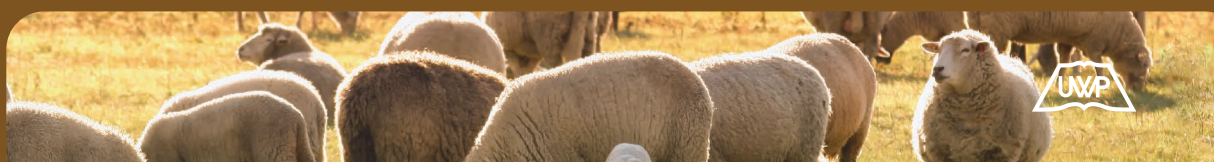
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Monografia
XXVIII Międzynarodowa Konferencja Studenckich Kół Naukowych
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 25–26 kwietnia 2024 r.

Problematyka nauk przyrodniczych i technicznych – Tom 7



Monografia
XXVIII Międzynarodowa Konferencja Studenckich Kół Naukowych
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 25–26 kwietnia 2024 r.

Problematyka nauk przyrodniczych i technicznych - Tom 7

UWP

REDAKCJA NAUKOWA:

Przewodniczący – prof. dr hab. inż. Damian Knecht

Członkowie: dr hab. inż. Janina Zawieja
dr Elżbieta Szopińska
prof. dr hab. Artur Niedźwiedź
dr hab. inż. Paweł Lochyński, prof. uczelni
dr inż. Przemysław Pokorny

Opracowanie redakcyjne i korekta
Magdalena Kozińska-Skrzypiec

Okładka i łamanie
Paweł Wójcik

Wszystkie opublikowane rozdziały otrzymały pozytywne recenzje

Monografia zawiera zbiór tematycznych prac prezentowanych przez uczestników podczas XXVIII Międzynarodowej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, która odbyła się w dniach 25–26 kwietnia 2024 roku na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Zawarte w niniejszej publikacji artykuły zostały zamieszczone na odpowiedzialność ich autorów, którzy przesłali ich treści organizatorom konferencji oraz zatwierdzili poprawki recenzentów.

Publikacja jest dostępna w systemie OPEN ACCES

ISBN 978-83-7717-401-2

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU
ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel. 71 328 12 77
e-mail: wydawnictwo@upwr.edu.pl

Ark. wyd. 10,3

Spis treści

Agata Danielewicz, Julia Chomko
PRZODKOWIE I CECHY POKROJOWE KONI MAŁOPOLSKICH..... 7

Agata Danielewicz, Daniel Wysokiński
WIELBŁĄDZIE RANCZO – CZY TO MOŻLIWE W POLSCE?..... 17

Rozalia Kowal
WPŁYW DODATKÓW WZMACNIAJĄCYCH INTEGRALNOŚĆ JELIT I STABILIZUJĄCYCH MIKROFLORĘ PRZEWODU POKARMOWEGO NA PARAMETRY ŚCIÓŁKI W ODCHOWIE KURCZĄT BROJLERÓW 34

Mateusz Nosek
PROBLEMATYKA KONSERWACJI SYMBOLIKI W ARCHITEKTURZE KRAJOBRAZU 43

Damian Felkel, Krystian Grześkowiak
ZASTOSOWANIE TENSOMETRU OPOROWEGO WYKONANEGO Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII DRUKU 3D DO POMIARU SIŁ W ŁOŻYSKU 52

Magdalena Kocurek
OPRACOWANIE, BUDOWA ORAZ IMPLEMENTACJA SYSTEMU DO REALIZACJI JEDNOOSIOWEJ PRÓBY ROZCIĄGANIA..... 61

Agata Danielewicz, Barbara Rytel
TERAPIA PIJAWKOWA. PRAKTYKA PRACOWNI SENSORYKI I REHABILITACJI ZWIERZĄT UWS 79

Julia Horla, Paulina Eitelthaler, Julia Rafalska, Katarzyna Szulczyńska
BADANIE PARAZYTOLOGICZNE I MIKROBIOLOGICZNE KAŁU PSÓW POBRANEGO NA TERENACH ZIELONYCH WROCŁAWIA, W CELU DOKONANIA OCENY POTENCJALNEGO ZAGROŻENIA ZOONOTYCZNEGO 93

Weronika Jacuńska
CO W KARMIE PISZCZY? OCENA ZBILANSOWANIA KARM DLA PSÓW ZAWIERAJĄCYCH OWADY JADALNE 103

Dorota Pelan, Marta Płoska, Gabriela Wołowiec

PARAZYTOFAUNA JELITOWA DZIKICH PRZEŻUWACZY: SARNY EUROPEJSKIEJ (*CAPREOLUS CAPREOLUS*) I KOZICY PÓŁNOCNEJ (*RUPICAPRA RUPICAPRA*) ZAMIESZKUJĄCYCH KARPATY RUMUŃSKIE..... 115

Jakub Witkowski, Adrianna Neczyńska

CHARAKTERYSTYKA CECH OPORNOŚCI NABYTEJ BAKTERII GRAM-UJEMNYCH W WODACH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW WE WROCŁAWIU..... 123

Zuzanna Cieślik, Zofia Chałupniczak

CZY RACHUNKOWOŚĆ JEST POTRZEBNA ROLNIKOWI?..... 130

Piotr Krasnodębski, Paweł Krasnodębski

ROLNICTWO PRECYZYJNE W PRAKTYCE GOSPODARSTWA ROLNEGO 138

PRZODKOWIE I CECHY POKROJOWE KONI MAŁOPOLSKICH

Agata Danielewicz, Julia Chomko*

Uniwersytet w Siedlcach, Studenckie Koło Naukowe Sympatyków Zwierząt,
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

* e-mail: jc85384@stud.uws.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

Rasa koni małopolskich powstała na mocy rozporządzenia Ministra Rolnictwa z dnia 27 grudnia 1962 r. w sprawie prowadzenia ksiąg zwierząt zarodowych (Dz.U. 1963 nr 6 poz. 38), które łączyło we wspólną populację dotąd odrębne regionalne typy koni gorącokrwistych półkrwi – wcześniej nazywane końmi lubelskimi, kieleckimi, sądeckimi i dąbrowsko-tarnowskimi – utrzymywane na terenie ówczesnych województw: lubelskiego, płd. części kieleckiego, rzeszowskiego oraz krakowskiego.

Materiał badań genetyczno-populacyjnych stanowiły dokumenty koni małopolskich, zapisanych do kolejnych 7 tomów Księgi Stadnej Koni Małopolskich – Km)

W celu dokonania oceny wartości współczynnika odziedziczalności dla doskonalenia określonych cech – i związanego z tym uzyskania zamierzonego postępu hodowlanego – posłużono się badaniami Kownackiego [1], przyjmując, że wartość h2 mieszcząca się w przedziale od 0,01 do 0,20 jest nieistotna z hodowlanego punktu widzenia.

Realizację POZG Km rozpoczęto w praktyce od 2006 r. Z konieczności musiała ona opierać się na hodowlanym materiale koni małopolskich, w znaczącym stopniu już przekształconych z nieuniknionymi konsekwencjami natury hodowlano-gospodarczej „scalającym dolewem" rasy pełnej krwi angielskiej, więc konie te zmieniły pierwotną formę interieru i eksterieru.

Słowa kluczowe: koń małopolski, hodowla koni, postęp hodowlany

1. Wprowadzenie

Rasa koni małopolskich powstała na mocy rozporządzenia Ministra Rolnictwa z dnia 27 grudnia 1962 r. w sprawie prowadzenia ksiąg zwierząt zarodowych (Dz.U. 1963 nr 6 poz. 38), które łączyło we wspólną populację dotąd odrębne regionalne typy gorącokrwistych koni półkrwi – wcześniej nazywane były końmi lubelskimi, kieleckimi, sądeckimi i dąbrowsko-tarnowskimi – utrzymywane na terenie ówczesnych województw: lubelskiego, płd. części kieleckiego, rzeszowskiego oraz krakowskiego.

Wymienione typy rasowe cechowały się dość znaczną odrębnością pochodzeniową oraz fenotypową, przez co raczej nie spełniały ogółu wymogów zootechnicznych, pozwalających na określanie ich mianem „rasy koni małopolskich". Wobec braku możliwości prowadzenia odrębnej hodowli poszczególnych typów rasowych, ze względów omawianych w dalszych częściach niniejszego artykułu zastosowano „czynnik scalający", jakim stała się rasa koni pełnej krwi angielskiej, powszechnie używana w tworzeniu i doskonaleniu znaczącej większości ras „koni półkrwi" na świecie.

Spowodowało to wystąpienie szeregu negatywnych konsekwencji organizacyjno-hodowlanych dla hodowli koni półkrwi, zauważanych były zarówno przez hodowców-praktyków, jak i przez naukowe środowisko hipologiczne, które jednak nie były w stanie zapobiec postępującej degradacji liczbowego stanu omawianej populacji koni.

2. Współczynniki odziedziczalności

W celu dokonania oceny wartości współczynnika odziedziczalności dla doskonalenia określonych cech – i związanego z tym uzyskania zamierzonego postępu hodowlanego – należy posłużyć się stanowiskiem Kownackiego [1], który zakłada, że wartość h2 mieszcząca się w przedziale od 0,01 do 0,20 z hodowlanego punktu widzenia należy do niskiej i raczej „nieistotnej". Z kolei o średniej wartości omawianego współczynnika świadczy przedział rzędu od 0,21 do 0,40, natomiast wartości w granicach poziom 0,41 do 0,60 mają wysoce istotne znaczenie w doskonaleniu określonych predyspozycji pokrojowo-użytkowych u koni, a zdecydowanie wyższy poziom genetycznego uwarunkowania posiadają wartości współczynników odziedziczalności rzędu 0,61–0,80. Ponadto wartość h2 powyżej 0,81 jest wskaźnikiem niemal absolutnej pewności co do powziętej myśli hodowlanej, w zakresie doskonalenia danej cechy.

Według ustaleń wielu hipologów – zarówno krajowych, jak i zagranicznych, w zależności od zróżnicowania metod statystycznego szacowania – współczynnik odziedziczalności cech biometrycznych różnych populacji koni kształtuje się niejednorodnie. Odzwierciedleniem powyższego stwierdzenia jest zestawienie – sporządzone przez Kapronia [2] – przytaczające rezultaty badań, przeprowadzonych przez wymienionych autorów: Varo 1965, Watanabe i Shimoizaki 1964, Kownacki i wsp. 1969, Kownacki i wsp. 1971, Dušek 1966, 1970, Eriksson 1973, Brzeski 1966, Wrankmore 1975, Kaproń i wsp. 1992, 1993, Butler 1986, Seidlitz i wsp. 1991, Butler i wsp. 1992, Ohlson i wsp. 1994, Rastija 1993, Janiszewska i wsp. 1995, Lee i wsp. 1996, Erikson i wsp. 1998].

W obrębie wymienionego zestawienia odziedziczalność poszczególnych parametrów pokrojowych wielu grup koni kształtuje się na następujących poziomach: dla wysokości w kłębie – na poziomie niskim: konie japońskie, ogiery śląskie i konie zimnokrwiste, natomiast na średnim – źrebięta wielkopolskie, niemieckie konie półkrwi, sysaki-ogierki i 2-letnie ogiery pełnej krwi angielskiej oraz zimnokrwiste konie fińskie, ogiery wielkopolskie, konie szwedzkie i klacze śląskie. Z kolei wysoki poziom odziedziczalności omawianej cechy ustalono w przypadku: koni pełnej krwi angielskiej (oraz dodatkowo u 3-letnich ogierów i klaczek-sysaków tejże rasy), niemieckich koni półkrwi, klaczy wielkopolskich oraz koników polskich, koni hanowerskich i lipicańskich. Najwyższą odziedziczalność wysokości w kłębie stwierdzono u koni kladrubskich i półkrwi angielskiej, klaczy pełnej krwi angielskiej, przy czym apogeum (h2 = 0,83) tego wskaźnika osiągnęły klacze huculskie.

Z kolei wartość współczynnika odziedziczalności w odniesieniu do obwodu klatki piersiowej kształtowała się odpowiednio: na poziomie niskim – u koni zimnokrwistych, kladrubskich, źrebiąt wielkopolskich, ogierów 2-letnich i sysaków-ogierków pełnej krwi; na poziomie średnim – konie pełnej i półkrwi angielskiej, niemieckie konie półkrwi, ogiery huculskie i lipicańskie, konie wielkopolskie, hanowerskie, japońskie, zimnokrwiste konie fińskie, ogiery 3-letnie pełnej krwi angielskiej; na poziomie wysokim: konie wielkopolskie,

szwedzkie, śląskie, klacze 2- i 3-letnie pełnej krwi angielskiej, zaś na poziomie najwyższym: (h2 = 0,83) niemieckie konie półkrwi i (h2 = 0,86) klacze konika polskiego.

