techniki komputerowej oraz technologii cyfrowych, w tym rozwoju mikroprocesorowych sensorów chemicznych, optycznych i biofizycznych, czy biomarkerów. Przepływ płynących stąd informacji, a następnie poleceń zwrotnych, był jednak możliwy dopiero z nadejściem technologii teleinformatycznych. Nie mniej ważne są przy tym kwestie samych algorytmów i dedykowanych programów komputerowych, nie tylko sterujących wszystkimi tymi narzędziami, ale finalnie pozwalających również na przetworzenie informacji do poziomu systemu wspomagania decyzji (*Decision Support System* – DSS). Rozwiązania te często klasyfikowane są już na wyższym poziomie organizacyjnym, czyli inteligentnej produkcji zwierzęcej (*Smart Livestock Farming*) lub właśnie SA. O różnicy w hierarchii stanowi również wykorzystanie choćby narzędzi typu ICT (*Information and Communication Technologies*), Big Data, czy IoT/M2M (*Internet of Things/Machine to Machine*). To one zagwarantowały realizację zarządzania w czasie rzeczywistym, coraz częściej bez udziału samego hodowcy.

Podstawowe korzyści płynące ze stosowania precyzyjnej produkcji zwierzęcej, to wzrost produktywności, obniżenie kosztów operacyjnych, w tym pracy, zwiększenie dochodowości, bezpieczeństwa żywnościowego i samej żywności, poprawa dobrostanu zwierząt, wyższe bezpieczeństwo pracy, a także redukcja oddziaływania na środowisko i przeciwdziałanie zmianom klimatu. Fizycznie przekładają się one na zmniejszenie zużycia paliwa (o 10%), ograniczenie kosztów ochrony upraw (o 30%), czasu zabiegów agrotechnicznych (o 6%) i obsługi w chowie zwierząt (o 40%). Na skutek wykorzystania precyzyjnego rolnictwa koszty nawożenia mogą się

obniżyć nawet o 0,5-1,66 euro/m² [5], a zastosowanie precyzyjnej produkcji zwierzęcej w żywieniu zwierząt ograniczy jego koszt do 25% [1, 2]. Nic zatem dziwnego, że już w 2016 roku całość obrotu na rynku precyzyjnych technologii rolniczych szacowano na 4,8 mld USD. Aktualne prognozy mówią o rynkowym obrocie w tym obszarze rzędu 12,6 mld USD w roku 2025 [15, 16].

Prawne podstawy ochrony środowiska i klimatu

Jednym z celów Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) jest ochrona środowiska, szczególnie istotna wobec obserwowanego systematycznie wzrostu skali i koncentracji produkcji zwierzęcej. Jest ona wymieniana pośród tzw. dóbr publicznych, których realizację pragnie zapewnić WPR, jako pozaprodukcyjne zadania dla wspólnotowego rolnictwa [1, 10]. Oddziaływania na środowisko naturalne biogenów, takich jak azot i fosfor, czy emisje amoniaku, GHG (*greenhouse gas* – gaz cieplarniany) i odorów, stają się dziś poważnym wyzwaniem dla produkcji zwierzęcej, tak pod względem stosowanych technologii, ale również kosztowności. Jak podaje Eurostat [11], największą koncentracją produkcji zwierzęcej w UE cechuje się region północnej Brabancji (7,5 DJP/ha) oraz zachodniej Flandrii (6,04 DJP/ha). W Polsce obsada ta wynosi średnio 0,13 DJP/ha, choć są i takie powiaty, gdzie zbliża się do 4,0 DJP/ha [12]. Sektor rolny przyczynia się do emisji 25% CO₂, 50% CH₄ i 70% N₂O w skali globalnej, co stanowi prawie 13,5% całkowitej globalnej antropogenicznej emisji gazów cieplarnianych. Na obszarze UE rolnictwo odpowiedzialne jest za 94% całkowitej emisji NH₃ [11].

