

Postęp w technologii produkcji zwierzęcej jako rezultat aktualnych uwarunkowań środowiskowych

Jacek Walczak, Eugeniusz Herbut

Efektywna produkcja zwierzęca, jak każdy świadomy, celowy i zorganizowany etap gospodarowania, nie może się obejść bez innowacji technologicznych optymalizujących stosowane procesy, a przez to uzyskiwane wyniki. Jako że lepsze jest wrogiem dobrego, pogoń za nowościami nigdy nie będzie miała końca, zwłaszcza, że uwarunkowania produkcji zwierzęcej wciąż ulegają zmianie. Jeszcze niedawno wyznacznikiem była tu wielkość produkcji, maksymalizowana za wszelką cenę, później – podnoszone koszty w relacji do cen skupu. Od kilku lat jest to właściwie istny labirynt, w którym, obok dobrze znanych pułapek i ślepych uliczek, pojawiły się nowe, związane z jakością pozyskiwanego produktu, jego biobezpieczeństwem, dobrostanem zwierząt, ochroną środowiska i nawet widmem nadprodukcji. Stąd wdrażane nowe rozwiązania muszą być przez hodowcę dobrze rozeznane i skalkulowane. Z drugiej strony, opracowując innowacyjne konstrukcje i technologie należy realizować badania w wielu płaszczyznach, na równi uwzględniając zdrowie konsumenta, korzyści hodowcy, dobro zwierząt, jak i ochronę środowiska. Od szeregu lat zasada ta przyświeca pracom realizowanym w Dziale Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej IZ-PIB.

Redukcja zagrożeń środowiskowych

W dobie przeciwdziałania globalnym zmianom klimatycznym i dbałości o czystość środowiska naturalnego, przed produkcją zwierzęcą stawiane są nowe wymagania dotyczące ograniczenia emisji gazowych oraz depozycji związków biogenych. Obowiązek

ten ciąży zwłaszcza na intensywnych fermach objętych dyrektywą Integrated Pollution Prevention and Control 96/61/EC. Nic w tym dziwnego, skoro okazało się, że za wzrost emisji amoniaku na przestrzeni ostatnich 10 lat w krajach UE w 90% odpowiedzialna jest produkcja zwierzęca. Według różnych danych, 28% amoniaku uwalnianego w rolnictwie emitowane jest z budynków dla krów mlecznych [8], a 30% – z chowu trzody chlewnej. Według danych IPCC, przeszło 50% metanu, gazu współodpowiedzialnego za globalny efekt szklarniowy, pochodzi z fermentacji jelitowej bydła.

Na ilość uwalnianych gazów, oprócz retencji poszczególnych pierwiastków w organizmie zwierzęcia, ma wpływ szereg czynników środowiskowych i technicznych. Należą do nich: temperatura pomieszczeń, wilgotność, prędkość ruchu powietrza, wielkość dostępnej powierzchni, rodzaj posadzki, stosowanie ściółki i jego rodzaj, system wentylacji, sposób postępowania z obornikiem. W większości elementy te można przyporządkować jako charakterystyczne dla danego systemu utrzymania. Należy więc stwierdzić bezpośrednią zależność emisji domieszek gazowych od systemu utrzymania zwierząt [6, 8, 9, 12]. W IZ-PIB, na bazie komór klimatycznych, badane są różne rozwiązania techniczne ograniczające wielkość emisji gazów z budynków inwentarskich oraz miejsc przechowywania odchodów, z zastosowaniem różnych dodatków i modyfikatorów.

Termin „dodatek ściółkowy” nie jest zbyt precyzyjnym określeniem, jednak oddaje zasadę działania i sposób postępowania z tą grupą modyfikatorów emisji gazowych. Związki te trafiają bowiem bezpośrednio na podłogę kopców i dalej do kanałów gnojowych lub gnojowicowych, czyli w te miejsca, gdzie znajdują się odchody. W przypadku utrzymania trzody chlewnej przebadano łatwo dostępne i tanie związki mineralne oraz specjalnie opracowane mikrobiologiczne preparaty handlowe (tab. 1).

Zarówno siarczan wapnia, jak i preparaty mikrobiologiczne, powodują statystycznie istotne zmniejszenie emisji amoniaku. Ich oddziaływanie zależy od obecności materiału ściółkowego. W systemach beźściółkowych miejscem ich reakcji są kanały gnojowicowe, gdzie dużo łatwiej o szerszy zakres reakcji chemicznych. Niemniej pełne podłogi mogą być z powodzeniem posypywane tymi solami, w celu redukcji emisji amoniaku. Sposób działania sprowadza się tu do obniżenia pH moczu i jego mieszanin. W ten sposób obniżone zostaje tempo przemian mocznika przez ureazę [4]. Większe możliwości redukcji posiada tu siarczan wapnia. Podobnie jak w przypadku makrodomieszek powietrza, również odory