Współczynnik h2 obwodu nadpęcia – oszacowany również u wielu grup koni – układał się następująco: na poziomie niskim – u fińskich koni zimnokrwistych, koni wielkopolskich oraz klaczy konika polskiego; na poziomie średnim – u sysaków-ogierków pełnej krwi angielskiej, koni kladrubskich, półkrwi angielskiej, wielkopolskich, niemieckich półkrwi, koni śląskich, lipicańskich, zimnokrwistych i klaczy wielkopolskich; na poziomie wysokim – koni pełnej krwi angielskiej, ogierów wielkopolskich, klaczek-sysaków i 3-letnich ogierów pełnej krwi angielskiej, koni szwedzkich, hanowerskich, niemieckich półkrwi i lipicańskich. Z kolei h2 na poziomie wysoce znaczącym ustalono w przypadku koni wielkopolskich, klaczy huculskich oraz 2- i 3-letnich koni pełnej krwi angielskiej.

Odziedziczalność indeksu objętości przybierała wartości na następujących poziomach: średnim – u ogierów śląskich, klaczy huculskich i koni pełnej krwi angielskiej; na poziomie wysokim – w przypadku klaczy śląskich i koni wielkopolskich, a najwyższy poziom (h2 = 0,84) stwierdzono u klaczy konika polskiego.

Współczynnik odziedziczalności indeksu kościstości kształtował się na poziomie średnim u koni pełnej krwi angielskiej oraz wysokim – u klaczy śląskich, koni wielkopolskich i klaczy huculskich, natomiast odziedziczalność oceny pokroju kształtowała się w sposób następujący: na poziomie niskim – ogiery wielkopolskie, zaś na średnim – klacze wielkopolskie, ogiery śląskie, konie zimnokrwiste, trakeńskie, klacze konika polskiego i śląskie.

Współczynnik odziedziczalności masy ciała natomiast układał się na poziomie niskim – konie wielkopolskie; średnim – konie hanowerskie, zimnokrwiste konie fińskie, kladrubskie, wielkopolskie, półkrwi angielskiej i źrebięta wielkopolskie, a na poziomie wysokim – konie szwedzkie, pełnej krwi angielskiej oraz hanowerskie.

Odziedziczalność ocen za „typ" została oszacowana u koni hanowerskich oraz ardenów szwedzkich, gdzie stwierdzono jej średni poziom, podobnie jak u koni trakeńskich.

Najistotniejsze znaczenie mają wskaźniki odziedziczalności dla koni małopolskich, które podane zostały w opracowaniu Kapronia [2], gdzie osiągnęły następujące wartości (w badaniach z 1993 r.): wysokość w kłębie – na poziomie średnim u ogierów (h2 = 0,34) oraz dość wysokim u klaczy (h2 = 0,46); obwód klatki piersiowej – na poziomie średnim u ogierów (0,31) i wysokim u klaczy (0,63); obwód nadpęcia – na poziomie wysokim (0,62) u ogierów i średnim (0,39) u klaczy; indeks objętości – zarówno u ogierów, jak i klaczy, na poziomie średnim (wynoszącym odpowiednio 0,27 i 0,33) oraz indeks kościstości – na poziomie bardzo wysokim (h2 = 0,71) u ogierów i średnim (h2 = 0,38) u klaczy.

Zróżnicowane rezultaty w zakresie szacowania odziedziczalności cech pokrojowych osiągnęli także liczni zagraniczni autorzy – w znacznie późniejszych badaniach – otrzymując jednak znaczący rozrzut wartości współczynników odziedziczalności. Według Dario i wsp. [3] odziedziczalność w obrębie 1816 koni Murghese (905 klaczy i 911 ogierów) wyniosła: wysokość w kłębie (0,24 ± 0,167), obwód klatki piersiowej (0,39 ± 0,181), obwód nadpęcia (0,44 ± 0,186). Zbliżony zakres tego parametru oszacowali Sánchez i wsp. [4] – w badaniach dotyczących parametrów pokrojowych 2512 koni rasy andaluzyjskiej ustalając h2 w przypadku wysokości w kłębie rzędu 0,21, a dla obwodu nadpęcia – 0,30.

Warto zauważyć, że najwyższy poziom parametru h2 dla wysokości w kłębie stwierdzono w badaniach Hintza i wsp. [5] u źrebiąt pełnej krwi angielskiej (między 1. a 714. dniem życia

– h2 = 0,88 ± 0,05). Podobny ustalono u szwedzkich koni gorącokrwistych (h2 = 0,84) [6], u źrebiąt i młodzieży rasy fińskiej (0,89 ± 0,00) oraz kłusaków amerykańskich (0,89 ± 0,01) [7].

Najwyższy wynik stwierdzono jednak w badaniach Tamioso i wsp. [8], w grupie 1766 brazylijskich koni wojskowych (będących konglomeratem różnych ras i typów), mierzonych w różnych etapach ich rozwoju. Wynosiły one 0,98 ± 0,47 – konie między 300. a 340. dniem życia, zaś najniższy wskaźnik odziedziczalności wysokości w kłębie (0,08 ± 0,18) – zaobserwowano u koni w 18. miesiącu życia. Ponadto w ww. analizie ustalono także odziedziczalność w zakresie masy ciała, która ukształtowała się na poziomie niskim (0,04 ± 0,29) – u roczniaków oraz bardzo wysokim (0,77 ± 0,33) – u koni w wieku 15 miesięcy.

3. Materiał i metody

Materiał niniejszych badań stanowiła dokumentacja niespełna 9 tys. koni małopolskich, zapisanych do 7 tomów Księgi Stadnej Koni Małopolskich – Km w dziale pierwszym. Określenie rasowe „m" oraz szczegółowe oznaczenie rasy lub typu otrzymały konie, wpisane do Księgi Stadnej Koni Małopolskich, w jej kolejnych tomach. Parametry cech pokrojowych i użytkowych, takich jak:

a. wysokość w kłębie (cm),
b. obwód klatki piersiowej (cm),
c. obwód nadpęcia (cm),
d. bonitacja (pkt.) – zbiorcza ocena pokroju przyznawana za: typ, głowę i szyję, kończyny przednie, kończyny tylne, kopyta, chód oraz wygląd ogólny,
e. wyniki prób dzielności ogierów (ocena w skali: od niedostateczny – 2, poprzez dostateczny – 3, dobry – 4, bardzo dobry – 5, do wybitny – 6),
f. indeks objętości (%),
g. indeks kościstości (%),
h. masa ciała (kg).

Źródłem informacji o ww. wskaźnikach (wymienionych w ppkt. a–d i g, h) były w przypadku koni Km (klaczy i ogierów) – księgi stadne koni małopolskich, a u klaczy z POZG Km – dokumentacja okręgowych i wojewódzkich Związków Hodowców Koni. W przypadku ppkt. „e" powyższego zestawienia (czyli „wyników prób dzielności ogierów") uznano, że nie jest możliwe kompletne (wg niżej podanych założeń przewidzianych dla cech pokrojowych) opracowanie omawianego wskaźnika, ze względu na wielokrotne zmiany systemów prób dzielności ogierów półkrwi w analizowanym przedziale czasowym. Reprezentują one tak wielką zmienność merytoryczną, że jej uwzględnienie nie pozwoliło na oszacowanie parametrów genetycznych i wartości hodowlanej w obrębie zbyt nielicznych grup ogierów, poddawanych poszczególnym systemom prób dzielności.

Z kolei tzw. indeks objętości (indeks obwodu klatki piersiowej) oraz tzw. indeks kościstości (indeks obwodu nadpęcia) obliczono według wzorów:

Indeks objętości = obwód klatki piersiowej / wysokość w kłębie x 100%;

Indeks kościstości = obwód nadpęcia / wysokość w kłębie x 100%.

Masa ciała została obliczona według wzoru Barona:

Masa ciała = obwód klatki piersiowej (m) ^{3} x 80;

Charakterystykę cech pokrojowo-użytkowych opracowano statystycznie, gdzie ujęto: średnią arytmetyczną – $\bar{x}$, odchylenie standardowe – S, wartość maksymalną i minimalną danego parametru. Dokonano jej zarówno dla ogółu klaczy i ogierów Km oraz klaczy POZG Km, jak i w podziale na poszczególne tomy ksiąg stadnych. Różnice między średnimi pokrojowych cech koni – zapisanych do poszczególnych tomów Km – weryfikowano przez zastosowanie testu Studenta.

4. Omówienie wyników

4.1. Analiza struktury rasowej III pokolenia wstecznego rodowodów klaczy i ogierów, zapisanych do poszczególnych tomów ksiąg stadnych Km oraz klaczy z POZG Km

W analizie struktury rodowodowej pokolenia „pradziadków" omawianych grup koni wykazano obecność wielu ras i typów pochodzeniowo-użytkowych. Najliczniej występowała rasa m-xo, która stanowiła 22,4% (15 487 osobników) z 69 104 przodków omawianego pogłowia. Następnie w ilości 16,4% (11 364 osobników) znalazły się konie xo, zaś w 14,9% (10 317 osobników) – konie xx. Z kolei x stanowiła 9,5% (6557 osobników), konie NN/NU 7,1% (4878 osobników), zaś o 6,8% (4699 osobników). Poniżej 5% udziału w rodowodach koni posiadały konie: oo – 4,4%, xxoo i m-x po 3,2%, konie u.xo 2%, m-o 1,6%, konie u.x i konie uszlachetnione jedną z ras czystych po 1,5%, wlkp 1,4%. Pozostałe rasy i typy obecne były w udziale mniejszym od 1%.

Dominującą rasą wśród III pokolenia wstecznego klaczy Km jest rasa m-xo. Stanowi ona 21,7% (9560 osobników) grupy 44 104 przodków klaczy. Następne miejsca zajmują konie xo – 16% (7069 osobników), konie xx 15,5% (6860 osobników), konie x – 9,5% (4188 osobników), konie NN/NU 7,6% (3367 osobników) i konie półkrwi arabskiej – 6,5% (2881 osobników).

Konie m-xo zdecydowanie dominują wśród przodków klaczy Km, przy czym ich udział wynosi 25% w „żeńskiej" oraz 18,3% „męskiej" stronie rodowodów. Z kolei konie xo zajmują (zarówno po stronie ojcowskiej, jak i matecznej) podobny odsetek, który wynosi odpowiednio 16,4 oraz 15,6%.

4.2. Cechy pokrojowe klaczy i ogierów Km oraz klaczy z POZG Km

Średnia wartość parametru wysokości w kłębie dla potraktowanej całościowo populacji koni małopolskich (klaczy i ogierów Km oraz klaczy objętych programem) wyniosła 158,7 ± 6,93 cm. W przypadku klaczy Km zanotowano średnią wartość cechy na poziomie 157,4 ± 5,41 cm, z wartościami ekstremalnymi od 140 do 175 cm.

Ponadto należy stwierdzić, że w kolejnych tomach księgi stadnej Km poziom wysokości w kłębie systematycznie wzrastał – od 153,0 cm (tom I), poprzez 156,3 cm (tom IV), do 161,9 cm (tom VII cz. 3), przy czym różnice między średnimi dla poszczególnych tomów w zdecydowanej większości prezentowały najwyższy stopień statystycznej istotności.

W odniesieniu do ogierów Km średnia ww. parametru wyniosła 158,6 ± 5,33 cm, z wartościami granicznymi: minimum – 144 cm i maksimum – 174 cm. Ogiery również wykazały tendencję wzrostową w zakresie średnich wartości tego parametru, w obrębie poszczególnych tomów (tom I – 155,4 cm, tom IV – 157,5 cm, tom VII cz. 3 – 165,4 cm), a różnice między średnimi dla poszczególnych tomów Km w większości prezentowały poziom najwyższej istotności ($P \leq 0,001$ – jw.).

Stwierdzono także przewagę ogierów nad klaczami – w obrębie każdego z analizowanych tomów Km – co dowodzi ewidentnego dymorfizmu płciowego w przypadku omawianego gatunku zwierząt. Z kolei klacze objęte POZG Km uzyskały średnią cechy na poziomie 160,1 ± 10,06 cm, ze skrajnymi wartościami 151–174 cm.

W odniesieniu do średniego obwód klatki piersiowej – w obrębie analizowanej populacji koni małopolskich – wyniósł 189,1 ± 6,93 cm, przy czym wśród klaczy Km wartość ta uzyskała średni poziom rzędu 188,0 ± 8,36 cm, z minimum – 117 cm, a maksimum – 220 cm. W kolejnych tomach wartość omawianej cechy sukcesywnie wzrastała, od 181,8 cm (w tomie I) do 192,7 cm (w tomie VII cz. 2). W trzeciej części ostatniego tomu zmalała do 189,9 cm, a różnice między średnimi okazały się bardzo wysoko istotne statystycznie.

Podobną sytuację zaobserwowano w obrębie ogierów Km, gdzie średnia wartość tego wymiaru wyniosła 188,7 ± 7,21 cm (różnice pomiędzy klaczami a ogierami uzyskały najwyższy stopień istotności, z wyłączeniem dwóch ostatnich tomów), z wartościami skrajnymi 145–215 cm. Jednak po systematycznym przyroście średniej wartości cechy w poszczególnych tomach (185,6 cm – tom I, poprzez 188,1 cm – tom IV, do 192,0 cm – tom VII cz. 1), nastąpił spadek jej wartości w trzeciej części tomu VII (190,9 cm). Zaobserwowano także wysoce istotne różnice pomiędzy średnimi ($P \leq 0,001$– jw.).

