

Zastosowanie kamery termograficznej w ocenie termoregulacji u zwierząt gospodarskich

Dorota Godyń

*Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,
Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej,
32-083 Balice k. Krakowa*

Wykorzystanie kamer termowizyjnych staje się w ostatnich latach coraz bardziej popularne i zyskuje ciągle nowe możliwości zastosowań. Nie dziwi zatem fakt, że nowoczesne kamery termograficzne, zapewniające szybki, bezinwazyjny i dokładny pomiar temperatury badanego obiektu, są wykorzystywane również w badaniach powierzchni ciała zwierząt gospodarskich.

Użycie nowoczesnego sprzętu do pomiarów termograficznych ma szczególne znaczenie w badaniach termoregulacji i gospodarki cieplnej u różnych gatunków zwierząt. Badania te stanowią źródło informacji o stratach ciepła, ukrwieniu skóry, izolacji termicznej, jaką stanowi tkanka tłuszczowa czy okrywa włosowa, a także umożliwiają ocenę wpływu warunków środowiska na ciało zwierzęcia.

Termografia

Rozwój termografii datuje się na początek XIX w., kiedy to angielski astronom Friedrich Wilhelm Herschel wykazał istnienie niewidzialnego promieniowania, nazwanego z czasem „promieniowaniem podczerwonym” (Ring, 2007). Pierwsze detektory promieniowania podczerwonego zostały opracowane w latach czterdziestych XX w. Urządzenia te były wykorzystywane głównie w wojsku i przemyśle. W latach 60., wraz z rozwojem kolorowych obrazów termicznych, nowa metoda znalazła wiele zastosowań w badaniach medycznych, a później również w weterynarii (Ring, 2007).

Promieniowanie cieplne powstaje podczas ruchu naładowanych elektrycznie cząstek materii. Każde ciało o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego emituje promieniowanie w paśmie podczerwieni, a jego intensywność zależy od temperatury i cech powierzchni ciała (Vollmer i Möllmann, 2010).

Kamera termograficzna jest urządzeniem do wykrywania, przetwarzania i zapisywania natężenia promieniowania podczerwonego. Najbardziej zaawansowaną technologicznie częścią kamery jest detektor. W nowoczesnych kamerach termograficznych detektor ma najczęściej postać matrycy, składającej się z mikrodetektorów (pikseli); w każdym z nich jest generowany sygnał elektryczny, proporcjonalny do padającego promieniowania. Sygnały z poszczególnych mikrodetektorów są zbierane przez układ odczytu, a następnie podlegają elektronicznej obróbce na postać cyfrową. Wartości temperatur poszczególnych punktów ulegają zamianie na piksele macierzy obrazu. Poprzez zastosowanie palety kolorów termogramy mają postać kolorowych map, gdzie każdy kolor koresponduje z określoną wartością temperatury. Otrzymane termogramy mogą podlegać dalszym analizom, dzięki specjalnie zaprojektowanym do tego celu programom komputerowym (Kruczek, 2002; McCafferty, 2007).

Ważnym elementem pomiarów termograficznych jest dostosowanie parametrów obserwacyjnych do środowiska, w którym pracuje kamera. Przed dokonaniem pomiaru powinny być uwzględnione czynniki, takie jak: temperatura powietrza, atmosfera, wilgotność względna,

odległość kamery od badanego obiektu oraz emisyjność badanej powierzchni (Karwat, 2008).

Termoregulacja

U zwierząt stałocieplnych decydującym czynnikiem prawidłowego funkcjonowania termoregulacji jest równowaga pomiędzy wytwarzaniem ciepła metabolicznego a jego oddawaniem do otoczenia poprzez parowanie, przewodzenie, konwekcję i promieniowanie (Morgan i in., 1997). Utrzymywanie zrównoważonego bilansu cieplnego jest możliwe dzięki różnym mechanizmom i pracy wielu narządów. Ogólnie, elementy układu termoregulacji można podzielić na: termoreceptory, termodetektory, ośrodek termoregulacji oraz efekторы. Rolą ośrodka termoregulacji (zlokalizowanego w podwzgórze) jest odbieranie informacji o temperaturze z różnych obszarów ciała oraz – poprzez efekторы – regulacja wytwarzania lub usuwania ciepła. Szczególnie ważnym efektem termoregulacji jest układ krążenia. Utrata ciepła do otoczenia na drodze promieniowania, konwekcji i przewodzenia zależy głównie od wielkości skórno-przepływu krwi oraz od temperatury krwi tętniczej. Powłoka ciała charakteryzuje się zmiennym ukrwieniem. Bódcze zimna powodują obkurczenie naczyń skóry i następnie przemieszczenie krwi do głębiej zlokalizowanych naczyń krwionośnych. Efektem jest mniejsze oddawanie ciepła do otoczenia. Działanie bódców cieplnych skutkuje natomiast większym przepływem krwi w skórze, jej wyższą temperaturą oraz większym oddawaniem ciepła (Krzymowski i Przała, 2005). Poza wielkością przepływu krwi, temperatura skóry jest także uzależniona od intensywności metabolizmu tkanek oraz grubości tkanki tłuszczowej (Fita i in., 2007). Na temperaturę skóry i stopień oddawania ciepła mają również wpływ rodzaj i barwa okrywy włosowej (Mader i in., 2006).