W konsekwencji, produkcja zwierzęca objęta została szeregiem regulacji mających chronić środowisko naturalne i klimat. Na poziomie UE jest to przede wszystkim Dyrektywa 91/676/EWG, dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego [7]. Jej konsekwencją było wprowadzenie w Polsce „Programu działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych” [18]. Innym aktem prawnym odnoszącym się do emisji przemysłowych jest tzw. Dyrektywa IED [8], połączona z Decyzją wykonawczą Komisji (UE) ustanawiającą konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń [6]. Stąd Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi zmuszone zostało do prac nad praktycznymi rozwiązaniami w tym zakresie i opublikowania „Kodeksu dobrych praktyk przeciwdziałających emisji amoniaku” [16]. W końcu nowelizacja dotycząca Effort Sharing Decision (ESD) [9], opublikowana przez KE, nakładająca na krajowe rolnictwo konieczność pokrycia emisji GHG z obszaru tzw. LULUCF, a w szczególności utraty jednostek zakumulowanych w lasach.

Precyzyjne, niskoemisyjne żywienie zwierząt

Wymienione akty prawne nakładają, szczególnie na obiekty korzystające z pozwoleń zintegrowanych, ale również na te o mniejszej skali produkcji, obowiązek redukcji oddziaływań środowiskowych. Taka obligacja jest możliwa w produkcji jedynie na drodze wdrożenia róż-

nego rodzaju technik i technologii. Mogą one być wykorzystane na etapach żywienia i utrzymania zwierząt, przechowywania i przetwarzania nawozów naturalnych oraz ich nawozowej aplikacji.

W celu zmniejszenia wydalania azotu, fosforu oraz emisji GHG, a także amoniaku, należy wdrożyć metody precyzyjnego żywienia zwierząt gospodarskich [14, 20]. Metody te polegają na obniżeniu poziomu białka ogólnego w paszy o 15-20% (tab. 1), przy jednoczesnym pokryciu potrzeb żywieniowych dla każdej grupy technologicznej zwierząt. W praktyce, precyzyjne bilansowanie i obniżenie koncentracji białka w paszy wymaga zmiany składu paszy, ale również jej strawności. Do precyzyjnego bilansowania dawki na poziom azotu zazwyczaj wykorzystuje się dodatek aminokwasów syntetycznych. Możliwe jest również dodawanie enzymów rozkładających, niedostępne zazwyczaj dla zwierząt monogastycznych, organiczne związki białkowe paszy. Taka pasza jest oczywiście droższa, ale jej zużycie na jednostkę produktu jest mniejsze, co w efekcie obniża jednostkowy koszt produkcji. Dla przeżuwaczy obniżenie poziomu białka ogólnego realizuje się w postaci aplikacji białka chronionego, strawnego jelitowo. Generalnie efekt takiego działania oszacować można na 20% rozpraszania związków azotu i 10-20% redukcji amoniaku [14].

Tabela 1
Zalecany poziom koncentracji białka ogólnego w dawce pokarmowej dla różnych gatunków zwierząt gospodarskich i ich grup technologicznych [20]

Gatunek	Grupa technologiczna	Faza produkcji	Dopuszczalny poziom białka ogólnego (%)
Bydło mleczne	krowy dojne	pierwsza faza laktacji	15-16
		pozostałe fazy laktacji	12-14
	jałówki		12-13
Bydło mięsne	cielęta	produkcja cielęciny	17-19
	cielęta	<3. miesiąca	15-16
	cielęta	3-6 miesiąc	13-14
	cielęta, pozostałe bydło opasowe	>6. miesiąca	12
Świnie	prosięta	do 10 kg	19-21
	warchlaki	11-25 kg	17-19
		26-50 kg	15-17
		51-110 kg	14-15
		>110 kg	13-14
	lochy	prośne	13-15
		karmiące	15-17
Drób	brojlery	pasza typu starter	20-22
		pasza typu grover	19-21
		pasza typu finisher	18-20
	nioski	18-40 tydzień odchowu	15,5-16,5
		>40. tygodnia odchowu	14,5-15,5
	indyki	<4. tygodnia odchowu	24-27
		5-8 tydzień odchowu	22-24
		9-12 tydzień odchowu	19-21
		13-16 tydzień odchowu	16-19
		>16. tygodnia odchowu	19-14