Z kolei klacze z POZG Km cechowały się średnią wartością omawianego parametru na poziomie 190,52 ± 13,20 cm, z ekstremalnymi wartościami od 161 do 216 cm.

W odniesieniu do obwodu nadpęcia średnia wartość dla wszystkich koni wyniosła 20,1 ± 1,09 cm, z minimum – 12 cm (klacze Km), a maksimum – 24 cm (ogiery Km).

Klacze z ksiąg stadnych uzyskały średnią wartość tego wymiaru w wysokości 19,7 ± 0,95 cm. Wartości średnich w poszczególnych tomach Księgi Stadnej Km wzrastały w sposób równomierny (tom I – 19,0 cm, tom VI – 20,3 cm), aż do tomu VII cz. 2, kiedy uległy zmniejszeniu do średniej wartości 20,0 cm w 3. części ostatniego (VII) tomu.

Z kolei w obrębie ogierów zanotowano średnią wartość obwodu nadpęcia w wysokości 20,6 ± 0,92 cm, a średnie w kolejnych tomach wzrastały sukcesywnie, od 20,1 cm w tomie I do 21,4 cm w ostatniej części tomu VII. Zarówno różnice między średnimi klaczy i ogierów w obrębie tomów Km, jak i różnice pomiędzy średnimi klaczy i ogierów w obrębie danego tomu wykazały najwyższy stopień statystycznej istotności ($P \leq 0,001$).

Z kolei średni obwód nadpęcia klaczy z POZG Km wyniósł 20,0 ± 1,40 cm, z wartościami skrajnymi od 18 do 23 cm (maksimum), przy czym różnice między średnimi w tomach Km okazały się nieistotne statystycznie ($P \leq 0,05$).

W zakresie zbiorczej oceny pokroju średnia wartość wśród analizowanej populacji koni małopolskich wyniosła 78 ± 3,65 pkt. Najmniejszą bonitację – 67 pkt. – odnotowano w grupie klaczy Km, zaś największą – 99 pkt. – w grupie ogierów. Omawiana cecha wykazała w populacji klaczy Km wartość 76,8 ± 3,96 pkt., gdzie odnotowano także – w kolejnymi tomach Km – sukcesywny wzrost omawianego parametru (w większości przypadków istotny przy $P \leq 0,001$) od 74,8 pkt. (w I tomie), poprzez 76,5 pkt. (w IV tomie), do 78,7 pkt. (w VII tomie cz. 3.). Natomiast bonitacja u ogierów wyniosła średnio 78,8 ± 3,30 pkt. i cechowała się

dość zmiennymi wartościami parametru w obrębie kolejnych tomów (80,2 pkt. – tom I, 77,3 pkt. – tom II, 78,2 pkt. – tom IV, 79,3 pkt. – tom VII cz. 3). Należy jednak stwierdzić, że ogólna tendencja w zakresie bonitacji ogierów była wzrostowa, a różnice między poszczególnymi średnimi w tomach okazały się z reguły bardzo wysoko istotne statystycznie ($P \leq 0{,}001$).

Z kolei zbiorcza ocena pokroju klaczy z POZG Km wyniosła 78,2 ± 3,68 pkt., przy czym minimum wynosiło 72 pkt., a maksimum – 84 pkt.

Indeks objętości koni małopolskich wyniósł ogółem 119,2 ± 19,9%. Minimalną wartość cechy (12,3%) zaobserwowano u ogierów Km, natomiast maksymalną (138,2%) u klaczy Km, które cechowały się średnią wartością parametru na poziomie 119,5 ± 5,01% wykazującego dość zmienny zakres. Po wzroście w tomie II (119,6%), zaczął nieco maleć (119,1% – tom IV), aby wzrosnąć w tomie V i VI (do 120,5%) oraz ponownie zmaleć w tomie VII cz. 2. i 3. (odpowiednio 120,1 i 117,3%) i charakteryzował go różny poziom istotności.

U ogierów Km ustalono średnią dla grupy w wysokości 119,0 ± 4,26%. Średnie w kolejnych tomach miały zmienny charakter (podobnie jak istotność różnic) – od względnie stabilnego poziomu w tomach I–IV (ok. 119,5%) do wzrostu w V tomie (120,6%) i spadku w t. VI i VII cz. 1 (do 117,1%) oraz minimalnego wzrostu w części 3. VII tomu (117,3%).

Różnice pomiędzy klaczami a ogierami prezentowały najwyższy poziom istotności ($P \leq 0{,}001$) w tomach: I, VI, VII cz. 1, VII cz. 2 i VII cz. 3, zaś brak różnic miał miejsce w tomach: II, III, IV i V. U klaczy z POZG Km wartość ta wyniosła 119 ± 50,54%, z minimum 97,6% i maksimum 134,6%.

Indeks kościstości wśród badanej populacji koni wyniósł 12,7 ± 2,08%, przy czym wartości skrajne odnotowano u klaczy (7,27%) oraz u ogierów – maksimum 14,9%. Klacze Km cechowały się średnią wartością parametru w wysokości 12,5 ± 0,52%. Poziom omawianego indeksu wykazał względną stabilizację średnich wartości (ok. 12,6%), z minimalnym jej spadkiem (do poziomu identycznego, jak w tomie I) w tomie VII cz. 3. – 12,4%, zaś różnice między średnimi były istotne statystycznie ($P \leq 0{,}001$).

W grupie ogierów, średnia wartość indeksu kościstości wyniosła 13,0 ± 0,4%. Podobnie jak w grupie klaczy, ogiery także wykazały względną stabilizację średnich wartości indeksów w poszczególnych tomach (ok. 13,0%) aż do spadku (12,4%) w 3. części ostatniego tomu, jednak różnice pomiędzy średnimi prezentowały zmienny układ. Z kolei omawiany parametr dla klaczy z POZG Km wyniósł 12,5 ± 5,31%, przy minimalnej wartości – 11,3% oraz maksymalnej – 13,9%. Ponadto należy stwierdzić, że w zakresie różnic między średnimi klaczy i ogierów (w poszczególnych tomach ksiąg stadnych) wystąpił najwyższy poziom statystycznej ich istotności ($P \leq 0{,}001$), co po raz kolejny potwierdziło dymorfizm płciowy w obrębie koni małopolskich.

W przypadku masy ciała zanotowano średnią wartość cechy w wysokości 545,4 ± 122,89 kg, a zarówno minimum i maksimum tej wartości zaobserwowano w grupie klaczy Km, odpowiednio, 128,1 oraz 851,8 kg. Średnia masa ciała klaczy Km wyniosła 535,1 ± 72,36 kg i w kolejnych tomach wykazała sukcesywny wzrost (przy $P \leq 0{,}001$) wartości od 483,1 kg – tom I, 517,5 kg – tom IV, do 875,1 kg – tom VII część 2. i spadku w tomie VII część 3. – 548,9 kg. Ogiery wykazały średnią wartość ww. cechy na poziomie 539,9 ± 56,14 kg. W pierwszych VI tomach ksiąg zanotowano (po nieznacznym spadku w tomie II) wzrost średnich wartości cechy (513,2 kg – tom I, 588,9 kg – tom VI), po czym w tomie VII wartość analizowanego parametru zmniejszyła się w sposób znaczący (567,7 kg – część 1, 557,2 kg – część 3), a różnice pomiędzy średnimi były w większości wysoce istotne statystycznie ($P \leq 0{,}001$). Należy dodatkowo zaznaczyć, że średnie wartości

masy ciała w poszczególnych tomach ksiąg Km (w odniesieniu do klaczy i ogierów) różniły się wysoce istotnie.

Z kolei średnia masa ciała w grupie klaczy z POZG Km wyniosła 561,2 ± 240,18 kg, z minimum na poziomie 333,9 kg, a maksimum na 806,2 kg.

4.3. Statystyczna charakterystyka wyników prób dzielności ogierów Km

W grupie ogierów, zarejestrowanych w poszczególnych tomach ksiąg stadnych Km, zbadano parametr użytkowy w postaci średnich wyników prób dzielności. Średnia wartość tej cechy wyniosła 4,36 ± 0,84. Najmniejszą zanotowaną wartością była ocena 2 (niedostateczny), z kolei największą była nota 6 (wybitny). Ponadto zaobserwowano brak jednoznacznie określonej tendencji w kształtowaniu się średniej wartości omawianego parametru w kolejnych tomach Km (od 3,7 w I tomie, poprzez 4,2 w II tomie, 4,1 w III tomie, po 5,3 w VI tomie i 4,2 w VII tomie cz. 3.). Różnice między średnimi wartościami omawianego parametru wykazały – w przeważającej części przypadków – najwyższą statystyczną istotność ($P \leq 0{,}001$).

Realizacja I etapu pracy hodowlanej, czyli „kontrola i ocena wartości użytkowej", wskazuje, że nie wystarczy jedynie dobrze skontrolować użytkowość koni, ale również trzeba umieć należycie ją ocenić. W tym przypadku należy przypuszczać, że masztalerze w zakładach treningowych stopniowo nabierali coraz większego doświadczenia w przygotowywaniu ogierów do określonego systemu prób dzielności), przez co trenowane przez nich ogiery wykazywały wyższy poziom uzdolnień pracotwórczych (osiągając coraz lepsze noty oraz wchodząc do strefy ocen bardzo dobrych i wybitnych). Natomiast komisja oceniająca nie zareagowała właściwie na pojawiający się stan rzeczy – nie podnosząc wymagań stawianych ogierom i nie zmieniając systemu ich oceny – zadowalając się pozornie osiągniętym postępem hodowlanym. Omawiana sugestia znajduje potwierdzenie w postaci nisko odziedziczalnych pracotwórczych uzdolnień koni [2], przez co ich poziom w ewidentny sposób zależy od jakości treningu (tzn. ich przyuczania oraz wdrażania do określonego rodzaju użytkowania i późniejszego doskonalenia nabytych umiejętności).

5. Perspektywy w zakresie realizacji Programu Ochrony zasobów Genetycznych Koni Małopolskich

- Realizację POZG Km rozpoczęto (w praktyce) od 2006 r., więc z konieczności musiała ona opierać się na hodowlanym materiale koni małopolskich, w znaczącym stopniu już przekształconych (z nieuniknionymi konsekwencjami natury hodowlano-gospodarczej) „scalającym dolewem" rasy pełnej krwi angielskiej [2].
- Przewodnią myślą omawianego programu była chęć uratowania ostatnich koni małopolskich „w starym typie", co jednak okazało się utrudnione, ponieważ został on już bezpowrotnie utracony.
- W konkluzji należałoby sugerować, aby w przyszłości umieszczać w księgach stadnych możliwie największy zakres informacji o użytkowej dzielności koni (zarówno ogierów, jak i klaczy), z precyzyjnym określeniem systemu ich kontroli i oceny.

Literatura

[1] Kownacki M. 1982: Uwarunkowania genetyczne cech użytkowych u koni. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 264, 449–464.

[2] Kaproń M. 1999: Metody doskonalenia koni. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.

[3] Dario C., Carnicella D., Dario M., Bufano G. 2006: Morphological evolution and heritability estimates for some biometric traits in the Murgese horse breed. Genetics and Molecular Research 5, 309–314.

[4] Sánchez M.J., Gómez M.D., Molina A., Valera M. 2013: Genetic analyses for linear conformation traits in Pura Raza Español horses. Livestock Science 157, 57–64.

[5] Hintz R.L., Hintz H.F., Van Vleck L.D. 1978: Estimation of heritabilities for weight, height, and front cannon bone circumference of thoroughbreds. Journal of Animal Science 47, 1243–1245.

[6] Viklund A. 2010: Genetic evaluation of Swedish Warmblood Horses. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. Doctoral Thesis.

[7] Schroderus E., Ojala M. 2010: Estimates of genetic parameters for conformation measures and scores in Finnhose and Standardbred foals. Journal of Animal Breeding and Genetics 127, 395–403.

[8] Tamioso P.R., Cosmo T.R., Concepta M., Talarico Dias L., Teixeira A. 2012: Heritability estimates for body weight and height at withers in Brazilian army horses. Ciência Rural 42, 2246–2251.

[9] Kaproń M. 1981: Wpływ rasy pełnej krwi angielskiej na hodowlę i produkcję koni wierzchowych oraz wszechstronnie użytkowych w Polsce. Wydawnictwo Akademii Rolniczej Lublin. Rozprawa habilitacyjna.

[10] Kaproń M., Bocian K., Słomiany J. 1992: Uwarunkowania genetyczne cech pokrojowych koników polskich. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EE: Zootechnica 10, 17–21.

[11] Księga stadna koni rasy małopolskiej. Tom VII cz. 1., cz. 2., cz. 3., PZHK, Warszawa, 2009.