Rodzaj związku gazowego	Typ zastosowanych dodatków:					
	ściółkowe		paszowe		techniczne	
	sole wapniowe	glino-krzemiany	preparaty bakteryjne	białko + dodatki paszowe	jonizatory	elektrofiltry
Para wodna	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dwutlenek węgla	NS	NS	↑ 4,1-37,6**	↓ 1,0-2,9*	NS	↓ 2,1-5,9*
Amoniak	↓ 14,4-32,8**	↑ 18,3-37,3**	↓ 4,3-45,2**	↓ 8,5-33,7**	↓ 24,0-34,6**	↓ 3,7-4,9*
Siarkowodór	NS	NS	NS	NS	↓ 15,2-20,01	↓ 17,4-21,02
Metan	NS	NS	↑ 0,6-6,0*	↓ 1,7-7,8*	↑ 3,1-13,3*	↓ 5,4-21,6**
Tlenki azotu	↑ 0,0-5,8*	NS	NS	↓ 2,1-6,4*	↑ 3,1-16,2*	↓ 1,6-3,2*
Aldehydy	↓ 13,0-21,0*	↑ 6,4-12,6*	↓ 4,2-9,4*	↓ 31,6-48,2**	↓ 15,9-19,2**	↓ 21,4-32,5**
Alkohole	↓ 9,2-15,6*	↑ 7,5-11,8*	↓ 5,5-10,1*	↓ 35,2-39,4**	↓ 14,2-18,3**	↓ 23,1-31,9**
Ketony	↓ 11,1-14,3*	↑ 8,2-12,3*	↓ 6,1-9,8*	↓ 29,3-41,6**	↓ 16,7-19,9**	↓ 19,9-29,3**
Kwasy org.	↑ 10,7-13,4*	↑ 6,5-8,7*	↓ 7,3-10,6*	↓ 33,4-42,7**	↓ 18,2-21,3**	↓ 22,8-34,4**
Merkaptany	↑ 11,8-12,7*	↑ 10,7-12,9*	↓ 4,2-7,9	↓ 36,1-45,2**	↓ 13,4-22,5**	↓ 26,7-34,1**
Fenole	↓ 12,8-16,7*	↑ 6,9-11,6*	↓ 5,4-8,2*	↓ 33,7-38,9**	↓ 17,1-24,4**	↓ 21,4-28,4**
Aminy	↓ 15,1-18,9**	↑ 7,2-11,4*	↓ 3,8-10,0*	↓ 28,4-39,5**	↓ 15,2-20,3**	↓ 25,3-36,2**
Estry	↓ 13,0-20,3**	↑ 10,7-12,9*	↓ 5,3-8,9*	↓ 36,5-42,1**	↓ 15,8-19,7**	↓ 19,1-26,8**

↑ – wzrost emisji; ↓ – spadek emisji

* – różnica istotna statystycznie ($P \leq 0,05$); ** – różnica wysoko istotna statystycznie ($P \leq 0,01$); NS – brak istotności różnic

Tabela 1
Zakres i skala oddziaływania zastosowanych dodatków na wielkość emisji gazów z utrzymania trzody chlewnej – różnica w stosunku do poziomu bazowego (%)

Tabela 2

Wielkość emisji gazowych z podstawowych systemów utrzymania różnych grup technologicznych krów mlecznych po zastosowaniu metod redukcji (kg/rok/szt.)

Grupa technologiczna	System utrzymania				
	ściółkowy słomiany	ściółkowy trocinowy	głęboka ściółka słomiana	głęboka ściółka trocinowa	beźściółkowy
Emisja podstawowa					
amoniak	47,1 ^{aBCD}	54,4 ^{aEFG}	63,7 ^{BEHI}	72,5 ^{CFHJ}	90,9 ^{DGIJ}
siarkowodór	0,019 ^{abcd}	0,201 ^{aefg}	0,351 ^{behi}	0,379 ^{cfhj}	0,473 ^{DGIJ}
metan	108,40 ^{abcd}	112,91 ^{aefg}	123,53 ^{behi}	126,32 ^{cfhj}	119,2 ^{dghj}
tlenki azotu	0,032 ^{aBCD}	0,045 ^{aeFG}	0,062 ^{BEHI}	0,073 ^{CFHJ}	0,416 ^{DGIJ}
Dodatek CaCl₂					
amoniak	41,91 ^{aBCD}	48,41 ^{aEFG}	56,69 ^{BEHI}	64,52 ^{CFHJ}	80,90 ^{DGIJ}
siarkowodór	0,016 ^{abcd}	0,178 ^{aefg}	0,312 ^{behi}	0,337 ^{cfhj}	0,420 ^{DGIJ}
metan	96,47 ^{abcd}	100,48 ^{aefg}	109,94 ^{behi}	112,42 ^{cfhj}	106,08 ^{dghj}
tlenki azotu	0,028 ^{aBCD}	0,040 ^{aeFG}	0,055 ^{BEHI}	0,064 ^{CFHJ}	0,370 ^{DGIJ}
Dodatek zeolitów					
amoniak	36,73 ^{aBCD}	42,43 ^{aEFG}	49,68 ^{BEHI}	56,55 ^{CFHJ}	70,90 ^{DGIJ}
siarkowodór	0,014 ^{abcd}	0,156 ^{aefg}	0,273 ^{behi}	0,295 ^{cfhj}	0,368 ^{DGIJ}
metan	84,55 ^{abcd}	88,06 ^{aefg}	96,35 ^{behi}	98,52 ^{cfhj}	92,97 ^{dghj}
tlenki azotu	0,024 ^{aBCD}	0,035 ^{aeFG}	0,048 ^{BEHI}	0,056 ^{CFHJ}	0,324 ^{DGIJ}
Redukcja poziomu białka					
amoniak	34,38 ^{aBCD}	39,71 ^{aEFG}	46,50 ^{BEHI}	52,92 ^{CFHJ}	66,35 ^{DGIJ}
siarkowodór	0,013 ^{abcd}	0,146 ^{aefg}	0,256 ^{behi}	0,276 ^{cfhj}	0,345 ^{DGIJ}
metan	79,13 ^{abcd}	82,42 ^{aefg}	90,17 ^{behi}	92,21 ^{cfhj}	87,01 ^{dghj}
tlenki azotu	0,023 ^{aBCD}	0,032 ^{aeFG}	0,045 ^{BEHI}	0,053 ^{CFHJ}	0,303 ^{DGIJ}
Dodatek tymolu					
amoniak	35,32 ^{aBCD}	40,80 ^{aEFG}	47,77 ^{BEHI}	54,37 ^{CFHJ}	68,17 ^{DGIJ}
siarkowodór	0,015 ^{abcd}	0,151 ^{aefg}	0,263 ^{behi}	0,284 ^{cfhj}	0,354 ^{DGIJ}
metan	81,30 ^{abcd}	84,68 ^{aefg}	92,64 ^{behi}	94,74 ^{cfhj}	89,40 ^{dghj}
tlenki azotu	0,024 ^{aBCD}	0,033 ^{aeFG}	0,046 ^{BEHI}	0,054 ^{CFHJ}	0,312 ^{DGIJ}