Największe szanse wdrożenia w praktyce ma kolejna precyzyjna metoda, tj. żywienie wielofazowe [20]. Polega ono na wprowadzeniu 3-5 pasz, precyzyjnie dostosowanych pod względem koncentracji białka i energii do wieku i fazy wzrostu zwierząt, zamiast jednej lub dwu tradycyjnych dawek na cały okres odchowu (tab. 2). Dopasowanie diety do zapotrzebowania w różnych fazach wzrostu, będąc zasadniczo tylko zmianą organizacyjną, redukuje ilość wydzielanego azotu, a tym samym i emisję amoniaku oraz tlenków azotu, przy zachowaniu produkcji na standardowym poziomie. Efekt redukcji wydalania azotu szacuje się na 15 do 25% [14].

W zakresie precyzyjnego żywienia od dawna obecne są rozwiązania techniczne pozwalające na jego pełną indywidualizację. Elektroniczne stacje odpasowe (*Electronic Feeding Station* – EFS), znane z żywienia loch czy krów mlecznych, znajdują dzisiaj wykorzystanie dla innych grup technologicznych i gatunków. Tak jest w żywieniu warchlaków i tuczników według systemu Inra-Porc [2]. Sama dawka w całym przedziale odchowu może być płynnie zmieniana przez komputer sterujący, nawet w ciągu tego samego dnia. System opiera się na wykorzystaniu EFS i indywidualnych transponderów RFI do identyfikacji świń, w połączeniu z automatami ważącymi. Możliwe jest jego wykorzystanie zarówno w systemach ściółkowych, jak i rusztowych. Niewątpliwą

zaletą jest tu uzyskanie zarówno mniejszego zużycia paszy, większych przyrostów masy ciała, jak i mniejszej o 30% ilości azotu i fosforu wydalanych do środowiska [14]. Podobne rozwiązania testowane są dla kurcząt brojlerów, indyków oraz niosek [3, 19, 22, 24]. Wykorzystuje się w nich zminiaturyzowane znaczniki RFI [4] przyczepiane do kończyn ptaków oraz wielopłytkowy systemy ważący montowany na wielostanowiskowym karmniku.

Szczególną popularnością wśród hodowców świń cieszą się systemy samoważąco-separujące. Umożliwiają one identyfikację pojedynczego zwierzęcia i przekierowanie go do sektora z paszą o większej koncentracji białka i energii lub – osobników cięższych – z paszą o mniejszej koncentracji tych składników [13, 17]. Systemy te pozwalają również na selekcję zwierząt przeznaczonych do sprzedaży i mogą być sprzęgane z nastawami wentylacji [21].

Systemy automatycznego ważenia (Flockman) mogą być też wykorzystywane w chowie drobiu rzeźnego. Pozwalają one nie tylko na uzyskanie informacji o przyrostach i wykorzystaniu paszy, ale

Tabela 2

Przykładowe porównanie żywienia klasycznego i wielofazowego tuczników pod względem zawartości energii metabolicznej i białka ogólnego w paszy

Wyszczególnienie	Żywienie 1-fazowe			Żywienie 2-fazowe			Żywienie 3-fazowe		
Dni tuczu	119	49	70	49	28	42	49	28	42
Energia metaboliczna (MJ/kg)	13,01	12,95	13,05	12,96	12,98	13,03	12,96	12,98	13,03
Białko ogólne (%)	16,4	18,1	14,8	18,1	15,3	13,3	18,1	15,3	13,3

– sprzęgnięte ze sterownikami wentylacji, regulują mikroklimat odpowiednio do potrzeb rosnących ptaków. Komercyjne systemy umożliwiają nawet sterowanie stadem ptaków i wyposażeniem, poprzez ilościową analizę rejestrowanego obrazu (eYeNamic). Dane przetwarzane są do poziomu sterowania wentylacją lub alertów o wadliwym działaniu wyposażenia (karmniki, poidelka) [3]. Optyczne i elektrochemiczne sensory potrafią także dokonywać zdalnej identyfikacji niektórych chorób, w tym ptasiej grypy.