Poza autonomicznymi reakcjami termoregulacyjnymi, związanymi głównie z aktywnością podwzgórzowych ośrodków regulacji ciepła, istnieją zmiany behawioralne, związane ze świadomym odczuciem ciepła lub zimna. Kluczową rolę w behawioralnej regulacji ciepła odgrywa kora mózgowa. W tego typu termoregulacji organizm zwierzęcia wykorzystuje otaczające

środowisko – w zależności od sytuacji – jako źródło lub jako pochłaniacz ciepła (Schmidt-Nielsen, 1997).

Zjawisko wymiany ciepła między ciałem zwierzęcia a otoczeniem musi być brane pod uwagę szczególnie w alkierzowym systemie utrzymania. Mikroklimat budynku, w którym przebywają zwierzęta, powinien zapewniać im komfort termiczny, czyli taki stan, gdy przemiana energii, zużycie tlenu oraz parowanie pozostają na najniższym poziomie (Ewing i in., 1999). Poza normatywne wartości, dotyczące zwłaszcza temperatury i wilgotności powietrza, powodują wzmożony wysiłek adaptacyjny organizmu zwierzęcia, skutkujący obniżeniem produktywności i poziomu dobrostanu (Berman, 2011).

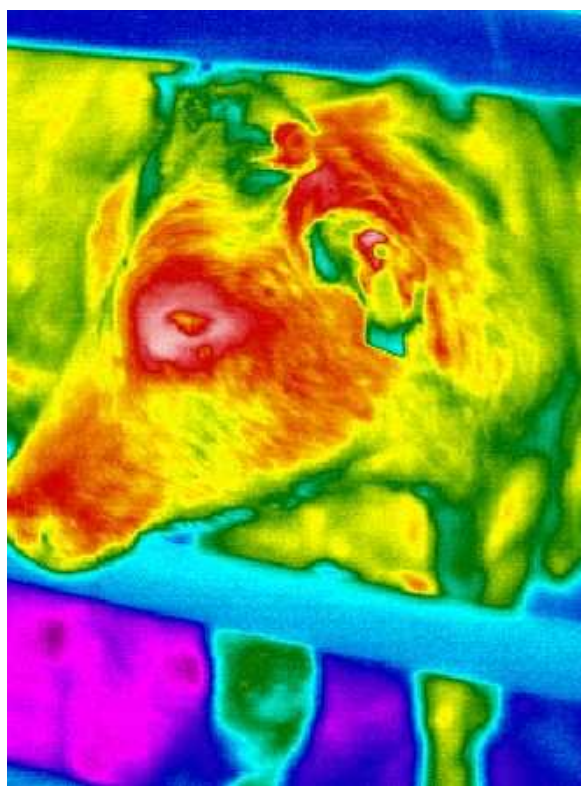
Zastosowanie termografii w ocenie termoregulacji zwierząt

Tworzenie termogramów w czasie rzeczywistym, dobra rozdzielczość przestrzenna i czułość termiczna najnowszych urządzeń, a przede wszystkim możliwość ustalenia temperatury badanego obszaru w wielu miejscach jednocześnie sprawiają, że kamera termograficzna jest bardzo dobrym narzędziem diagnostycznym w ocenie gospodarki cieplnej u zwierząt.