A, B – różnice wysoko istotne statystycznie; a, b – różnice istotne statystycznie

ulegają działaniu domieszek ściółkowych, ograniczając swoje stężenia. Jest to redukcja duża, gdyż dotyczy nawet 21% wartości bazowych w przypadku kwaśnej soli wapniowej.

W tabeli 2 podano, między innymi, wyniki uzyskane po zastosowaniu CaCl₂ jako dodatku ściółkowego w chowie bydła. Był on jednym z dwóch zastosowanych środków. Jak łatwo zauważyć, istotne statystycznie zróżnicowanie systemów pod względem emisji zostało zachowane. Dodatek tej soli wpłynął korzystnie na zmianę pH odchodów, dezaktywując w ten sposób działanie ureazy. Uzyskane obniżenie emisji, o ok. 11% w stosunku do standardowych warunków, nie wydaje się aż tak znaczne, jednak odbyło się ono w prosty i tani sposób. Zalecenie stosowania w praktyce takiego postępowania musi być jednak poparte określeniem skutków, jakie dla racic stwarza kwasowość podłoża. Uregulowanie mikroflory zasiedlającej miejsca zalegania i przechowywania odchodów może skutkować znaczącą redukcją emisji odorów. Koncentrować się należy na selektywnych związkach regulujących populację mikroflory. Do substancji takich należą tymol i karwakrol, oleje roślinne, związki czynne powierzchniowo i posiadające działanie bakteriostatyczne. Zastosowanie tych związków daje dobre rezultaty jeśli idzie o redukcję gazów sięgającą 27% stanu początkowego. Niestety oprysk musi być stosowany codziennie, a koszty zakupu nie są zbyt atrakcyjne. Uzyskane wyniki wskazują jednak na istniejące możliwości i konieczność dalszych poszukiwań. Negatywnym efektem zastosowania tych związków był wzrost emisji fenolu odnotowany w analizie chromatograficznej.

Drugą drogą, na której podjęto działania zmierzające do uzyskania znaczących redukcji emisji gazowych z utrzymania trzody chlewnej, było żywienie. Mniejszy udział wydalanego azotu i po-

prawa jego strawności najsilniej wpłynęły na redukcję amoniaku w systemie głębokiej ściółki, a następnie w systemie rusztowym. Najmniejsze redukcje uzyskano natomiast w systemie beźściółkowym i ściółkowym. Oczywiście zmniejszenie ilości wydalanego azotu dobitnie wskazuje na dużą rolę systemu utrzymania w powstawaniu emisji gazowych. Redukcja dotyczy tu wszystkich gazów, chociaż w przypadku pary wodnej obserwowana tendencja nie ma statystycznego potwierdzenia, a dla dwutlenku węgla z trudem udaje się takie udokumentowanie znaleźć. Jest to pierwszy tak szeroko i jednoznacznie oddziałujący czynnik doświadczalny. Podobne wyniki uzyskano w wielu innych, *stricte* żywieniowych badaniach [1, 2, 3, 7].