ANCESTORS AND CONFORMAL CHARACTERISTICS OF MAŁOPOLSKA HORSES

Abstract

The breed of Lesser Poland horses was created under the regulation of the Minister of Agriculture, which combined into a common population previously separate regional types of half-breed warm-blooded horses – previously called Lublin, Kielce, Nowy Sącz and Dąbrowa-Tarnów horses, kept in the territory of the then voivodeships: Lublin, southern part of Kielce, Rzeszów and Krakow.

The material for genetic and population research consisted of documents from Małopolska horses, recorded in the next 7 volumes of the Stud Book of Małopolska Horses – Km)

In order to assess the value of the heritability coefficient for improving specific traits – and therefore achieving the intended breeding progress – Kownacki's research [1] was used, assuming that the value of h2 ranging from 0.01 to 0.20 is insignificant with respect to breeding point of view.

The implementation of POZG Km began in practice in 2006, so it necessarily had to be based on the breeding material of Lesser Poland horses, which had already been significantly transformed with the inevitable consequences of a breeding and economic nature, the „integrating infusion" of the Thoroughbred breed and these horses changed their original form interior and exterior.

Keywords: Lesser Poland horse, horse breeding, breeding progress

Opiekun pracy
dr inż. Elżbieta Horoszewicz

Recenzenci:
dr hab. inż. Katarzyna Andraszek
dr inż. Krystian Tarczyński

WIELBŁĄDZIE RANCZO – CZY TO MOŻLIWE W POLSCE?

Agata Danielewicz, Daniel Wysokiński*

Uniwersytet w Siedlcach, Studenckie Koło Naukowe Sympatyków Zwierząt,
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

*e-mail: dw86287@stud.uph.edu.pl

A b s t r a k t

Wielbłądowate hoduje się rzadko, głównie w kontekście atrakcji gospodarstw agroturystycznych. Idea sprowadzenia dromaderów do Polski w celu zwiększenia bioróżnorodności i wykorzystania ich do pozyskiwania mleka oraz agroturystyki jest interesująca, ale wymaga uwzględnienia wielu aspektów, zarówno przyrodniczych, jak i ekonomicznych. Planowanie agroturystyki i pozyskiwania mleka musi uwzględniać zapewnienie zwierzętom odpowiednich warunków, a także zgodność z normami sanitarnymi i weterynaryjnymi. Istotna jest współpraca z instytucjami (służby weterynaryjne i agencje środowiskowe), aby uzyskać niezbędne zezwolenia i wsparcie, konieczne jest zrozumienie potencjalnych zagrożeń dla miejscowej fauny i flory, a także dzikich zwierząt.

Celem realizacji pracy było zaproponowanie możliwości stworzenia w Polsce rancza hodującego wielbłądy oraz świadczącego usługi turystyczne i rekreacyjne

Słowa kluczowe: wielbłąd, dromader, hodowla wielbłądów, polskie wielbłądy

1. Wprowadzenie

W dobie zmieniającego klimatu oraz rozwoju transportu technologicznego w Polsce pojawiają się hodowle zwierząt, które nie są nam rodzime geograficznie. Wielbłądowate hoduje się rzadko, głównie w kontekście atrakcji gospodarstw agroturystycznych, ogrodów zoologicznych oraz sprywatyzowanych indywidualnych obiektów hodowlanych, których podstawowa hodowla to inny gatunek np. alpaki.

Wielbłądowate (Camelidae) to rodzina ssaków roślinożernych z rzędu parzystokopytnych i należą do nich wielbłądy oraz lamy. Wielbłądy to największe zwierzęta z rodziny wielbłądowatych, światowe pogłowie wielbłądów wynosi niespełna 37 mln sztuk, a w UE około 6 tys. szt. [1, 12].

Rynek wielbłądów w Europie jest mikroskopijny, ceny więc są wysokie, samica kosztuje ok. 35 tys. zł, a samiec 15–18 tys. zł. Polscy rolnicy podejmowali próby kupna wielbłądów w Kazachstanie i Indiach, gdzie są nawet o 20 tys. zł tańsze, nie pozwalają na to jednak przepisy unijne [2, 37].

Do rodzaju *Camelus* należą 3 gatunki: dromader (*Camelus dromedarius*) – udomowiony, jednogarbny; baktrian (*Camelus bactrianus*) – udomowiony, dwugarbny; dziki wielbłąd (*Camelus ferus*) – dwugarbny. Dromadery naturalnie żyją głównie na obszarach gorących

i suchych pustyń w Afryce, na Półwyspie Arabskim i w Azji [3–5]. Stanowią one ok. 90% populacji wielbłądów na świecie [6, 12]. Baktriany spotykane są w chłodnych i górzystych rejonach Iranu, Chin, Rosji, Mongolii i Kazachstanu [7, 17]. Dziki wielbłąd, będący jedynym dziko żyjącym przedstawicielem wielbłądowatych Starego Świata, żyje w północno-zachodniej części Chin (trzy lokalizacje) oraz w południowo-zachodniej Mongolii (jedna lokalizacja). Jest to gatunek skrajnie zagrożony wyginięciem, jego populację szacuje się na 900–1600 sztuk [25].

2. Stan wiedzy o farmach wielbłądów w Polsce

Wielbłąd jest zaliczany do grona zwierząt, które już od najmłodszych lat są kojarzone z krajami egzotycznymi. Charakterystyczna sylwetka wielbłąda jest łatwo dostrzegalna nawet ze znacznej odległości, a o posiadaniu własnego osobnika marzy niemal każdy miłośnik zwierząt egzotycznych. Okazuje się, że zakup wielbłąda w Polsce jest możliwy, jednak decyzja ta obarczona jest koniecznością spełnienia szeregu wymogów i zdobycia wiedzy o wymaganiach hodowlanych gatunku.

Tryb życia i usposobienie. Niezależnie od gatunku i warunków bytowania tych zwierząt wszystkie wielbłądy są zwierzętami stadnymi, które żyją w gromadach liczących od 5 do 30 osobników. Są to ruchliwe i szybkie zwierzęta, w kontakcie z człowiekiem wykazują się dużą płochliwością. Z reguły unikają bezpośredniej obecności ludzi, jednak w przypadku osobników hodowlanych zauważa się większą akceptację wielbłądów pod tym względem. Zwierzęta te mają rytm dobowy zbliżony do ludzkiego, natomiast porą żerowania są dla nich najczęściej chłodniejsze fazy dnia, czyli poranki oraz wieczory [8, 10].

Rozmiary i masa ciała. Z perspektywy potencjalnych hodowców istotną rolę odgrywają gabaryty wielbłądów, które są zaliczane do ssaków parzystokopytnych o pokaźnych rozmiarach. Wielkość poszczególnego osobnika zależy natomiast od gatunku. Największymi z nich są wielbłądy dwugarbne, a wysokość zwierzęcia w kłębie może osiągnąć około 2 metrów. Imponująca jest również ich masa ciała, ciężar całkowity jednego osobnika oscyluje w przedziale od 400 do 1000 kilogramów. Długość ciała wielbłądów z reguły wynosi od 2,5 do 4 metrów.

Opis i charakterystyka gatunku. Ssak ten jest zaliczany do rodziny wielbłądowatych, a jego charakterystyczna postura sprawia, że niezwykle trudno jest pomylić konkretnego osobnika ze zwierzętami zaliczanymi do pozostałych gatunków. Obecność garbów i wydłużonej szyi powoduje, że według niektórych etymologów nazwa wielbłąd pochodzi od „błędu w naturze", który w bezpośredni sposób wynika z unikalnego w skali świata wyglądu. Teoria ta wciąż budzi wiele kontrowersji, jednak niepodważalny jest inny fakt – wielbłądy ze względu na budowę swojego ciała są niezwykle wytrzymałymi zwierzętami, które poprzez przystosowania do warunków środowiskowych są w stanie zamieszkiwać na wolności miejsca o skrajnie nieprzyjaznym klimacie [9].

Rodzaje wielbłądów. Dotychczas odkryto dziewięć gatunków wielbłądów, jednak spośród nich sześć całkowicie wymarło. Do czasów współczesnych zachowały się populacje trzech – jednogarbne, dwugarbne oraz baktriany. Wielbłądy jednogarbne zwane są również dromaderami, a od pozostałych gatunków odróżniają je mniejsze rozmiary, smuklejsza budowa ciała i mniej gęste owłosienie. Wielbłądy dwugarbne są gatunkiem skrajnie zagrożonym wyginięciem, a zakres ich występowania w naturze dotyczy zaledwie niewielkich części

Mongolii i Chin. Z perspektywy hodowców najważniejszym gatunkiem są baktriany, czyli wielbłądy domowe. Baktriany również posiadają dwa garby, jednak od wielbłądów dwugarbnych odróżnia je całkowite udomowienie przez człowieka, które miało miejsce około 5 tysięcy lat temu.

Długość życia. Wielbłądy dożywają od 30 do 50 lat. Z reguły osobniki hodowlane żyją dłużej niż przedstawiciele niewielkich populacji bytujących na wolności. Wpływ na to mają typ klimatu oraz dostęp do wody i pożywienia. Wielbłądy są w stanie gromadzić w swoich garbach znaczne ilości tkanki tłuszczowej, a wszyscy przedstawiciele tego gatunku charakteryzują się dużą odpornością na deficyty wody. Tkanka tłuszczowa stanowi materiał zapasowy, który w przypadku ograniczonej ilości pożywienia jest wykorzystywany do przemian metabolicznych. Błędne jest zatem przekonanie, że garby wielbłądów stanowią dla tych zwierząt magazyn wody.

Miejsce życia. Dzikie wielbłądy żyją współcześnie jedynie na terenie Australii oraz Azji – w Chinach i Mongolii. Wszystkie inne populacje stanowią efekt introdukcji wielbłądów na określonym terenie. Z tego powodu wielbłądy spotykane w krajach arabskich i w Afryce są przykładami zwierząt gospodarskich, których hodowla jest charakterystyczna dla krajów słabo rozwiniętych gospodarczo. Dotyczy to w szczególności Somalii, Sudanu, Arabii Saudyjskiej, Jemenu i Kenii.

Najczęstsze choroby. Wśród wielbłądów – również tych hodowlanych – najczęstszą przyczyną śmierci osobników są koronawirus MERS, wielbłądzia ospa, gruźlica, leptospiroza oraz zakażenie bakterią *Escherichia coli*.

Posiadanie wielbłąda a zapisy prawne. Pomimo tego że wielbłądy w klimacie europejskim kojarzą się wyłącznie z ogrodami zoologicznymi, to zakup tych zwierząt przez prywatnych hodowców również jest możliwy. W 2018 roku powstała w Polsce pierwsza farma wielbłądów, która stanowi jednocześnie atrakcję turystyczną i miejsce pozyskiwania mleka tych zwierząt. Podstawę prawną możliwości hodowli wielbłądów na terenie naszego kraju można znaleźć w Ustawie o ochronie przyrody. Zwierzęta te są klasyfikowane jako egzotyczne, przez co ich przetrzymywanie, rozmnażanie i sprzedawanie wymaga uzyskania zezwolenia Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, która z reguły zlokalizowana jest na terenie miast wojewódzkich. Również wwiezienie wielbłąda do Polski wymaga otrzymania odpowiedniej zgody – w tym przypadku zezwolenie powinno zostać wydane przez Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska. Zakup wielbłąda wymaga od hodowcy dopilnowania wszelkich niezbędnych formalności.

Żywienie. Podstawą żywienia wielbłądów są wszelkiego rodzaju trawy, zboża, krzewy i słonorośla. Zwierzęta te nie mają ściśle sprecyzowanych wymogów dietetycznych, co wynika z wysokiego poziomu odporności poszczególnych gatunków na rodzaj i częstotliwość przyjmowania pożywienia. Wielbłądy są w stanie wypić duże ilości wody, aby następnie na jakiś czas całkowicie zrezygnować z uzupełniania jej deficytu. Stanowi to przystosowanie do suszy, a pod względem biologicznym jest to możliwe dzięki specyficznej budowie układu naczyniowego i erytrocytów tych zwierząt, co pozwala na funkcjonowanie krążenia nawet przy znaczącym zwiększeniu gęstości surowicy krwi.

Rozmnażanie. Ciąża wielbłądów trwa około 400 dni, a jej efektem jest wydane na świat jedno młode. Podczas rui, której czas przypada z reguły na wiosnę, samce opryskują swoje ciało moczem. Powoduje to nieprzyjemny i bardzo intensywny zapach, który odczuwalny jest właśnie w okresie godowym tych zwierząt.

Hodowla wielbłądów w Polsce jest dostępna, jednak dla wielu osób zagadką pozostaje przyczyna decydowania się na tego typu działanie. W rzeczywistości wielbłądy – oprócz

oczywistych aspektów rekreacyjno-zoologicznych – mogą być wykorzystywane do produkcji mleka. Wielbłądzie mleko ma skład zbliżony do swojego ludzkiego odpowiednika, przez co wielu naukowców wskazuje na zdrowotne efekty, jakie wynikają z jego spożywania. Dodatkowo wielbłądy w Polsce mogą być także hodowane w celu rozmnażania konkretnego stada i sprzedaży młodych osobników.