Badania z użyciem kamery na podczerwień przeprowadzili Autio i in. (2006). W tym doświadczeniu autorzy porównywali wielkość strat ciepła z poszczególnych obszarów ciała u różnych typów koni (zimnokrwiste, lekkie, gorąco-krwiste, kuce). Do obliczeń użyto programu komputerowego, wykorzystującego prawo Boltzmanna. Badania były przeprowadzone w pomieszczeniu o temperaturach powietrza, wynoszących około 15, 2 i -8°C. Nie stwierdzono różnic pomiędzy typami koni, biorąc pod uwagę straty ciepła z obszaru tułowia, szyi czy wewnętrznych powierzchni kończyn, przy temperaturze powietrza wynoszącej 15°C. W okresach oddziaływania niskiej temperatury powietrza zaobserwowano wyższy stopień utraty ciepła u koni typu lekkiego i gorąco-krwistych. Autorzy sugerują, że te dwa typy wymagają większej troski w okresie chłódów.

Zotti i in. (2011) zastosowali termografię do określenia komfortu termicznego bydła. Analizy obejmowały wpływ temperatury powie-

trza na emisję ciepłą poszczególnych rejonów ciała, na temperaturę rektalną oraz ilość oddechów. W badaniach tych stwierdzono wysoką korelację pomiędzy wartościami temperatury otoczenia a temperaturą badanych termograficznie obszarów ciała. Autorzy stwierdzili także zależność pomiędzy temperaturą skóry a temperaturą rektalną i ilością oddechów. W tym aspekcie dostrzeżono wysoką korelację pomiędzy temperaturą rąk a temperaturą wewnętrzną i ilością oddechów. Badacze wnioskują, że termograficzne obrazy rąk mogą stanowić główny wskaźnik komfortu termicznego u bydła.



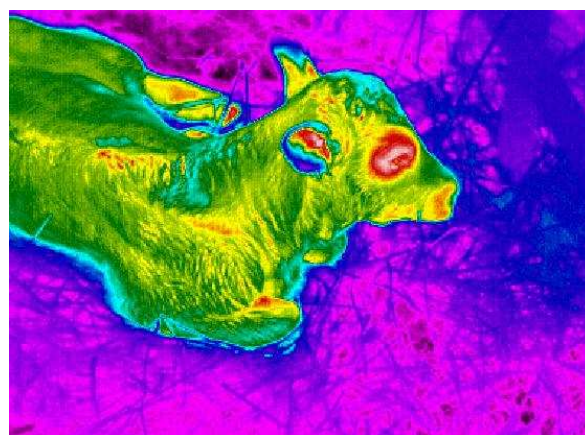
Fot. 1. Termogram krowy
Fig. 1. Thermogram of the cow

Poikalainen i in. (2012) przeprowadzili pilotowe doświadczenia w celu ustalenia różnic w emisji ciepłej poszczególnych rejonów ciała u bydła. Zwierzęta przebywały w pomieszczeniu o temperaturze powietrza wynoszącej około 9°C. Na podstawie analizy termogramów autorzy stwierdzili występowanie najwyższej temperatury w okolicach oka i wymienia. Wyższa temperatura notowana była również w rejonie warstwy koronowej rąk.

Celem pracy Montanholi i in. (2008) by-

ło ustalenie zależności pomiędzy temperaturą skóry a produkcją ciepła i metanu u krów. Do rejestrowania emisji ciepłej poszczególnych rejonów ciała (tułowia, zadu i rąk – tylna płaszczyzna) użyto kamery termograficznej, natomiast do pomiaru tlenu i metanu zastosowano metodę kalorymetrii pośredniej. Autorzy stwierdzili, że istnieje możliwość oceny emisji metanu poprzez analizę różnic w temperaturze skóry bydła, mierzonej po posiłku po prawej i lewej stronie tułowia. Niemniej jednak, szczególnym efektem tego doświadczenia było stwierdzenie wysokiej korelacji pomiędzy produkcją ciepła a temperaturą rąk.

Temperatura rąk u owiec była tematem pracy D'Alterio i in. (2011). Badacze, analizując termogramy, wykazali istnienie rytmicznych zmian temperatury w obrębie rąk u owiec w ciągu dnia. Sugerują oni, że dzięki pomiarom emisji ciepłej dalszych partii kończyn możliwe są do uchwycenia zmiany i zakłócenia w obwodowym krążeniu krwi, które mogą stanowić dodatkowe źródło informacji o stanie zdrowia zwierzęcia.