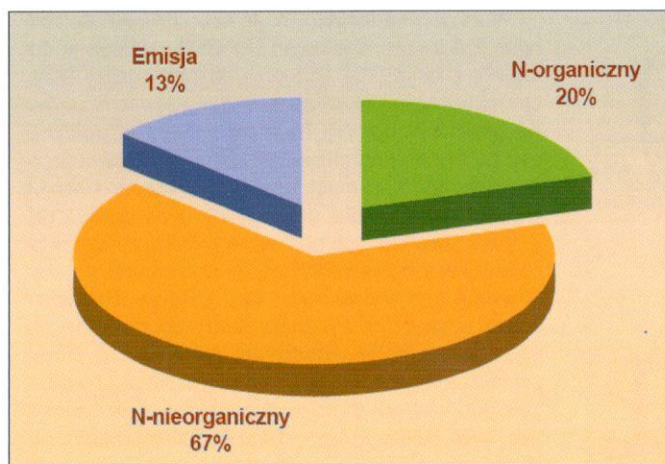
Wiele badań realizowanych w zakresie emisji gazowych z produkcji bydłowej podejmowano również na gruncie zmian w żywieniu. Wykorzystywano w nich potencjalne możliwości żywienia wielofazowego, programującego więcej dawek pokarmowych, dokładniej dostosowanych do okresowego zapotrzebowania krów. Zastosowane ograniczenie ilości białka o 1,5% w okresie od 28. tygodnia laktacji przyniosło zaskakujące efekty. Emisje gazowe ograniczone zostały nawet o 37%. Wielkość ta znajduje potwierdzenie we wcześniej przytoczonych źródłach literaturowych, chociaż dotyczy mniej wydajnego bydła.

Fermy towarowe, charakteryzujące się dużą koncentracją zwierząt i nie tylko znaczną produkcją mięsa i mleka, ale również odchodów, są ogromnym zagrożeniem środowiskowym. Racjonalne zagospodarowanie obornika, szczególnie w myśl regulacji UE, staje się problemem priorytetowym. Niekontrolowane użycie odchodów w celach nawozowych, niesie poważne konsekwencje dla środowiska naturalnego. Wiążą się one z problemem przenawożenia gleby, wymywania pierwiastków i wynikającym stąd skażeniem wód gruntowych oraz eutrofizacją wód powierzchniowych.

W nawozach organicznych, obok wysokości stężenia związków biogenych, pierwszorzędne znaczenie ma także ich forma chemiczna i wynikająca stąd dostępność pierwiastków odżywczych dla roślin uprawnych. Utrzymanie stosunku C:N w przedziale 36-20:1 na etapie formowania obornika, poprzez odpowiednią wielkość ściółkowania, pozwala na uzyskanie dużej zawartości szybko przyswajalnych mineralnych form azotu. Szybkie przeprowadzenie fazy termofilnej, przy jednoczesnym stosunku C:N w zakresie 36-50:1, skutkuje powstaniem wolnodziałających organicznych połączeń pierwiastków biogenych. Formowane w okresie zimowym przyzmy obornika, zgodnie z przepisami mogą być zużytkowane dopiero na wiosnę. Niekorzystne dla mikroflory warunki termiczne obniżają wydatnie jakość i skład takiego fosforowego nawozu. Skrajnie niekorzystny sposób dojrzewania i przechowywania obornika (okres zimy) doprowadzić może nawet do 95% strat zawartych w nim pierwotnie związków azotowych (rys. 1 i 2).

Odnawialne źródła energii

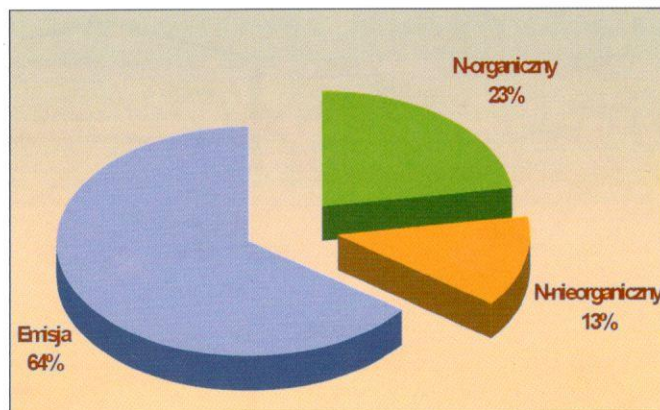
Z zagadnieniami redukcji szkodliwych oddziaływań środowiskowych wiąże się bezpośrednio kwestie zużycia energii cieplnej i zastosowania w produkcji zwierzęcej odnawialnych źródeł energii. Potencjał techniczny odnawialnych źródeł energii w naszym kraju szacuje się na 3850 PJ rocznie. Stanowi to przeszło 90% zapotrzebowania na energię (4292 PJ w 1997 roku). Najwyższy potencjał przypisano tu energii geotermalnej, słonecznej oraz biomasy. Aktualne zużycie źródeł odnawialnych stanowi 1,5% zapotrzebowania na energię. Polskie rolnictwo produkuje rocznie



Rys. 1. Udział poszczególnych form azotu oraz wielkość jego strat w oborniku składowanym w okresie letnim