W przypadku bydła, zwłaszcza mlecznego, istnieje cała gama rozwiązań wspomagających kwestie żywienia i pozwalających na jego precyzowanie indywidualnie dla każdej sztuki [5]. Są one powiązane ze stosowanymi obecnie systemami zarządzania stadem i oprzyrządowaniem zawartym w akcelerometrach. Oprócz swojej pierwotnej funkcji, jaką była detekcja rui poprzez nasilenie aktywności ruchowej, współczesne urządzenia potrafią również określić proporcje udziału poszczególnych typów zachowań, zmiany temperatury ciała, nasilenie procesów przeżuwania i trawienia, czy nawet pobierania paszy i wody oraz liczby oddechów (np. Fullwood, Afimilk, SCR, ITIN-HOCH). O ich funkcjach decydują zamontowane sensory, łącznie z nadajnikami GPS, mikrofonami czy termistorami, a nawet czujnikami ciśnienia, jak ma to miejsce przy określeniu pobierania paszy (RumiWatch) [23]. Precyzyjne żywienie wspomagać mogą również automatyczne systemy oceny kondycji zwierząt – BCS (*Body Condition Score*), wykorzystujące obraz 3D i przesyłające informację do programu zarządzającego stadem. Podobna analiza obrazu 3D dla świń, pozwala również na ocenę masy ciała oraz elementów jego budowy (eYeScan) [13]. Istotnym *novum* w precyzyjnym chowie bydła są możliwości detekcji nie tylko kulawizn, ale również mastitis i to nawet przez tzw. tagi, montowane do uszu krów (SMARTBOW). Służą do tego również czujniki pH żwacza, pozwalające też na pomiar jego temperatury (eCow, SmaXtec). Sensory umieszczane są w żwaczu, a odczyt ich zapisów może odbywać się zarówno przez oprogramowanie smartfonów, jak i akcelerometrów. Podobny endogeny charakter mają sensory wycielenia. One również mogą być częścią współpracującą z oprogramowaniem akceleratorów. Bazujący na zmianach temperatury (Medria) albo ciśnienia sensor, generuje sygnały dostępne nawet na specjalistycznych aplikacjach telefonów komórkowych, poprzez oprogramowanie, wskazując czas pozostały do spodziewanego wycielenia (np. SmaXtec). Sam sensor wydalany jest wraz z płodem.

Techniki mikroprocesorowe dają o sobie znać także w obrębie etapu przygotowania mieszank paszowych. Samobieżne, zautomatyzowane wozy paszowe, wspomagane przez samoważące dozowniki paszowe, realizują w ściśle precyzyjny sposób odmierzanie poszczególnych materiałów paszowych, ale równie sprawnie

zadają gotową mieszankę na stół paszowy, wykorzystując znacznik laserowy (fot. 1).



Fot. 1. Autonomiczny wóz paszowy (fot. J. Walczak)

Precyzyjna produkcja zwierzęca (PLF) nie omija również klasycznego pastwiskowania. W handlu dostępne są już stacjonarne czujniki śledzące tempo wzrostu runi, a także drony o podobnym oprogramowaniu. W połączeniu z komercyjnym systemem „wirtualnego pastucha” (CSIRO, eSheperd, Agersen), wykorzystującym bodźce akustyczne albo elektryczne i ostrzegającym w ten sposób zwierzęta o zbliżaniu się do ogrodzeń pod napięciem, oczekiwać można w przyszłości systemów sterowania wypasem.