Wymogi hodowlane. Wielbłądy są zwierzętami odpornymi na skrajne warunki atmosferyczne, jednak należy zwrócić uwagę na warunki bytowania tych zwierząt w hodowli. Literatura wskazuje na ilość dostępnej powierzchni, która powinna wynosić około 2 hektarów na jednego osobnika. Niedopuszczalne jest także jednoczesne przebywanie wielbłądów i koni w jednej zagrodzie – bliska obecność obu gatunków może doprowadzić do pojawienia się zachowań agresywnych.

Optymalna temperatura. Wytrzymałość wszystkich gatunków wielbłądów sprawia, że zwierzęta te doskonale radzą sobie z życiem w nawet najtrudniejszym klimacie. Uznaje się, że optymalna temperatura do życia i rozmnażania się wielbłądów powinna mieścić się w przedziale od -40 do 40 stopni Celsjusza. Z tego powodu wielbłąd znakomicie zaadaptuje się do warunków atmosferycznych, jakie z reguły panują na terenie naszego kraju. Nawet najbardziej srogie zimy i upalne lata w Polsce będą przez te zwierzęta odbierane jako stosunkowo łagodny klimat [11].

Niezwykła budowa anatomiczna i charakterystyka tych zwierząt decydują o tym, że wielbłądy są jednymi z najbardziej rozpoznawalnych zwierząt na całym świecie. Równie niezwykłe są fakty o tych parzystokopytnych, a część informacji może zaskoczyć nawet największych pasjonatów zoologii i dzikich zwierząt. W kryzysowych warunkach – przy ograniczonym dostępie do pożywienia – wielbłądy są w stanie zjeść padlinę lub przedmioty codziennego użytku, takie jak ubrania lub liny. Dodatkowo gospodarka wodna tych ssaków jest regulowana przez wydalanie silnie stężonego moczu i kału. W taki sposób dochodzi do zmniejszenia ilości traconej wody. Wielbłądy są też jedynymi zwierzętami, których erytrocyty mają owalny kształt. Aspekt ten wpływa na łatwość przemieszczania się krwinek czerwonych w żyłach i tętnicach, co pozwala na zachowanie pełnej perfuzji nawet podczas znaczącego odwodnienia zwierzęcia. Nozdrza i powieki wielbłądów są specyficzne – ich budowa została dostosowana do trudnych warunków atmosferycznych, jakie panują na pustyni. Wielbłądy są w stanie całkowicie zacisnąć te elementy budowy ciała, a tym samym zabezpieczyć drogi oddechowe oraz aparat wzroku przed dostaniem się do nich wirującego podczas burz pustynnych piasku.

Cena wielbłąda. Ze względu na fakt, że hodowla wielbłądów na prywatny użytek w Polsce oraz w pozostałych krajach Europy wciąż jest rzadkością, koszt zakupu pojedynczych osobników jest stosunkowo wysoki. W przypadku samic ceny te osiągają wartość od 30 do 40 tysięcy złotych, natomiast samca wielbłąda można nabyć już za 15–20 tysięcy złotych. Dodatkowo do całkowitego kosztorysu należy doliczyć opłaty, jakie wiążą się z przystosowaniem konkretnego gospodarstwa lub farmy do hodowli wielbłądów. Z tego powodu tego typu decyzja będzie wiązała się z koniecznością poniesienia znacznych kosztów [12].

Polskie wielbłądy. W miejscowości Sanie na Dolnym Śląsku w 2018 roku Monika i Krzysztof Szymańscy hodują ponad 30 wielbłądów jednogarbnych. Do tej decyzji skłoniła ich potrzeba pozyskiwania wielbłądziego mleka dla dziecka w ich rodzinie chorującego na cukrzycę typu I. Mleko to reguluje gospodarkę cukrową w organizmie. W Polsce nie było ono dostępne, a zagraniczne, w proszku, kosztowało ok. 350 zł za 500 g (z wysyłką). Mleko

tych zwierząt w składzie jest najbardziej zbliżone do mleka kobiety, zawiera też 10 razy więcej żelaza i 3 razy więcej witaminy C niż mleko od krowy. U cukrzyków zapobiega dużym odchyleniom wartości cukru. Takie skoki są niebezpieczne i prowadzą do powikłań. Aktualnie gospodarstwo ma stałych odbiorców mleka wśród rodziców dzieci z autyzmem i uczulonych nie tylko na białko, ale i inne produkty. Obecnie farma ma swoich stałych klientów w całej Polsce, Wielkiej Brytanii, Niemczech, Irlandii. Świeże mleko dociera do nich w ciągu 24 godzin od dojenia, spakowane z pojemnikami z suchym lodem. Na farmie można też kupić półlitrowe butelki mleka, w cenie około 50 zł za litr [13, 37].

Natomiast w 2020 roku Kazimierz Kocjan zrealizował podobną ideę i hoduje wielbłądy. W Małobądzu (gmina Bolesław), na szlaku Jury Krakowsko-Częstochowskiej założył stajnię Kontur. Jedną z atrakcji są tutaj wielbłądy. Zwierzęta nie mają kłopotów z aklimatyzacją w kapryśnych polskich warunkach. Baktriany, czyli wielbłądy dwugarbne, pochodzą z Azji, z rejonów Kazachstanu bądź Mongolii, gdzie temperatury wahają się od -40 do 40 stopni powyżej zera. Zaznacza, że na razie hodowlę egzotycznych zwierząt traktuje jako hobby, ale w przyszłości może być ona źródłem utrzymania. Na mleko wielbłądzie już dzisiaj jest duże zapotrzebowanie w zachodniej Europie, jak w Niemczech czy Holandii. Za litr mleka trzeba zapłacić nawet 50 zł. Mleko z wielbłąda jest bardziej wartościowe od krowiego – nie występuje po nim skaza białkowa. Zalecane jest także dla ludzi zmagających się z cukrzycą. Wykorzystanie zwierząt koncentruje się na użytkowaniu wierzchowym i nauce jazdy. Wielbłądzia wełna jest bardzo zdrowa, więc urządza się przejażdżki lecznicze. Gospodarstwo w Małobądzu, obejmujące obszar 13 ha, to nie tylko wielbłądy, ale i konie – ponad 20 sztuk. Stajnia Kontur leży na szlaku Transjurajskiego Szlaku Konnego, więc konie wykorzystuje się do wędrówek turystycznych [14–16, 38].

3. Materiał i metody

Inspiracją niniejszej pracy było spotkanie z właścicielami i hodowcami wielbłądów w Polsce, które pozwoliło na rozwinięcie koncepcji utworzenia wielbłądziego rancza w warunkach klimatycznych naszego kraju po analizie psychofizycznych aspektów utrzymania wielbłądów i możliwości spełnienia ich potrzeb dobrostanowych. W celu ich weryfikacji przeprowadzono wywiady z opiekunami wielbłądów w Małobądzu (gmina Bolesław) na szlaku Jury Krakowsko-Częstochowskiej – stajnia Kontur.

4. Wizja wielbłądziego rancza w Polsce

4.1. Animaloterapia na wielbłądach

Animaloterapia na wielbłądach, zwana również terapią z udziałem zwierząt egzotycznych, to rodzaj interwencji terapeutycznej, w której wielbłądy są wykorzystywane do wspomagania procesu zdrowienia i poprawy samopoczucia osób z różnymi potrzebami zdrowotnymi. Aspekty związane z animaloterapią na wielbłądach:

- Zrelaksowanie i redukcja stresu: obcowanie z wielbłądami może przyczynić się do redukcji stresu i zwiększenia uczucia relaksu. Sama obecność zwierząt i interakcje z nimi może działać kojąco na psychikę.

- Ruch i aktywność fizyczna: interakcja z wielbłądami może zachęcać do aktywności fizycznej poprzez spacery, a także do wykonywania różnych czynności związanych z opieką nad zwierzętami

Umacnianie więzi społecznych: praca z wielbłądami w ramach terapii może wspierać rozwijanie umiejętności społecznych oraz budowanie relacji między uczestnikami terapii, terapeutami a zwierzętami.

- Zdolności psychospołeczne: animaloterapia na wielbłądach może być stosowana w celu rozwijania zdolności psychospołecznych, takich jak empatia, odpowiedzialność, cierpliwość czy umiejętność radzenia sobie z trudnościami.
- Terapia dzieci i dorosłych: terapia z udziałem wielbłądów może być dostosowana zarówno do dzieci, jak i dorosłych. W przypadku dzieci może wspomagać rozwój psychomotoryczny, natomiast w przypadku dorosłych może stanowić formę terapii relaksacyjnej.

Profesjonalna superwizja: terapeuci prowadzący animaloterapię.

4.2. Labirynt z kukurydzy jako agroturystyka z wielbłądami

Labirynt z kukurydzy to pomysł na część oferty agroturystycznej z wielbłądami. Połączenie tego rodzaju labiryntu z doświadczeniem związanym z wielbłądami może stanowić rozrywkę dla zwiedzających.

- Tematyczne trasy labiryntu: stworzenie tematycznych tras w labiryncie z kukurydzy, które odnoszą się do kultury wielbłądów, ich środowiska naturalnego.
- Interakcje z wielbłądami w labiryncie: umieszczenie punktów interakcji z wielbłądami wewnątrz labiryntu, gdzie zwiedzający mogą obcować, karmić lub robić z nimi zdjęcia.
- Edukacyjne plakaty w labiryncie: umieszczenie edukacyjnych plakatów wewnątrz labiryntu, które prezentują informacje na temat wielbłądów, ich zwyczajów, przydatności i roli w różnych kulturach.
- Labirynt jako element gry: dodanie elementów gry do labiryntu, takich jak pytania związane z wielbłądami czy zagadki, które zwiedzający muszą rozwiązać, aby wydostać się z labiryntu.

Stragan z produktami z mleka wielbłądziego: umieszczenie straganu w pobliżu labiryntu, gdzie można sprzedawać produkty z mleka wielbłądziego, takie jak sery, mydła czy kosmetyki.

4.3. Sprowadzenie materiału hodowlanego wielbłądów z zagranicy do Polski

Aby uzyskać materiał hodowlany wielbłądów z zagranicy do Polski, trzeba przestrzegać odpowiednich przepisów, zezwoleń i procedur importowych:

- Badania przepisów sanitarno-weterynaryjnych: aktualne przepisy sanitarne i weterynaryjne dotyczące importu zwierząt hodowlanych do Polski (Główny Inspektorat Weterynarii).
- Zgoda i zezwolenie na import wielbłądów.
- Współpraca z eksporterem: kontakt z wiarygodnym eksporterem z kraju, z którego sprowadza się wielbłądy.

- Transport.
- Kwarantanna i badania.

Zgłoszenie i monitorowanie stanu zdrowia.

4.4. Koszt sprowadzenia wielbłąda do Polski

Koszty pozyskania wielbłąda do Polski są zazwyczaj złożone i zależą od różnych czynników, takich jak kraj pochodzenia, dostępność wielbłądów, koszty transportu, procedury celne, wymagania weterynaryjne itp.

- Cena zakupu: koszt zakupu samego wielbłąda, który zazwyczaj zależy od gatunku, wieku, płci i pochodzenia.
- Transport: koszty transportu z kraju pochodzenia do Polski. Obejmuje koszty przewozu lądowego, morskiego lub lotniczego, a także formalności celne.
- Wymagania weterynaryjne: opłaty związane z badaniami weterynaryjnymi, szczepieniami, kwarantanną i innymi wymaganiami, jakie nakładają organy weterynaryjne.
- Dokumentacja i zgłoszenia: opłaty związane z dokumentacją, zgłoszeniami, cłami i innymi formalnościami administracyjnymi.
- Obsługa agencji importowej: w przypadku korzystania z usług agencji importowej koszty związane z ich pomocą w przeprowadzeniu importu.

Opłaty za usługi transportowe: koszty związane z obsługą transportową, takie jak opłaty portowe, opłaty lotniskowe itp.

4.5. Koszt samicy wielbłąda

- Ceny samic wielbłądów mogą znacznie się różnić w zależności od wielu czynników, takich jak gatunek wielbłąda, wiek, pochodzenie, poziom szkolenia czy lokalne warunki rynkowe.
- W krajach, w których hodowla wielbłądów jest bardziej powszechna, takich jak kraje Bliskiego Wschodu czy Afryki Północnej, ceny mogą być niższe. Jednak w Polsce, gdzie hodowla wielbłądów jest mniej popularna, ceny mogą być wyższe ze względu na mniejszą dostępność i większe wyzwania związane z utrzymaniem tych zwierząt (30 tys. zł.)
- Ceny samicy wielbłąda mogą sięgać kilkunastu tysięcy złotych, ale warto skonsultować się z hodowcami wielbłądów w Polsce, aby uzyskać dokładne informacje na temat cen w danym regionie i aktualnych rynkowych trendów (Niemcy – 25 tys.).