Fot. 2. Termogram cielęcia
Fig. 2. Thermogram of the calf

Badania z wykorzystaniem kamery termograficznej przeprowadzono również na prosiątach w okresie pierwszych godzin życia (Redaelli i in., 2011). Zapisy termograficzne rejestrowane były co 20 sekund. Poza skórą nowo narodzonych prosiąt, autorzy analizowali także rozkład temperatury na wymieniu lochy oraz temperaturę ściółki w kojcu porodowym. Najwyższa temperatura skóry prosiąt była notowana w trakcie porodu (około 39°C) oraz podczas pobierania siary (około 35°C). Autorzy podkreślają

zalety bezinwazyjnej metody badawczej, jaką jest termografia w ocenie termoregulacji prosiąt w okresie pierwszych minut życia, jak również sugerują, że ta metoda może być niezbędna przy wyborze najlepszych rozwiązań, poprawiających komfort termiczny oseszków.

Wysoka temperatura powietrza w okresie odchowu świń jest konieczna tylko w pierwszych tygodniach życia prosiąt. Starsze zwierzęta, z uwagi na ograniczoną możliwość oddawania ciepła przez skórę (parowanie), nie powinny być narażane na działanie wysokiej temperatury. Brown-Brandl i in. (2012), wykorzystując termografię, przeprowadzili pomiary temperatury skóry tułowia u tuczników. Po dokonaniu obliczeń autorzy ustalili, że górny próg strefy termicznego komfortu dla świń mieści się w przedziale od 20,4 do 22,8°C.

Schmidt i in. (2013) analizowali temperaturę skóry loch z 8 obszarów ciała. Autorzy szukali zależności pomiędzy temperaturą skóry a temperaturą wewnętrzną. W badaniach tych porównywano także wartości temperaturowe, uzyskane podczas badania powierzchni ciała kamerą termograficzną i termometrem na podczerwień. Temperatura mierzona w okolicy oka i ucha, według tych autorów, może być dobrym wskaźnikiem temperatury całego ciała, zarówno przy pomiarach kamerą, jak i termometrem na podczerwień. Wartości temperatury rektalnej nie korespondowały z wartościami temperatury skóry u zdrowych samic. W przypadku chorych

loch wzrost temperatury wewnętrznej był porównywalny ze wzrostem temperatury skóry.

Kamerę termograficzną stosowano także w badaniach wymiany ciepła u kurcząt karmionych paszami o różnej zawartości energii (Ferreira i in., 2011). Na podstawie zarejestrowanych termogramów autorzy dokonywali analizy temperatury powierzchni ciała 1–7-dniowych ptaków. Rezultaty badań ukazały zależność pomiędzy energetycznością paszy a ilością oddawania ciepła przez ptaki. Kurczęta karmione paszą z dodatkiem oleju sojowego charakteryzowały się mniejszą utratą ciepła niż ptaki karmione paszą mniej energetyczną.

Podsumowanie

Innowacyjne technologie w znacznym stopniu przyczyniają się do rozwoju nauki o zwierzętach. Obecnie jednym z najważniejszych wyzwań w tym zakresie jest ustalenie wiarygodnych metod oceny ogólnego stanu zwierzęcia, nie powodujących dodatkowego stresu. Wpływ temperatury powietrza, określenie strefy komfortu termicznego, przewidywanie wystąpienia stresu termicznego u zwierząt, jak również testowanie różnego rodzaju rozwiązań technologicznych, poprawiających warunki termiczne chowu, mogą być z powodzeniem oparte na szybkich, dokładnych i nieinwazyjnych pomiarach termograficznych.

Literatura

Autio E., Neste R., Airaksinen S., Heiskanen M.L. (2006). Measuring the heat loss in horses in different seasons by infrared thermography. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.*, 9: 211–221.

Berman A. (2011). Invited review: Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? *J. Dairy Sci.*, 94 (5): 2147–2158.

Brown-Brandl T.M., Eigenberg R.A., Purswell J.L. (2012). Determining heat tolerance in finishing pigs using thermal imaging. *Proc. 9th Int. Livestock Environment Symp. (ILES IX)*. ASABE; <http://cigr.ageng2012.org/documentos/orales/O-SPC05.pdf>

D'Alterio G., Casella S., Gatto M., Ganesella M., Piccione G., Morgante M. (2011). Circadian rhythm

of foot temperature assessed using infrared thermography in sheep. *Czech J. Anim. Sci.*, 56: 293–300.