ok. 25 mln t słomy. Nadwyżki, po odliczeniu ściotłowania i skarmiania, wynoszą 8-12 mln t. Możliwa jest również uprawa specjalnych roślin energetycznych, jak malwa czy topinambur. Powstające w trakcie spalania nośnika energii gazy spalinowe zależą jakościowo od składu chemicznego nośnika, a ilościowo również od składu, ale także od sprawności kotła, w którym następuje proces. Wielkie znaczenie dla uzyskanych wyników ma zastosowanie nowoczesnych urządzeń grzewczych. Najwłaściwszym sposobem spalania biomasy okazało się spalanie dwuetapowe – najpierw gazyfikacja później utlenianie. Taki proces powoduje również mniejszą emisję związków azotu do atmosfery. W pierwszej fazie procesu spalania ciepło podgrzewa paliwo i odparowuje zawartą w nim wilgoć. Następnie w wyższej temperaturze następuje rozkład biopaliwa, polegający na wydzieleniu się gazów i par (odgazowanie części lotnych), które ulegają spalaniu bezpośrednio w strefie odgazowania lub są wyprowadzane do odrębnej strefy paleniska i tam spalane. Proces spalania się części stałych polega na ich powierzchniowym utlenianiu. Na jego przebieg ma istotny wpływ rozdrobnienie paliwa (np. drewna). W celu optymalnego spalania słomy niezbędna jest temperatura w palenisku w granicach 850-1100°C. Mokre drewno przed spalaniem suszy się w sposób naturalny, gdyż zużycie energii na podsuszanie zabiera zbyt dużo energii i późniejsze spalanie nie dawałoby efektów ekonomicznych. Sprawność kotła ulega znacznemu zmniejszeniu podczas spalania mokrej słomy, ponieważ występują trudności z utrzymaniem odpowiedniej temperatury w komorze spalania. Zastosowane w badaniach urządzenia były stosunkowo nowe i posiadały sprawność rzędu 91% dla węgla i oleju oraz 87% dla drewna i słomy. Obserwując wzrost skali i koncentracji krajowych gospodarstw utrzymujących zwierzęta, zwłaszcza trzodę chlewną i drób, w najbliższym okresie należy się spodziewać znaczącego wzrostu zastosowania odnawialnych źródeł energii.

Największą emisję dwutlenku węgla odnotowano dla spalania węgla, a najmniejszą dla słomy (tab. 3). Występujące różnice były istotne statystycznie. Warto zaznaczyć, że zarówno słoma, jak i drewno były w kotłach najpierw odgazowywane. Stąd mierzone ilości tlenu węgla były dla paliw odnawialnych najwyższe. Maksimum emisji oznaczono dla spalania drewna, a minimum – przy oleju opałowym. Emisja dwutlenku siarki była najwyższa ze spalania węgla, natomiast najniższe stężenia oznaczano dla drewna. Spalanie słomy powodowało uwalnianie się ponad dwukrotnie większych ilości tego gazu. Drewno okazało się również najkorzystniejszym materiałem pod względem uwalniania tlenków azotu, natomiast najwięcej tych gazów emitowano ze spalania węgla kamiennego. Powstające emisje metanu były dla wszystkich nośników niskie, tylko w przypadku węgla kamiennego przekraczające 12 g/GJ. Zanieczyszczenia organiczne (TOC) dominowały przy pomiarach emisji z kotła węglowego. Najniższe były dla kotłów



Rys. 2. Udział poszczególnych form azotu oraz wielkość jego strat w oborniku składowanym w okresie zimowym

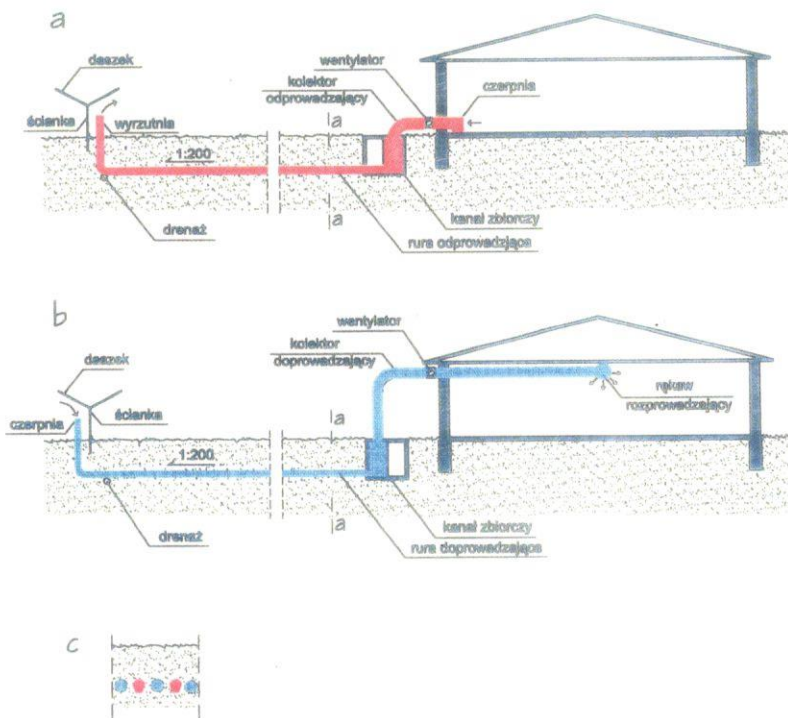
zasilanych słomą i drewnem. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne emitowane były w największej ilości ze spalania węgla i oleju opałowego. Najmniejsza emisja tych związków cechowała natomiast kotły na słomę (0,045 g/GJ). Identyczną sytuację określono dla węglowodorów alifatycznych (BTX) oraz lotnych związków organicznych (VOC). W przypadku dioksyn (PCDDs) najmniejszą emisję określono dla spalania słomy oraz drewna. Jak w większości oznaczeń, emisją dominował węgiel kamienny.