Precyzyjne zarządzanie nawozami naturalnymi

Precyzyjne żywienie ogranicza wsad związków biogenych do całości systemu produkcji zwierzęcej, stąd jego znaczenie ma największy wymiar, widoczny na każdym innym etapie postępowania z kałem, moczem i dalej nawozami naturalnymi. Etapy te, w zależności od rozwiązań technicznych, mogą jednak dalej zasadniczo wpływać na wielkość emisji gazowych do środowiska. W efekcie do gleby może być wprowadzone jedynie 10% azotu dostępnego pierwotnie w kale i moczu (systemy gnojowicowe). Za precyzyjną metodę, ale już nawożenia upraw, uznać należy plany nawozowe oparte na bilansie na powierzchni pola lub u bram gospodarstwa. Ten pierwszy został wprowadzony w Polsce jako obowiązkowy dla gospodarstw utrzymujących powyżej 60 DJP.

Kolejnym etapem produkcji zwierzęcej, który może być objęty metodami redukcijnymi, jest system utrzy-

mania. Podejmowane działania mają na celu ograniczenie emisji gazów, takich jak amoniak, podtlenek azotu czy metan. W chowie świń już 50% zmniejszenie wielkości powierzchni rusztów w kojcu pozwala na redukcję emisji tych gazów nawet o połowę. Dalsze ograniczenie powierzchni rusztów do 1/3 powierzchni kojca skutkuje 70% redukcją. Podobny efekt uzyskuje się szybko oddzielając kał od moczu, choćby poprzez montaż podrusztowych przenośników odchodów. Współczesne technologie bezściółkowe oferują również szereg innych rozwiązań, np. wykorzystanie wysokociśnieniowego flushingu, splukującego odchody z części podrusztowej kojca [6]. Nawet przy pełnym zarusztowaniu podłogi można znacznie zredukować emisję, montując nowy rodzaj rusztu zintegrowanego z naczyniem zbiorczym, mającym kształt rury naciętej od góry (o przekroju zbliżonym do odwróconej Ω). W zakresie systemów ściółkowych dostępne są rozwiązania zintegrowane z wentylacją, jak np. Xaletto. System głębokiej ściółki wzbogacony o odpowiednio skonstruowaną wentylację i dodatki ściółkowe, sprzyjające tlenowemu rozkładowi nawozu w obniżonej wilgotności i temperaturze nie przekraczającej 40°C. Taki przebieg przemian gwarantuje utrzymanie azotu w połączeniach organicznych i redukcję emisji amoniaku. Zwiększa niestety, ale tylko nieznacznie, emisję N_2O . Zmniejszenie emisji gazów poprzez mechaniczny system wentylacji można również uzyskać w systemie rusztowym, modyfikując kierunek przepływu powietrza do części podrusztowej. Umieszczenie podciśnieniowego wylotu powietrza w części podrusztowej uniemożliwia parowanie cieczy z kanału do pomieszczenia i emisję gazów.

Jeśli już mowa o systemach wentylacji, to usuwane z budynku powietrze może zostać oczyszczone z domieszek gazowych przez jonizatory montowane na przewodach wentylacyjnych lub biofiltry (fot. 2) oraz płuczki, sytuowane na zewnątrz chlewni czy kurnika. O ile jonizatory powodują przeprowadzenie reaktywnych form związków chemicznych do postaci obojętnych gazów, o tyle płuczki wiążą domieszki gazowe w postaci roztworów soli, które mogą zostać wykorzystane nawozowo. Natomiast sposób działania biofiltracji opiera się na procesach fizykochemicznych, zachodzących przy współdziale mikroflory zasiedlającej złożę filtrujące. Domieszki gazowe zawarte w wentylowanym z budynku powietrzu, w trakcie przepuszczania przez filtr ulegają bądź adsorpcji, rozpuszczeniu i związaniu przez sam materiał filtrujący, wypełniającą go wodę, bądź przez film mikrobiologiczny powlekający naturalny materiał wypełniający biofiltr. Po okresie wysycenia materiału filtrującego i namnożenia się mikroorganizmów, dokonuje się wymiany wkładu filtrującego. Zużyty materiał może być następnie wykorzystany jako nawóz naturalny. Skuteczność tych metod zawiera się między 70% redukcji emisji dla jonizacji i biofiltracji do 94% dla płuczek chemicznych. Dodatkową zaletą tych metod jest redukcja pyłów PM_{10} .