Ewing S.A., Lay D.C., Borell E. von (1999). *Essentials of farm animal well-being: stress physiology, animal behavior and environmental design*. Prentice Hall, New Jersey, pp. 206–212.

Ferreira V.M.O.S., Francisco N.S., Belloni M., Aguirre G.M.Z., Caldara F.R., Nääs I.A., Garcia R.G., Almeida Paz I.C.L., Polycarpo G.V. (2011). Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, 13, 2: 113–118.

Fita K., Dobrzyński M., Całkosiński I., Dudek K., Bader-Orłowska D. (2007). The usefulness of the

- thermography in medical-dental diagnostic – the author's experiences. *Ann. Acad. Med. Stetin.*, 53, Suppl., 3: 34–38.
- Karwat T. (2008). Termowizja – zasady ogólne, środowisko pomiarowe, budowa kamer, przykłady zastosowania. *Izolacje*, 13, 5: 33–36.
- Kruczek T. (2002). Analiza wpływu czynników zewnętrznych na wyniki termowizyjnego pomiaru temperatury. *Mat. V Konf.: Termografia i termometria w pdczerwieni*, Łódź-Ustroń Jaszowiec; ss. 327–332.
- Krzymowski T., Przała J. (2005). *Fizjologia zwierząt*. Wyd. Rol. i Leśne, 760 ss.; ISBN 9788309017929.
- Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J Anim Sci.*, 84 (3): 712–719.
- McCafferty D.J. (2007). The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mamm. Rev.*, 37: 207–223.
- Montanholi Y.R., Odongo N.E., Swanson K.C., Schenkel F.S., McBride B.W., Miller S.P. (2008). Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *J. Therm. Biol.*, 33 (8): 468–475.
- Morgan K., Ehrlemark A., Sallvik K. (1997). Dissipation of heat from standing horses exposed to ambient temperatures between -3°C and 37°C. *J. Therm. Biol.*, 22: 177–186.
- Poikalainen V., Praks J., Veermae I., Kokin E. (2012). Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research: Biosystem Engineering, Special issue*, 1: 187–194.
- Redaelli V., Farish M., Luzi F., Baxter E. (2011). Demonstration of thermoregulatory control of piglets during farrowing by infrared thermography. *Proc. 5th Int. Conf. on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level, WAFL 2011*, page 88; Campbell Centre for the Study of Animal Welfare, University of Guelph, Ontario, Canada, August 8th–11th 2011; DOI: 10.3921/978-90-8686-738-7.
- Ring E.F.J. (2007). The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared Phys. Techn.*, 49 (3): 297–301.
- Schmidt M., Lahrmann K.H., Ammon C., Werner B., Schön P., Hoffmann G. (2013). Assessment of body temperature in sows by two infrared thermography methods at various body surface locations. *J. Swine Health Prod.*, 21 (4): 203–209.
- Schmidt-Nielsen K. (1997). *Fizjologia zwierząt. Adaptacja do środowiska*. Wyd. Nauk. PWN, 752 ss.; ISBN 978-3-527-40717-0.
- Vollmer M., Möllmann K.P. (2010). *Infrared thermal imaging: Fundamentals, research and applications*. Weinheim. Wiley-vch, 328 ss.; ISBN 978-3-527-40717-0.
- Zotti C., Toledo L.M. de, Oltramari C., Miranda M.S. de, Ambrosio L.A., Silva I.J.O. da, Arcaro I. Jr. (2011). Infrared thermography as an alternative measurement of thermal comfort in dairy heifers. *Animal hygiene and sustainable livestock production. Proc. XVth Int. Congr. of the International Society for Animal Hygiene, Vienna, Austria, 3–7 July 2011*, 2: 747–749; ISBN 978-80-263-0009-0.

APPLICATION OF INFRARED THERMOGRAPHIC CAMERA FOR ASSESSING THERMOREGULATION STATUS IN FARM ANIMALS

Summary

Nowadays, one of the major demands in the area of animal research is to establish reliable methods for assessing the general condition of animals without causing additional stress. The solution could be an infrared thermographic camera. There are many applications of infrared thermography in the field of animal production. Changes in peripheral blood flow cause changes in skin temperature, and these can be detected by the latest generation of thermographic cameras. Due to this fact, the thermoregulatory status of animal, thermal stress or influence of environmental temperature can be evaluated using this method. However, further research in using thermography in various animal species is needed. The aim of this paper is to present the results of recent studies using thermography to evaluate thermal status of animals.

Fot. w art.: D. Godyń