Stopień inbredowania wielbłądów w Polsce. W przypadku hodowli zwierząt, w tym wielbłądów, kontrolowanie poziomu inbredu (krzyżowania bliskiego pokrewieństwa) jest istotne w utrzymaniu zdrowego i trwałego stada [17–19].

4.6. Sprowadzanie wielbłądów z zagranicy

Sprowadzenie wielbłądów do Polski z zagranicy wiąże się z kilkoma kwestiami, a wybór dostawcy czy dostawców może zależeć od różnych czynników.

- Hodowcy specjalizujący się w hodowli wielbłądów,
- Firmy importujące zwierzęta,

- Międzynarodowe aukcje i targi zwierząt,
- Agencje ds. ochrony zwierząt.

Konsultacja z instytucjami rządowymi.

4.7. Warunki dla wielbłądów

- Powierzchnia: wielbłądy potrzebują przestrzeni, aby swobodnie spacerować i zachowywać się naturalnie. Minimalna powierzchnia zależy od ilości zwierząt, ale powinna wynosić co najmniej kilka tysięcy metrów kwadratowych na jednego wielbłąda.
- Ogrodzenie: powinno być wystarczająco wytrzymałe, aby zapobiec ucieczkom, i dostosowane do wielkości wielbłądów. Wielbłądy są znane z tego, że potrafią pokonywać niskie przeszkody, więc ogrodzenie musi być na tyle wysokie, aby im to uniemożliwić.
- Miejsce do schronienia: miejsce, gdzie wielbłądy mogą schować się przed słońcem, deszczem lub wiatrem.
- Miejsce do karmienia: obszary, gdzie wielbłądy mają dostęp do pożywienia.
- Woda: kluczowy jest regularny dostęp do świeżej wody.
- Miejsce do wypoczynku: obszary z miękkim podłożem lub piaskiem, gdzie wielbłądy mogą odpoczywać i leżeć.

Opieka weterynaryjna: regularna opieka weterynaryjna, szczepienia i monitorowanie stanu zdrowia są istotne w utrzymaniu zdrowia wielbłąda.

4.8. Karmienie wielbłądów

- Pasza: wielbłądy są roślinożercami i ich głównym źródłem pożywienia są rośliny. Należy zapewnić im różnorodne źródła paszy, takie jak świeże trawy, siano, liście i gałązki.
- Woda: dostęp do świeżej wody jest kluczowy. Wielbłądy potrafią przetrwać długo bez wody, ale regularne dostarczanie wody jest niezbędne dla ich zdrowia.
- Minerały: należy umożliwić dostęp do minerałów i soli mineralnych, które są istotne dla utrzymania równowagi mineralnej w organizmach wielbłądów.
- Kontrola ilości karmienia: aby uniknąć nadmiernego spożycia i otyłości.
- Suplementacja: w przypadku braku dostępu do naturalnych pastwisk lub w okresach, gdy dostęp do paszy jest ograniczony, można rozważyć suplementację karmienia w celu zapewnienia pełnowartościowej diety.

Zielonki, takie jak koniczyna, lucerna czy inne rośliny bogate w białko, mogą stanowić cenne uzupełnienie diety wielbłądów.

4.9. Monitorowanie zdrowia u wielbłądów

Monitorowanie zdrowia wielbłądów w Polsce jest istotne do zapewnienia im odpowiedniej opieki i szybkiego reagowania na ewentualne problemy zdrowotne. Niżej wymieniono aspekty, które są ważne przy monitorowaniu zdrowia wielbłądów:

- Regularne badania weterynaryjne;
- Kontrola wagi;

- Obserwacja zachowań: apetyt, aktywność, ruchy, chód i inne;
- Zęby i pazury;
- Regularna deworminacja: pasożyty wewnątrz;
- Dostęp do czystej wody;
- Odpowiednia dieta;
- Odpowiednie środowisko: temperatura, wilgotność;
- Zapobieganie chorobom: odpowiednie szczepienia i profilaktyka w celu zapobiegania chorobom.

Zapisywanie obserwacji.

4.10. Choroby u wielbłądów

- Choroby zakaźne: wielbłądy mogą być narażone na różne choroby zakaźne, takie jak np. przewlekłe nosówki, grypa wielbłądzia czy choroby wywoływane przez pasożyty.
- Choroby układu trawiennego: wielbłądy są podatne na choroby układu trawiennego, takie jak kolki, zatrucia pokarmowe czy pasożyty trawienne.
- Choroby skóry: infekcje skóry, ukąszenia owadów.
- Choroby układu oddechowego: infekcje układu oddechowego, takie jak zapalenie płuc.
- Leczenie i pozyskiwanie leków:
  - opieka weterynaryjna,
  - zakup leków od weterynarza,
  - regularne badania weterynaryjne.

4.11. Ile mleka daje wielbłąd?

- Wielbłądy są zwierzętami produkującymi mleko, ale ilość mleka, jaką dają, może się różnić w zależności od gatunku i indywidualnych cech zwierzęcia. Wielbłądy jednogarbne (dromader) produkują mniej mleka niż wielbłądy dwugarbne.

Wielbłądy dwugarbne mogą dostarczać około 5–6 litrów mleka dziennie przez okres laktacji, który zazwyczaj trwa kilka miesięcy [20].

4.12. Mechaniczne dojenie wielbłądów

Mechaniczne dojenie wielbłądów to proces wykorzystywania specjalnych urządzeń do zbierania mleka od samic wielbłądów. Warto zauważyć, że w przypadku wielbłądów dojenie może być bardziej skomplikowane niż u innych zwierząt hodowlanych, ponieważ wielbłądy nie zawsze akceptują tę czynność. Kroki związane z mechanicznym dojeniem wielbłądów:

- Przygotowanie wielbłąda: wielbłądy są zwierzętami wrażliwymi na stres, więc ważne jest, aby przygotować zwierzę do dojenia, zminimalizować stres i ułatwić mu akceptację procesu.
- Urządzenia do dojenia: specjalne urządzenia do dojenia wielbłądów muszą być dostosowane do ich cech anatomicznych. W przypadku wielbłądów dromaderów, których anatomiczne cechy różnią się od innych gatunków zwierząt hodowlanych, konieczne są specjalne urządzenia.

- Higiena, aby uniknąć zanieczyszczenia mleka.
- Regularne dojenie: w przypadku hodowli wielbłądów dla produkcji mleka dojenie musi być regularne, zwykle dwa razy dziennie, aby utrzymać produkcję.

Zdobycie wiedzy i doświadczenia: Mechaniczne dojenie wielbłądów wymaga wiedzy i doświadczenia. Hodowcy muszą być przeszkoleni w korzystaniu z odpowiednich urządzeń i podejściu do wielbłądów [21, 22].

4.13. Pozyskiwanie mleka u wielbłądów

Pozyskiwanie mleka u wielbłądów może być stresującym doświadczeniem zarówno dla zwierzęcia, jak i dla hodowcy. Aby zminimalizować stres i zapewnić bezpieczne środowisko, warto rozważyć następujące kroki:

- Spokojna i powolna adaptacja.
- Pozytywne stymulowanie: stosowanie pozytywnych bodźców, takich jak nagrody podczas procesu pozyskiwania mleka, aby powiązać go z pozytywnymi doświadczeniami.
- Przyjazne otoczenie.
- Regularność procesu: w miarę możliwości stałe godziny pozyskiwania mleka.
- Kontakt z opiekunem: osoba pozyskująca mleko powinna być dobrze zaznajomiona z wielbłądami [23, 24].

Monitorowanie zachowań.

4.14. Właściwości mleka wielbłądziego

Mleko wielbłądzie może być potencjalnie korzystne dla małych dzieci i osób chorych, choć przed wprowadzeniem go do diety zawsze warto skonsultować się z lekarzem lub specjalistą ds. żywienia. Oto kilka aspektów, które warto wziąć pod uwagę:

- Lekkostrawność: mleko wielbłądzie jest uważane za lekkostrawne, co może być korzystne dla niemowląt i małych dzieci, zwłaszcza dla tych, które mogą mieć trudności z tolerancją laktozy.
- Witaminy i minerały.
- Niski poziom cholesterolu: korzystny dla zdrowia serca, również u dzieci.

Właściwości immunostymulujące: obecność immunoglobulin w mleku wielbłądzim może wspomagać rozwój układu odpornościowego u dzieci [25, 26].

4.15. Pozwolenie na sprzedaż mleka wielbłądziego

Wymagane działania:

- Zarejestrowanie działalności gospodarczej.
- Przestrzeganie standardów sanitarnych: mleko wielbłądzie musi być produkowane, przechowywane i sprzedawane zgodnie z normami sanitarnymi i higienicznymi. Warunki produkcji i przetwarzania muszą spełniać wymogi bezpieczeństwa żywności.
- Badania i certyfikacja: mleko wielbłądzie musi być poddane badaniom laboratoryjnym, aby potwierdzić jego jakość i brak zanieczyszczeń. W niektórych przypadkach konieczna może być certyfikacja produktu.
- Weterynaryjny nadzór hodowlany.

- Zgłoszenie działalności do sanepidu (Sanitarno-Epidemiologiczna Stacja Zdrowia Publicznego) w celu poinformowania o planowanej działalności.
- Etykietowanie produktu: mleko wielbłądzie musi być odpowiednio etykietowane, zawierając informacje o składnikach, terminie ważności, sposobie przechowywania itp.

Zezwolenie na sprzedaż.

4.16. Sprzedaż mleka wielbłądziego w Polsce

W Polsce sprzedaż mleka wielbłądziego może być wyzwaniem ze względu na ograniczoną ilość hodowli wielbłądów i specyficzne wymagania tego zwierzęcia. Pomocne w rozwoju biznesu są:

- Zgodność z przepisami: wymagania prawne i sanitarno-higieniczne dotyczące produkcji i sprzedaży mleka w Polsce.
- Marketing i edukacja: wielbłądzie mleko jest mniej powszechne, ważne jest, aby edukować klientów na temat jego zalet i zastosowania. Stworzenie skutecznej strategii marketingowej może zwrócić uwagę konsumentów.
- Współpraca z lokalnymi sklepami i restauracjami: partnerstwa z lokalnymi biznesami, które mogą być zainteresowane oferowaniem wielbłądziego mleka w swoich produktach.
- Sprzedaż bezpośrednia: sprzedaż bezpośrednia mleka na farmie lub lokalnych rynkach.

Bezpośredni kontakt z klientami może zbudować zaufanie i lojalność.

Produkty przetworzone: oprócz samego mleka produkcja przetworzonych produktów, takich jak sery czy jogurty.

4.17. Kosmetyki z mleka wielbłądziego

Kosmetyki z mleka wielbłądziego są coraz bardziej popularne ze względu na potencjalne korzyści dla skóry. Poniżej korzyści wynikające z ich stosowania:

- Nawilżenie i odżywienie: mleko wielbłądzie zawiera naturalne składniki nawilżające i odżywcze, które mogą pomóc w utrzymaniu odpowiedniego poziomu nawilżenia skóry.
- Witaminy i minerały: mleko wielbłądzie dostarcza witaminę C, witaminy B, witaminę E, a także minerały, które mogą wspomagać zdrowie skóry.
- Kwas tłuszczowy omega-3: niektóre badania sugerują, że mleko wielbłądzie może zawierać wyższe ilości kwasów tłuszczowych omega-3, które są korzystne dla zdrowia skóry.
- Właściwości przeciwzapalne: składniki mleka wielbłądziego, takie jak immunoglobuliny, mogą mieć właściwości przeciwzapalne, co może być korzystne dla skóry podatnej na podrażnienia [27–29].
- Do skóry wrażliwej: ze względu na swoją lekkostrawność mleko wielbłądzie jest uważane za łagodne i może być stosowane również do skóry wrażliwej.

Zwalczanie objawów starzenia: składniki antyoksydacyjne w mleku wielbłądzim mogą pomagać w zwalczaniu wolnych rodników i wpływać na procesy starzenia skóry.

Pozwolenie na sprzedaż kosmetyków z mleka wielbłądziego
Wymagania:

- Zarejestrowanie działalności gospodarczej.
- Przestrzeganie standardów produkcji: kosmetyki z mleka wielbłądziego muszą być wytwarzane zgodnie z określonymi standardami produkcji kosmetyków, w tym z przestrzeganiem higieny, jakości składników i procesów produkcji.
- Składniki kosmetyku: składniki stosowane w kosmetykach muszą być bezpieczne i zgodne z przepisami kosmetycznymi.
- Badania laboratoryjne: kosmetyki mogą być poddane badaniom laboratoryjnym w celu potwierdzenia bezpieczeństwa i jakości.
- Etykietowanie produktu: kosmetyki muszą być odpowiednio etykietowane, zawierając informacje o składnikach, terminie ważności, instrukcjach użycia itp.
- Zgłoszenie produktu.
- Zgodność z dyrektywami i przepisami: kosmetyki są zgodne z lokalnymi przepisami i dyrektywami dotyczącymi kosmetyków, takimi jak Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009.

Zezwolenie na sprzedaż.