Jeśli idzie o porównanie kosztów ogrzewania, to najniższe wydatki podnoszono na opalanie słomą (7,5 zł/GJ). Nieco droższe było drewno (8,5 zł/GJ), chociaż jego koszt zależy od bliskości dużych obszarów leśnych lub zakładów przetwórczych. Z tego tytułu jego koszt może wzrosnąć nawet o 44%. Jednak nawet wtedy drewno pozostaje znacznie tańsze od węgla kamiennego, z którego koszt wytworzenia 1 GJ wynosi 28 zł. Najdroższy sposobem ogrzewania budynków okazało się stosowanie oleju opałowego (30 zł/GJ).

Tabela 3
Oznaczone wielkości emisji gazów spalinowych powstających z różnych źródeł, w g na 1 GJ uzyskanej energii

Rodzaj gazu	Rodzaj paliwa			
	słoma	drewno	olej opałowy	węgiel kamienny
CO ₂	332,6	420,65	883,05	1663,13
CO	64,23	85,46	0,152	19,18
SO ₂	35,97	15,13	40,65	178,20
NO _x	119,18	79,56	123,24	156,50
CH ₄	4,87	6,73	2,92	12,07
TOC	6,45	8,54	13,23	18,45
WWA	0,045	0,065	0,130	0,180
BTX	127x10 ⁻²	182x10 ⁻²	245x10 ⁻²	698x10 ⁻²
VOC	16,64	25,32	45,12	60,24
PCDDs	1,24x10 ⁻³	2,34x10 ⁻³	7,34x10 ⁻³	22,76x10 ⁻³
Pyły	4,03	13,44	1,73	56,7

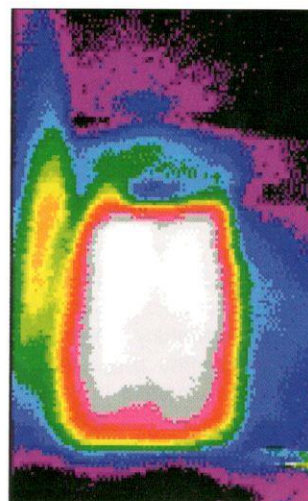
Wszystkie różnice w wierszach statystycznie istotne przy P≤0,05



Rys. 3. Gruntowo-powietrzny wymiennik ciepła. Przekroje przez wymiennik ruro-owy: a – przez rurę odprowadzającą, b – przez rurę doprowadzającą, c – układ poprzeczny rur

Podsumowując uzyskane wyniki pomiarów emisji gazów spaliny-owych z różnego rodzaju paliw stwierdzić należy, że ze względu na skażenie środowiska oraz ceny jednostki energii, źródła odnawialne są bezkonkurencyjne w stosunku do paliw konwencjonalnych. Najefektywniejsza dla produkcji zwierzęcej okazuje się być słoma, a następnie drewno. Atrakcyjność tego drugiego może wzrosnąć w przypadku założenia w gospodarstwie plantacji np. wierzby energetycznej.

Niewątpliwie, obok ogrzewania, jednym z najbardziej energo-ochłonnych etapów produkcji zwierzęcej jest mechaniczna wentylacja pomieszczeń inwentarskich. W Instytucie Zootechniki i Akademii Rolniczej w Krakowie przeprowadzono wspólne badania nad gruntowo-powietrzny wymiennikiem ciepła, kondycjonującym powietrze wprowadzane do budynku przewodami umieszczonymi w niezamarzającej warstwie gruntu (rys. 3). Potwierdzony zysk energetyczny dotyczy zarówno okresu zimy [5], kiedy powietrze jest ogrzewane o 8-12°C, jak i lata, podczas którego ulega ono schłodzeniu o 3-5°C. Wspomniane rozwiązanie chronione jest patentem i zostało wyróżnione nagrodą Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w 2005 roku.



Fot. 1. Termogram podłogowej płyty grzewczej

W innych badaniach określano efektywność różnych źródeł promieniowania podczerwonego w odchowcie prosiąt [13]. Przeprowadzone analizy miały charakter wielokierunkowy, badano bowiem zarówno behavior, poziom hormonów, jak i mikroklimat czy zapisy termograficzne źródeł promieniowania oraz zwierząt. W ramach badań opracowano również własne rozwiązanie podłogowej płyty grzewczej. Z przeprowadzonych porównań wynika, że każdy ze sposobów dogrzewania jest korzystny dla prosiąt. Można o tym wnioskować na podstawie ich zachowania – częściej wybierają strefy dogrzewane niż sąsiedztwo lochy. Natomiast efektywność źródeł promieniowania wykazuje pewne zróżnicowanie. Tak pod względem fizjologicznym, jak i behawioralnym oraz biofizycznym, najwyższą efektywnością cechują się ogrzewanie podłogowe i mata elektryczna (tab. 4).

Analizując sposób oddziaływania poszczególnych źródeł stwierdzić należy, iż podkreślany do tej pory element wizualnej atrakcyjności światła promiennika żarowego w przeprowadzonych badaniach nie odgrywał roli. Prosięta w trakcie eksploracji kocy same identyfikują strefę najkorzystniejszą termicznie. Dogrzewanie bezpośrednio poprzez kontakt wydaje się mieć dla tych zwierząt korzystniejszy efekt. Jest to tym istotniejsze, że w przypadku zawieszanych promienników prosięta leżą na mniej lub bardziej, ale odbierającej ciepło posadzce.