Bliską zasadzie działania płuczek jest metoda zakwaszania gnojowicy. Polega ona na dodawaniu 96% kwasu siarkowego do gnojowicy, w ilości około 5 kg na tonę, w celu uzyskania pH co najmniej 5,5. Zmiana pH nie-



Fot. 2. Kompaktowy biofiltr do oczyszczania powietrza z chlewni (fot. J.Walczak)

czynnia enzym ureazę, odpowiedzialną za proces amonifikacji. UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe* – Europejska Komisja Gospodarcza) wyceńia ten efekt redukcji na 60% [20]. Możliwe jest zakwaszanie zarówno w części podrusztowej budynku, jak i w samym zbiorniku gnojowicowym, a nawet w trakcie aplikacji nawozowej. Metoda stosowana jest zarówno w chowie świń, jak i bydła. Samo nachylenie bocznych ścian kanału gnojowego również obniża ilość uwalnianych gazów. Emisję można też zmniejszyć, schładzając gnojowicę zdeponowaną w kanale (45-75%) poprzez instalację wymienników ciepła (może to wspomagać system ogrzewania). Z chemicznego punktu widzenia metoda ta polega na zmniejszeniu efektywności działania ureazy.

W przypadku utrzymania bydła na podłodze rusztowej (korytarz spacerowo-gnojowy) dostępne są rodzaje podłóg powodujących szybkie odprowadzanie kału i moczu do podrusztowego zbiornika. Innym rozwiązaniem jest zmodyfikowana konstrukcja rusztów, rozdzielających kał od moczu. Systemy te redukują emisję amoniaku o 40%. Z kolei w klatkowym chowie drobiu zaleca się suszenie pomiotu, czy to na taśmie, czy w specjalnej suszarni. Metoda ta skutkuje 30% obniżeniem emisji z budynku. Dla systemów ściółkowych zalecane są natomiast podłogowe wymienniki ciepła, osuszające warstwę ściółki [5].

Separacja gnojowicy polega na rozdzieleniu fazy ciekłej od stałej, przy pomocy pras, pomp membranowych lub wirówek (fot. 3). Metoda ta używana jest powszechnie w wielu krajach UE, a sporadycznie w Polsce, do ograniczenia ilości gnojowicy bydlęcej o 15-20%. Zmniejsza się w ten sposób zawartość suchej masy w fazie ciekłej, a zwiększa w fazie stałej. Faza stała, w postaci sypek, stosowana bywa ponownie jako ściółka



Fot. 3. Separator gnojowicy (fot. J. Walczak)

dla bydła [5, 20]. W przypadku dalszej przeróbki fazy stałej możliwe jest jej peletowanie, z przeznaczeniem na sprzedaż lub do wytwarzania energii cieplnej (spalanie). Faza stała winna być zmagazynowana pod zadaniem (uwodnienie na skutek opadów zwiększa emisję). Jest to metoda bardzo kosztowna, a jej najwyższy efekt redukcji osiągany jest przy sprzedaży peletu i sięga 70% (bez sprzedaży 30%) całkowitego rozpraszania azotu. Efekt redukcji amoniaku dla samej separacji szacuje się na 15-23%.

Podsumowanie

Opisane powyżej korzyści organizacyjne, ekonomiczne i środowiskowe sprawiają, że wykorzystanie precyzyjnych metod produkcji rolniczej w sposób bezpośredni odpowiada na współczesne wyzwania stawiane przed rolnictwem. Precyzyjna produkcja zwierzęca (PLF) wraz z precyzyjnym rolnictwem (PA) są praktycznie jedynymi sposobami pokrycia wyzwań związanych z zapowiadanym na 2050 rok wzrostem populacji ludzi do 9,6 mld [1]. Oznacza to również konieczność wzrostu produkcji zwierzęcej o 50%, przy równoczesnym obniżeniu presji rolnictwa na środowisko, a w przypadku UE uzyskaniu zerowej emisyjności.