Współpraca międzynarodowa w sprzedaży produktów z Polski za granicę
Wymaga uwzględnienia różnych aspektów, w tym standardów sanitarnych, procedur eksportowych oraz ustaleń z potencjalnymi partnerami biznesowymi. Należą do nich:

- Zgodność z przepisami i standardami: wymagania sanitarno-higieniczne i standardy jakościowe obowiązujące zarówno w Polsce, jak i w kraju docelowym.
- Rejestracja i licencje eksportowe: uzyskanie niezbędnych licencji eksportowych i spełnienie wymogów związanych z przepisami eksportowymi.
- Współpraca z agencjami eksportowymi: współpraca z agencjami eksportowymi, które mają doświadczenie w handlu międzynarodowym.
- Badania i certyfikaty.
- Negocjacje z odbiorcami zagranicznymi.
- Transport i logistyka: efektywny system transportu i logistyki, aby zapewnić bezpieczną dostawę mleka wielbłądziego do miejsc przeznaczenia.
- Market Research: badania, aby zrozumieć preferencje konsumentów, regulacje dotyczące importu żywności oraz konkurencję na rynku mleka wielbłądziego [28].

Promocja i marketing.

4.18. Dofinansowania na rozpoczęcie działalności z agroturystyki z wielbłądami w Polsce

- Fundusze unijne: zwłaszcza w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW). Mogą one obejmować środki na rozwój turystyki wiejskiej i działań związanych z agroturystyką.
- Lokalne fundusze i dotacje na rozwój agroturystyki.
- Programy wsparcia dla przedsiębiorców: banki lub agencje rozwoju gospodarczego. Mogą oferować kredyty preferencyjne, poręczenia czy ulgi podatkowe.
- Konkursy i granty: ogłoszenia o konkursach i grantach związanych z turystyką wiejską.

- Programy agroturystyki: Stowarzyszenie Turystyki Wiejskiej i Agroturystyki (PSTWiA).
- Wsparcie ze strony branżowej: organizacji związanych z turystyką wiejską, rolnictwem czy hodowlą zwierząt egzotycznych.
- Kredyty bankowe i pożyczki.

Programy szkoleniowe i doradcze.

4.19. Rolniczy handel detaliczny poprzez hodowle wielbłądów w Polsce

Oferta i aspekty handlu detalicznego:

- Produkty z hodowli wielbłądziej.
- Agroturystyka.
- Zdrowa żywność.
- Edukacja konsumentów.
- Zrównoważony rozwój: zrównoważone praktyki hodowlane, dbałość o dobrostan zwierząt i minimalizowanie wpływu na środowisko.
- Market Research.
- Zgodność z przepisami: działalność spełnia przepisy sanitarno-weterynaryjne i normy dotyczące handlu produktami rolno-spożywczymi.
- Komunikacja marki: wykreowanie silnej marki, opowiadając historię hodowli wielbłądów, podkreślając wartości ekologiczne i zdrowotne.
- Dywersyfikacja produktów.

Współpraca z lokalnymi sklepami i restauracjami.

4.20. Reklama agroturystyki

- Materiały wizualne: atrakcyjne materiały takie jak plakaty, ulotki, broszury i banery reklamowe, prezentujące piękno wielbłądów i ofertę agroturystyki.
- Strona internetowa: na temat oferty, atrakcji, noclegów oraz przygód związanych z wielbłądami.
- Media społecznościowe: platformy społecznościowe do budowania społeczności online. Regularnie zdjęcia, filmy i ciekawostki związane z wielbłądami oraz agroturystyką. Konkursy, gdzie uczestnicy mogą wygrać darmowy pobyt na farmie z wielbłądami.
- Współpraca z influencerami.
- Oferty specjalne i rabaty.
- Wydarzenia promocyjne.
- Recenzje i opinie gości do zostawiania pozytywnych recenzji na portalach turystycznych.

Targi rolnicze.

5. Podsumowanie

Agroturystyka z wielbłądami może przyciągać zainteresowanie turystów, którzy poszukują nietypowych doświadczeń. Wielbłądy są egzotycznymi zwierzętami, co samo w sobie może być atrakcyjne dla wielu osób z uwagi na:

- Unikalność doświadczenia: wielbłądy są nietypowymi zwierzętami w kontekście agroturystyki, co może przyciągnąć turystów poszukujących wyjątkowych atrakcji.
- Bliski kontakt ze zwierzętami: możliwość bezpośredniego kontaktu z wielbłądami może być fascynująca dla zwiedzających.
- Przejażdżki na wielbłądach.
- Edukację o wielbłądach.
- Fotogeniczność: Wielbłądy są fotogenicznymi zwierzętami, co może przyciągać turystów, zwłaszcza miłośników fotografii.

Egzotyczne środowisko: oferowanie agroturystyki w otoczeniu egzotycznych zwierząt może być atrakcyjne dla osób szukających nietypowych miejsc wypoczynku.

Dlaczego wielbłądy w Polsce to dobry pomysł na agroturystykę? Wprowadzenie wielbłądów do agroturystyki może być interesującym pomysłem z kilku powodów:

- Unikalność i egzotyka.
- Atrakcja dla gości.
- Edukacja o egzotycznych zwierzętach.
- Alternatywa dla tradycyjnych agroturystyk.
- Przyciąganie różnych grup turystów.
- Nowe możliwości biznesowe.

Zrównoważony rozwój: odpowiedzialna hodowla wielbłądów może przyczynić się do zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, przyciągając nowych turystów i wspierając lokalną gospodarkę [30, 31].

Zwiększenie bioróżnorodności w Polsce. Idea sprowadzenia dromaderów do Polski w celu zwiększenia bioróżnorodności i wykorzystania ich do pozyskiwania mleka oraz agroturystyki jest interesująca, ale wymaga uwzględnienia wielu aspektów, zarówno przyrodniczych, jak i ekonomicznych. Kilka kwestii, które warto rozważyć:

- Bioróżnorodność: sprowadzenie dromaderów może wpłynąć na lokalną bioróżnorodność poprzez wprowadzenie nowych gatunków.
- Warunki klimatyczne: polskie warunki klimatyczne różnią się od tych w tradycyjnych siedliskach dromaderów. Wprowadzenie ich do Polski wymagałoby stworzenia odpowiednich warunków bytowania, w tym schronień przed zimą.
- Zdrowie zwierząt: wymagają specyficznej opieki weterynaryjnej i diety. Należy poznać ich potrzeby zdrowotne i zapewnić odpowiednią opiekę.
- Zrównoważony rozwój: planowanie musi uwzględniać zrównoważony rozwój, dbając o równowagę między korzyściami ekonomicznymi a ochroną środowiska i dobrostanem zwierząt [32–34].
- Edukacja i świadomość: projekt powinien opierać się na edukacji lokalnej społeczności i turystów, aby promować zrozumienie i szacunek dla nowych gatunków oraz zachować równowagę ekosystemu.
- Agroturystyka i produkty mleczne: planowanie agroturystyki i pozyskiwania mleka musi uwzględniać zapewnienie odpowiednich warunków dla zwierząt, a także zgodność z normami sanitarnymi i weterynaryjnymi.
- Współpraca z instytucjami takimi jak służby weterynaryjne i agencje środowiskowe, aby uzyskać niezbędne zezwolenia i wsparcie.

Zagrożenia dla innych gatunków: konieczne jest zrozumienie potencjalnych zagrożeń dla miejscowej fauny i flory, a także dzikich zwierząt, które mogą być narażone na kontakt.

Koncepcje form użytkowania wielbłądów [34–36, 39]:

- Wielbłądzie Safari Polska Edition: wycieczki po malowniczych leśnych szlakach i polach umożliwiają gościom odkrywanie krajobrazów na grzbiecie wielbłąda.
- Warsztaty wielbłądzie, podczas których uczestnicy dowiedzą się o hodowli wielbłądów, ich zwyczajach i roli w kulturze.
- Przygody gastronomiczne: unikalne doznania kulinarne, potrawy przygotowane z wielbłądziego mleka, a także lokalne specjały.
- Nocowanie w wielbłądziej jurcie: autentyczne miejsca noclegowe, inspirowane tradycyjnymi siedzibami wielbłądów.
- Edukacyjne trasy dla dzieci: specjalne trasy edukacyjne dla najmłodszych.
- Głaskanie i kontakt: bezpieczne zbliżanie się i głaskanie wielbłądów.
- Przystosowane wybiegi: bezpieczne i komfortowe wybiegi, na których goście mogą obserwować wielbłądy w naturalnym otoczeniu.
- Dostosowane pokazy: krótkie pokazy, w których udział mogą wziąć goście, obejmujące na przykład przedstawienie umiejętności wielbłądów czy ich interakcję z opiekunami.
- Karmienie wielbłądów: interaktywne sesje karmienia, gdzie goście będą mogli uczestniczyć w podawaniu wielbłądom odpowiedniej paszy.
- Spacer z wielbłądami: przechadzki, podczas których odwiedzający będą mogli spacerować z wielbłądami po specjalnie przygotowanych trasach.

Literatura

[1] Abdalla M. (2018) Wielbłąd w teologii arabsko-muzułmańskiej. Teologia i człowiek. Tom 42 Nr 2 (2018). ISSN: 1731-5638, eISSN: 2391-7598. https://doi.org/10.12775/TiCz.2018.020.

[2] Abū al-‘Asākir, Tārīḫ madīnat Dimaszq, ‘A. bin Aḥmad i in. (red.), Bejrut 1995, t. 27, s. 249.

[3] Albānī (al-) M. N., Silsilat al-aḥādīṯ aṣ-ṣaḥīḥa wa šay’ min fiqhihā wa fawā’idihā, Rijad b.d., t. 5, hadis 2271, s. 342.

[4] Baba W.N., Rasool N., Selvamuthukumara M., Maqsood S., 2021 − A review on nutritional composition, health benefits, and technological interventions for improving consumer acceptabi-lity of camel meat: an ethnic food of Middle East. Journal of Ethnic Foods 8, 18.

[5] Barat A.Z.Y., 2015 − Introduction to Camel Origin, History, Raising, Characteristics, and Wool, Hair and Skin, A Review. International Journal of Research and Innovations in Earth Science 2(6), 2394–1375.

[6] Burger P.A., Ciani E., Faye B., 2019 − Old World camels in a modern world − A balancing act between conservation and genetic improvement. Animal Genetics 50, 598-612.

[7] Burgin C.J, Wilson D.E., Mittermeier R.A. i in., 2020 − Illustrated Checklist of the Mammals of the World. Cz. 2: Eulipotyphla to Carnivora. Barcelona: Lynx Editions, s. 384.

[8] Cichocki W., Ważna A., Cichocki J., Rajska-Jurgiel E., Jasiński A., Bogdanowicz W., 2015 − PolsCzyż K., Seghir N.M., Patkowska-Sokoła B., Szulc T., Dobrzański Z., Bodkowski R., 2014 − Biologiczne i technologiczne cechy mleka wielbłądziego.

Przegląd Hodowlany 6, 18-20.kie nazewnictwo ssaków świata. Warszawa: Muzeum i Instytut Zoologii PAN, s. 169.
[9] Czyż K., Dobrzański Z., Cwynar P., Wyrostek A. (2022). Hodowla wielbłądowatych w Polsce – stan obecny i perspektywy. Przegląd Hodowlany nr 6/2022 s. 23–27.
[10] Dziekan M. M., Koran jako pars pro toto. Z dziejów „wersetu kamienowania" (ajat ar-radżm), w: Świat arabski – kultura i polityka, E. Machut-Mendecka, K. Pachniak (red.), Warszawa 2012, s. 163–173.
[11] Faye B., 2015 − Role, distribution and perspective of camel breeding in the third millennium economies. Emirates Journal of Food and Agriculture,27(4), 318–327.
[12] Faye B., 2020 − How many large camelids in the world? A synthetic analysis of the world camel demographic changes. Pastoralism − Research, Policy and Practice 10, 25.
[13] Kuźnicka E., Grondkowska A. (2014). Baktrian (Camelus bactrianus) i dromader (Camelus dromedarius) – różne formy użytkowania. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Nauk o Zwierzętach, ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa. Wiadomości Zootechniczne, R. LII (2014), 1: 82–91.
[14] Mal G., Suchitra Sena D., Sahani M. (2006). Milk production potential and keeping quality of camel milk. J. Camel Practice Res., 13 (2): 175–178.
[15] Nūrō A., Kruḫyō dīl, Bejrut 1969, s. 100, 327.
[16] Oujad S., Kamel B. (2009). Physiological particularities of dromedary (Camelus dromedarius) and experimental implications. Scand. J. Lab. Anim. Sci., 36: 19–29.
[17] Qurṭubī (al-), Al-Ğāmi‘ li aḥkām al-Qur'ān, H. S. Buḫārī (red.), Rijad 1952, t. 20, s. 34–36.
[18] Shabo Y., Yagil R. (2005). Behavioral improvement of autistic children following drinking camel milk. In: Treating Persons with Brain Damage. Proc. 4th National Conference. Tel Aviv, p. 94.
[19] Śmigielski T., 2019 − Mleko wielbłądzie już jest produkowane w Polsce. Agrofakt 17 czerwca 2019. 28.
[20] Ṭanṭāwī M. S., At-Tafsir al-wasīṭ, Kair 1998, t. 15, s. 377.
[21] Tirmiḏī (at-), Al-Ğāmi‘ al-kabīr, B. ‘A. Ma‘rūf (red.), Bejrut 1996, t. 1, hadis 81, s. 123–124.
[22] Vila B., Arzamendia Y., 2022 − South American Camelids: their values and contributions to people. Sustainability Science 17, 707–724. 29.
[23] Wheeler J.C., 2012 − South American camelids-past, present and future. Journal of Camelid Scie-nce 5: 1–24. 30.
[24] Yagil R., Etzion Z. (1980). The effect of drought conditions on the quality of camels' milk. J. Dairy Res., p. 47.
[25] Zarrin M., Riveros J.L., Ahmadpour A., de Almeida A.M., Konuspayeva G., Vargas--Bello-Perez E., Faye B., Hernandez-Castellano L.E., 2020 − Camelids: new players in the international animal production context. Tropical Animal Health and Production 52, 903–913.