W przypadku wyposażenia umieszczanego na podłodze straty ciepła odbywają się tylko do powietrza. Pod względem zużycia energii najoszczędniejsze okazały się promienniki ceramiczne, można je więc polecić do wykorzystania w praktyce. Z kolei maty grzewcze zużywają najwięcej energii. Trudno jednak o uogólnienie, gdyż na rynku dostępna jest szeroka oferta mat o zróżnicowanej budowie, co może wpływać na ich energochłonność, ale też efektywność. Ogrzewanie podłogowe stref legowiskowych zasilane wodą z systemu ogrzewania centralnego, choć jest bardzo atrakcyjne, jest też inwestycyjnie najdroższe.

Tabela 4 Średnie wartości temperatury skóry (°C) oraz poziom tyroksyny (ng/ml) we krwi prosiąt dogrzewanych różnymi promiennikami

Pomiar	LATO				SEZON PRZEJŚCIOWY				ZIMA			
	ceramiczny	żarowy	mata el.	podłogowe	ceramiczny	żarowy	mata el.	podłogowe	ceramiczny	żarowy	mata el.	podłogowe
Temperatura skóry												
4. dzień	32,9 ^{ab}	31,2 ^{acd}	33,4 ^d	33,8 ^{bc}	32,3 ^{ab}	29,7 ^{acd}	32,7 ^d	33,4 ^{bc}	31,1 ^{ab}	28,7 ^{acd}	31,2 ^d	32,5 ^{bc}
14. dzień	33,8	33,4 ^a	33,7	34,0 ^a	33,6	32,7 ^a	33,1	33,7 ^a	31,8	31,8 ^a	32,0	32,7 ^a
Poziom tyroksyny	25,5 ^{ab}	35,5 ^{acd}	19,9 ^d	19,0 ^{bc}	27,7 ^{ab}	38,6 ^{acd}	23,6 ^d	22,9 ^{bc}	31,3 ^{ab}	41,1 ^{acd}	28,8 ^d	27,3 ^c

aa, bb – różnice statystycznie istotne przy P≤0,05

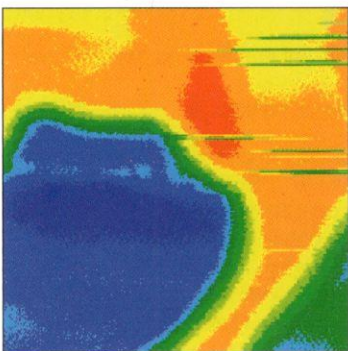
Wspomnieć też należy o wykorzystaniu energii słonecznej w produkcji zwierzęcej. Pierwsze z przeprowadzonych doświadczeń wskazują na duże możliwości ograniczenia zużycia energii elektrycznej pobieranej z sieci. Systemy ogniw fotowoltaicznych wspomagają zasilenie takich odbiorników, jak pompy, wentylatory i lampy. Optycalność, jak i zakres użycia zależy w głównej mierze od nagromadzonej mocy systemu. Najnowsze ogniwa, wykorzystujące technologię bezkrzemową, są znacząco tańsze w zakupie i z pewnością będą przyczyną przełomu, jaki zajdzie w zastosowaniu tych źródeł. Niewątpliwym atutem baterii słonecznych jest możliwość zastosowania ich tam, gdzie nie ma dostępu do sieci energetycznej, czyli w systemach pastwiskowych. Ogniwa mogą zasilać elektryczne ogrodzenia, czyniąc je w zasadzie bezobsługowymi, pompy do wody, oświetlenie, czy nawet urządzenia monitorujące przesyłające sygnały drogą radiową.

Biomonitoring i sterowanie produkcją zwierzęcą

Z pojęciem rolnictwa precyzyjnego wiążą się bezpośrednio kwestie biometrycznego pomiaru funkcji biofizycznych zwierząt, mierzonych w celu monitoringu zdrowia, ale również dla bezpośredniego sterowania choćby jakością parametrów środowiska. Zagadnienia te, rozwijane początkowo jako metody telemetrycznego pomiaru dobrostanu zwierząt, przy aktualnym stanie techniki badane są pod kątem zastosowań produkcyjnych. Telemetryczny pomiar parametrów biofizycznych realizowany jest przez elektrody pomiarowe przyklejane do zwierzęcia bądź wprowadzane pod skórę. Dzięki zminiaturyzowanym przetwornikom i nadajnikowi cyfrowemu, uzyskane sygnały przekazywane są do modułu przetwarzającego, archiwizującego i wizualizującego odpowiednie przebiegi [11].

Obok chipów umieszczanych pod skórą i wysyłających drogą radiową sygnał, przykładowo o liczbie oddechów w jednostce czasu, będący daną dla sterownika systemu wentylacji, są też dużo prostsze rozwiązania, mogące już teraz z pełną niezawodnością wejść do użycia. Na szczególną uwagę zasługują prace, które wykorzystują pomiary termiki powłok skórnych czy zewnętrznych narządów zwierząt. Realizowane badania termowizyjne potwierdzają możliwości termicznej detekcji urazów kończyn, prepatologicznych stanów zapalnych, wystąpienie rui, czy stresu termicznego w kojcu lub na stanowisku. Dzięki znaczącemu rozwojowi techniki czujników podczerwieni sprzęgniętych z prostymi przetwornikami cyfrowymi, odpowiednio umieszczone

czytniki mogą rejestrować wszystkie te zdarzenia, bezpośrednio sygnalizując wizualnie lub przesyłając informację do programu zawiadującego stadem. Główny ciężar badań polega tu na powiązaniu odpowiednich termogramów ze stanem zdrowia oraz dobową i fizjologiczną zmiennością termiki danego obszaru. Z punktu widzenia techniki, głównym problemem jest lokalizacja czytnika, jego czułość i niezawodność.