Inteligentne rolnictwo nie bez powodu zyskało miano „trzeciej zielonej rewolucji”. Tylko w chowie bydła mlecznego prognozuje się, że do 2025 roku aż 50% wszystkich europejskich stad będzie korzystało z robotów udajowych [10]. Jak każda inwestycja, także PLF wymaga stabilnej sytuacji rynkowej i rentowności produkcji. Mimo wysokich kosztów zakupu, nowe technologie kuszą hodowców znaczącym obniżeniem kosztów produkcji i wejściem na wyższy poziom konkurencyjności ferm. Z całą pewnością wyzwaniem dla inteligentnego rolnictwa będzie łączenie różnych, istniejących w obrębie ferm, precyzyjnych rozwiązań i technik oraz ich komunikacja. Nie mniej istotny pozostaje nadzór i zarządzanie danymi. Już teraz część obsługi PLF i przetwarzania

zgromadzonych danych odbywa się w tzw. chmurze, udostępnianej przez dostawcę wyposażenia.

Podsumowując całość prezentowanej problematyki podkreślić należy jej wagę i perspektywiczność. Precyzyjna produkcja zwierzęca i inteligentne rolnictwo są już nie tylko kierunkami badań multidyscyplinarnych, ale również elementami polityki rolnej na szczeblu krajowym i UE. Ich rozwój i integracja wydaje się przy tym naturalnym kierunkiem ewolucji rolnictwa w dobie globalnej cyfryzacji.

Referat plenarny wygłoszony podczas LXXXIV Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego w Szczecinie.

Literatura: 1. Alexandratos N., Bruinsma J., 2012 – World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision CEMA, 2015. Towards a New Strategic Agenda for the Common Agricultural Policy (CAP) after 2020. CEMA's contribution to the Mid-term Review of the CAP. 2. Andretta I., Pomar C., Rivest J., Pomar J., Lovatto P.A., Radünz Neto J., 2014 – The impact of feeding growing–finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. *Journal of Animal Science* 92 (9), 3925-3936. 3. Berckmans D., Norton T., 2016 – Precision livestock farming: Examples for poultry. In: *Proc. of the XXV World Poultry Congress*, 6-9 Sept. 2016, Beijing, China. 4. Campbell D.L., Hinch G.N., Dyall T.R., Warin L., Little B.A., Lee C., 2017 – Outdoor stocking density in free-range laying hens: radio-frequency identification of impacts on range use. *Animal* 11 (1), 121-130. 5. CEMA, 2017 – Smart Agriculture for All Farms (https://www.cema-agri.org/images/publications/position-papers/CEMA-smart-agriculture-for-all-farms_December-2017_.pdf). 6. Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 z dnia 15 lutego 2017 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE (Dz.U. UE L 43/231). 7. Dyrektywa 91/676/EWG dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (Dz.U. L 375, 31/12/1991). 8. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylenia dyrektywy 2001/81/WE (Dz.U. UE 17.12.2016, L 344/1). 9. Effort Sharing Decision (ESD), 2016 – COM(2016) 482 final, COM(2016) 479 final, COM(2016) 500, final COM(2016) 501 final. 10. EPRS, 2016 – Precision agriculture and the future of farming in Europe Scientific Foresight Study ([http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU\(2016\)581892_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf)). 11. Eurostat, 2017 – Agricultural production – livestock and meat (<https://ec.europa.eu/eurostat/>

statistics -explained/). **12. GUS**, 2018 – Zwierzęta gospodarskie. **13. Hartung J., Banhazi T., Vranken E., Guarino M.**, 2017 – European farmers' experiences with precision livestock farming systems. *Animal Frontiers* 7 (1), 38-44. **14. IIASA**, 2012 – Emissions from agriculture and their control potentials. (<http://gains.iiasa.ac.at>). **15. Market Research Report**, 2019 – Precision Farming/Agriculture Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software, Services), By Application (Yield Monitoring, Irrigation Management) And Segment Forecasts, 2019-2025 (<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/precision-farming-market>). **16. MRIRW**, 2019 – Kodeks dobrych praktyk przeciwdziałających emisji amoniaku. **17. Pomar C., Hauschild L., Zhang G., Pomar J., Lovatto P.A.**, 2009 – Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, 226-237. **18. Rozporządzenie Rady Ministrów** z dnia 5 czerwca 2018 r. wprowadzające „Program działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Program azotano-