Fot. 2. Termowizyjny obraz wymienia i tylnej kończyny krowy leżącej na stanowisku bezściołowym

Rozwój grupowych systemów utrzymania obniżył koszty i nakłady na robociznę, poprawiając dobrostan zwierząt. Utrudnił jednak dozór zwierząt, kontrolę stanu ich zdrowia oraz szereg niezbędnych produkcyjnych inspekcji. Sytuacja ta stwarza potrzebę lepszego monitoringu zwierząt i autoregulacji wyposażenia. Dotyczy to także utrzymywania zwierząt w systemie pastwiskowym, na oddalonych od gospodarstwa kwaterach. Przykładem rozwiązań



Fot. 3. Zautomatyzowane kurnikowozy zasilane energią słoneczną na pastwisku

w tym zakresie jest system monitoringu stworzony na potrzeby kurnikowozów, mogący jednak znaleźć zastosowanie także dla innych gatunków.

Do standardowego wyposażenia kurnikowozu należą poidła automatycznie zasilane ze zbiornika, system przeciwoblodzeniowy, oświetlenie regulujące dzień świetlny, system wentylacji, automatycznie otwierane wyjścia oraz elektryczne ogrodzenie. Wszystkie te systemy zaopatrzone są w programatory i niezależne czujniki, kontrolujące sprawność ich działania. Wraz z obrazem TV sygnały te przekazywane są drogą radiową do komputera, umieszczonego w gospodarstwie. Brak odpowiedniego sygnału lub jego nienormalne wartości, jak choćby w przypadku ogrodzeń elektrycznych, powodują uruchomienie alarmu. Całość systemu zasilana jest energią słoneczną, co czyni go niezależnym od sieci energetycznej. W chwili obecnej trwają próby nad przełożeniem opracowanych systemów na rozwiązania mikroprocesorowe.

Podsumowanie

Nieustający postęp techniki cyfrowej połączony z miniaturyzacją urządzeń, wykorzystanie do niedawna jeszcze wyłącznie wojskowych czy kosmicznych technologii połączone z masową, taną produkcją, stwarza wiele możliwości do poprawy efektywności produkcji zwierzęcej właśnie w jej technologicznym wymiarze. Wymaga to jednak współdziałania z rzeszą specjalistów spoza dziedzin biologii. Tego rodzaju prace, choć kosztowne, przynoszą w końcu wymierny, szeroki efekt. Czy będą to rozwiązania poprawiające produktywność, czy chroniące środowisko lub dobrostan zwierząt, nie powinno sprawiać nam różnicy, gdyż wszystkie te aspekty są obecnie na równi ważne.

Literatura: 1. Bikker P., 1998 – Pig Progr., vol. 14, no 5, 37. 2. Canh T.T., Aarnink A.J.A., Schutte J.B., Sutton A., Langhout D.J., Verstegen M.W.A., 1998 – Livestock Prod. Sci., vol. 56, no 3, 181-191. 3. Cromwell G.L., Turner L.W., Taraba J.L., Gates R.S., Lindemann M.D., Traylor S.L., Dozier W.A., Monegue H.J., 1998 – Environmental Research Category, Final Report – October 1. 4. Ferket P.R., van Heugten E., van Kempen T.A.T.G., Angel R., 2002 – J. Anim. Sci. 80, Suppl. 2, 168-182. 5. Herbut E., Bieda W., Sosnowka-Czajka E., Herbut P., 2000 – Einfluss vom Wärmeaustauscher das Mikroklima der Broileranlage sowie Hanchen-productivitat. Mat. konf. polsko-niem. Balice 3-4.07, 311-312. 6. Jeppsson K.H., 1998 – Swedish J. Agric. Research, vol. 28, no 4, 197-206. 7. Le Bellego L., van Milgen J., Dubois S., Noblet J., 2001 – J. Anim. Sci. 79, 1259-1271. 8. Monteny G.J., Erisman J.W., 1999 – Netherlands Journal of Agricultural Science, vol. 46, Iss 3-4, 225-247. 9. Monteny G.J., Schulte D.D., Elzing A., Lamaker E.J., 1998 – Transactions of the ASAE, vol. 41, Iss 1, 193-201. 10. Walczak J., Herbut E., Krawczyk W., Szweczyk A., Muchacka R., 2004 – Annals of Anim. Sci., Suppl. 1, 209-212. 11. Walczak J., 2004 – Annals of Anim. Sci., Suppl. 1, 271-274. 12. Walczak J., 2006 – Sci. Mess., vol. 8, no 2, 259-271. 13. Walczak J., 2007 – Annals of Anim. Sci., Suppl. 1, 147-150.