wy) (Dz.U. z dnia 12 lipca 2018 r. poz. 1339). **19. Tu X., Du S., Tang L., Xin H., Wood B.**, 2011 – A real-time automated system for monitoring individual feed intake and body weight of group housed turkeys. *Computers and Electronic in Agriculture* 75, 313-320. **20. UNECE**, 2015 – Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe, document nr ECE/EB.AIR/129. Wyd. 24, marzec 2015. **21. Vranken E., Berckmans D.**, 2017 – Precision livestock farming for pigs. *Animal Frontiers* 7 (1), 32-37. **22. Xin H., Liu K.**, 2017 – Precision livestock farming in egg production. *Animal Frontiers* 7, 24-31 (doi: 10.2527/af.2017.0105). **23. Zehner N., Umstätter C., Niederhauser J.J., Schick M.**, 2017 – System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. *Computers and Electronic in Agriculture* 136, 31-41. **24. Zuidhof M.J., Fedorak M.V., Ouellette C.A., Wenger I.I.**, 2017 – Precision feeding: Innovative management. *Poultry Science* 96, 2254-2263.

Precision livestock farming and the natural environment

Summary

The benefits of Precision Livestock Farming (PLF) methods are identified not only with reference to production indicators and economic outcomes, but also in terms of their environmental impact. PLF makes it possible to reduce nutrient losses and gaseous emissions and to mitigate climate change. Equipped with RFID tags, GPS transmitters, accelerometers and biosensors, livestock animals receive individual supervision and care to optimize fulfilment of their needs and thus improve their health and welfare. This is often done without human intervention, as management is taken over by IoT technologies that process information from Big Data and automatically modify their decisions using artificial intelligence (AI). Minimized expenditures and optimized production environment conditions result in a reduction in by-products. By-products are also subject to a wide range of precision technologies for storage, processing (bioeconomy), and final management, usually application as soil fertilizer. PLF can achieve up to a 100% reduction in gas emissions when appropriate technologies are used at various stages of production. PLF solutions often entail high investment outlays but significantly lower operating costs, which limits unit production costs. Many low-emission methods actually improve the profitability of farming by eliminating nutrient losses from feed or from natural fertilizers.

KEY WORDS: digital technology, automation, livestock farming, natural environment, climate

Dobrostan w hodowli zwierząt futerkowych

Marian Brzozowski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
Wydział Nauk o Zwierzętach, Katedra Szczegółowej Hodowli Zwierząt

Dobrostan zwierząt, czyli dążenie do zapewnienia zwierzętom odpowiednich warunków utrzymania, wzbudza obecnie w społeczeństwach krajów rozwiniętych ogrom-

ne zainteresowanie. Zapewnienie odpowiedniego poziomu dobrostanu jest w powszechnej opinii społecznej traktowane jako rodzaj usprawiedliwienia dla użytkowania zwierząt i ich wykorzystywania dla potrzeb człowieka.

Wiedząc, że ogólna opinia społeczna na jakiś temat w dużej mierze wynika z jej kreowania przez media i często wyobrażenie to znacznie różni się od rzeczywistego stanu wiedzy, branża futerkowa postanowiła aktywnie włączyć się w dyskusję dotyczącą dobrostanu zwierząt futerkowych i wykazać opinii społecznej, że dobrostan zwierząt jest dla niej priorytetem. Dla branży jest to w rzeczywistości kwestia dotarcia do społeczeństwa z informacją, że zwierzęta na fermach mają zapewnione optymalne warunki utrzymania. Wiedzą o tym hodowcy, wie o tym każdy związany z branżą futerkową, ale przekaz kreowany przez media – w myśl zasady, że dobrze