Strony internetowe (dostęp 03.03.2024):
[26] http://quran.ksu.edu.sa/tafseer/tabary-baghawy/sura88-aya17.html#baghawy
[27] http://quran.ksu.edu.sa/tafseer/tabary-baghawy-waseet/sura88-aya17.html#waseet
[28] http://quran.ksu.edu.sa/tafseer/tabary-baghawy-waseet-katheer/sura88-aya17.html #katheer

[29] http://quran.ksu.edu.sa/tafseer/tabary-katheer-qortobi/sura88-aya17.html#qortobi
[30] http://quran.ksu.edu.sa/tafseer/tabary-katheer-qortobi/sura88-aya17.html
[31] https://islamqa.info/ar/130871
[32] https://islamqa.info/en/130871
[33] www.camelgate.com
[34] www.camelicious.ae
[35] www.dubaiblog.it
[36] www.iucn.org/content/sale-elephant-meat-increases-threat-elephants-central-africa
[37] www.money.pl/gospodarka/wielbladzia-farma-w-polsce-mlodzi-rolnicy-zarabiaja-na-mleku-dromaderow-6398357349115521a.html
[38] https://olkusz.naszemiasto.pl/pod-olkuszem-hoduja-wielblady-gdy-zwierzaki-ida-na-spacer/ar/c15-7752383
[39] https://www.cenyrolnicze.pl/wiadomosci/produkcja-zwierzeca/pozostale-zwierzeta-hodowlane/34686-wielbladzie-mleko-to-biznes-przyszlosci-hodowla-wielbladow-na-wielka-skale

CAMEL RANCH – IS IT POSSIBLE IN POLAND?

A b s t r a c t

Camelids are rarely bred, mainly in the context of agritourism farm services. The idea of bringing dromedaries to Poland in order to take advantage of biodiversity and use them for obtaining milk and agritourism is effective, but requires many applications, both natural and economic. Planning of agritourism and milk production must ensure conditions for animals as well as compliance with sanitary and veterinary standards. Cooperation with institutions (veterinary services and operations) to provide the necessary support, it is necessary to have coverage for local fauna and flora, as well as wild animals.

The aim of the work was to enable the creation of a camel ranch in Poland and to provide tourist and recreational services.

Keywords: camel, dromedary, camel breeding, Polish camels

Opiekun pracy
dr inż. Elżbieta Horoszewicz

Recenzenci:
dr hab. inż. Roman Niedziółka
prof. dr hab. Dorota Banaszewska

WPŁYW DODATKÓW WZMACNIAJĄCYCH INTEGRALNOŚĆ JELIT I STABILIZUJĄCYCH MIKROFLORĘ PRZEWODU POKARMOWEGO NA PARAMETRY ŚCIÓŁKI W ODCHOWIE KURCZĄT BROJLERÓW

Rozalia Kowal

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Studenckie Koło Naukowe Żywienia Zwierząt, ul. J. Chełmońskiego 38c, 51-630 Wrocław

e-mail: 121512@student.upwr.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

Przez wzgląd na obowiązujący od 1 stycznia 2006 r. całkowity zakaz stosowania antybiotyków jako dodatków paszowych dla zwierząt gospodarskich rozpoczęto poszukiwania alternatywnych źródeł, które byłyby w stanie zapewnić podobne korzyści.

Celem pracy było określenie efektu wybranych dodatków paszowych, mających za zadanie wzmocnienie integralności jelit i stabilizację mikroflory układu pokarmowego na parametry ściółki w odchowie kurcząt brojlerów. Przeprowadzono 35-dniowe badanie na kurczętach brojlerach linii Ross 308. Ptaki podzielono losowo na sześć grup żywieniowych – jedną kontrolną oraz pięć badawczych. W 7., 14., 21., 28. oraz 35. dniu trwania doświadczenia ocenie poddawano ściółkę pod względem pH, poziomu wilgotności i zawartości suchej masy.

Słowa kluczowe: ściółka, pH, sucha masa, wilgotność, drób

1. Wprowadzenie

Stosowanie antybiotyków, mimo swojej skuteczności w zwalczaniu zakażeń i chorób u zwierząt gospodarskich, budzi obawę ze względu na potencjalne negatywne skutki dla zdrowia publicznego, w tym rozwój oporności bakterii. W związku z tym regulacje prawne dotyczące stosowania antybiotyków w paszach stają się coraz bardziej istotne w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności.

Wraz ze wzrostem liczby ferm rośnie także zużycie antybiotyków w Polsce. Aktem prawnym regulującym stosowanie tych substancji jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/6 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie weterynaryjnych produktów leczniczych i uchylające dyrektywę 2001/82/WE [16]. Ponadto zgodnie z zapisem z Dziennika Ustaw [2] każda osoba, która wprowadza bądź stosuje antybiotyki jako dodatki paszowe, podlega karze grzywny. Natomiast od 2006 r. obowiązuje całkowity zakaz stosowania antybiotyków jako dodatków paszowych. Wyjątkiem są antybiotyki jonoforowe (salinomycyna, nikarbazyna, monenzyna sodu) będące kokcydiostatykami [15].

Według raportu Najwyższej Izby Kontroli z 2018 roku [22] Polska zajmuje wysoką pozycję wśród krajów europejskich pod względem stosowania antybiotyków. NIK również zauważył, że w okresie od 2011 do 2015 roku sprzedaż antybiotyków weterynaryjnych wzrosła o 23%, z 475 do 582,5 ton. W przypadku skontrolowanych ferm drobiu odsetek stosowanych antybiotyków dla kurcząt brojlerów wyniósł 82%, a w przypadku indyków 88%.

1.1. Dodatki wzmacniające integralność jelit i mikroflorę przewodu pokarmowego

Integralność jelit u kurcząt brojlerów odnosi się do zdrowia i funkcjonalności bariery jelitowej, która ma kluczowe znaczenie dla wchłaniania składników odżywczych i obrony przed patogenami. Charakteryzuje się ona obecnością białek połączeń ścisłych, które utrzymują selektywną przepuszczalność jelit, zapobiegając wypływowi zawartości światła do krwiobiegu [6]. Integralność jelit ocenia się za pomocą różnych parametrów, takich jak przezbłonowy opór elektryczny (TER), ekspresja białek połączeń ścisłych oraz markery stanu zapalnego i stresu oksydacyjnego [5, 17].

Badania wykazały, że czynniki takie jak utlenione oleje w diecie mogą zwiększać stres oksydacyjny i stan zapalny, prowadząc do upośledzenia funkcji bariery jelitowej [18]. Interwencje dietetyczne z funkcjonalnymi aminokwasami i ekstraktem z winogron mogą poprawić współczynniki konwersji paszy i złagodzić stany zapalne jelit, potencjalnie zwiększając integralność jelit [1]. Stwierdzono, że stresory środowiskowe, takie jak stres cieplny i wysoka gęstość obsady, negatywnie wpływają na integralność jelit poprzez zmniejszenie TER i zmianę ekspresji białek połączeń ścisłych [8, 9].

Poszczególne dodatki paszowe w sposób różnorodny mogą wpływać na poprawę zdrowotności kurcząt brojlerów, przyczyniając się do poprawy ich dobrostanu, a także wyników produkcyjnych. Dodatek w postaci otoczkowanego maślanu wapnia, w którym znajduje się do 68% kwasu masłowego, pozwala na kontrolowane uwalnianie się soli kwasu w całym układzie pokarmowym, przez co może być stosowany jako stymulator wzrostu [19]. Wykazano, że dodatek tributyryny do diety wpływa na zmniejszenie współczynnika wykorzystania paszy (FCR) podczas fazy wzrostu oraz całego odchowu brojlerów. Zaobserwowano również predyspozycję do zwiększonej masy końcowej kurcząt brojlerów żywionych dietami zawierającymi ten dodatek [7]. Przeprowadzone badania na brojlerach [20], prosiętach [4] oraz rybie z gatunku karpiowatych (*Megalobrama amblycephala*) [12] wykazały poprawę wydajności produkcji zwierzęcej. Kontrowersyjny nadal pozostaje aspekt aplikacji tego związku chemicznego jako stymulatora wzrostu. Dostępne dane literaturowe wskazują, że krótkotrwałe stosowane monolaurynianu alfa-glicerolu może sprzyjać poprawie zdrowia flory jelitowej, podczas gdy długotrwałe stosowanie tego dodatku może wywierać niekorzystny wpływ na florę jelitową. Fakt ten klasyfikuje go jako potencjalny dodatek w hodowli kurcząt brojlerów [11]. W badaniach przeprowadzonych przez Wang i wsp. [21] optymalnym uzupełnieniem diety kur niosek był poziom 300 mg/kg monoglaurynianu alfa-glicerolu, co przyniosło pozytywne efekty w zakresie jakości jaj, zdolności antyoksydacyjnej, morfologii jelit oraz funkcji odpornościowej.

Z uwagi na fakt, że integralność bariery jelitowej stanowi ważny aspekt zdrowia kurcząt brojlerów, utrzymanie tej integralności jest niezbędne do optymalnego wzrostu i wydajności. Co istotne, na szczelność tej bariery wpływ ma wiele czynników, w tym warunki środowiskowe, stres, jak również dieta.

2. Cel pracy

W niniejszym badaniu określono wpływ wybranych dodatków paszowych o działaniu ukierunkowanym na wzmocnienie integralności jelit oraz stabilizujących mikroflorę układu pokarmowego na parametry ściółki podczas odchowu kurcząt brojlerów.

3. Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiła ściółka pozyskiwana począwszy od pierwszego dnia odchowu brojlerów linii Ross 308 aż do 35. dnia badania. W doświadczeniu tym 1512 sztuk jednodniowych piskląt podzielono losowo na sześć grup doświadczalnych (6 replikacji na grupę, 42 osobniki na replikację; 252 kurczęta w grupie), według schematu: K – kontrolna, która otrzymywała mieszankę paszową bez dodatków paszowych, A – mieszanka paszowa z dodatkiem monolaurynianu alfa-glicerolu; B – mieszanka paszowa z dodatkiem otoczkowanego maślanu wapnia (do 68% kwasu masłowego), T – mieszanka paszowa zawierająca tributyrynę, E – mieszanka paszowa zawierająca otoczkowany maślan wapnia (do 28,3% kwasu masłowego + nośniki, takie jak mleczan wapnia i bentonit), P – mieszanka paszowa zawierająca otoczkowany maślan wapnia (otoczkowanie inną metodą w porównaniu z grupą B) (do 68% kwasu masłowego). W czasie trwania doświadczenia kurczęta otrzymywały pasze *ad libitum*. Ptaki żywione były trzema mieszankami w zależności od okresu odchowu. W pierwszych 10 dniach życia była to mieszanka typu starter, następnie grower I (11.–18. dzień życia) i grower II (19.–35. dzień życia). Brojlery miały nieograniczony dostęp do wody oraz utrzymywane były na słomie pszennej.

Pasze użyte w odchowie obejmowały mieszanki pełnoporcjowe przeznaczone dla kurcząt brojlerów. Mieszanki paszowe opierały się na standardowym składzie surowcowym: pszenica, poekstrakcyjna śruta sojowa, kukurydza, pszenżyto, makuch rzepakowy, olej sojowy, a także surowce mineralne, premiks i dodatek aminokwasów krystalicznych (HCL--lizyna, hydroksyanalog DL-metioniny, L-treonina, L-walina, L-arginina oraz L-izolecuyna).

Ilość użytych dodatków paszowych do mieszanki paszowej została przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1. Ilość użytych dodatków paszowych w mieszance paszowej (g/t)

Mieszanka paszowa	K	P	E	T	A	B
Starter	brak dodatków	300	750	1000	1000	750
Grower I	brak dodatków	250	500	500	1000	500
Grower II	brak dodatków	250	500	500	1000	500

Źródło: opracowanie własne

W celu zaobserwowania wpływu ww. dodatków paszowych na parametry ściółki była ona pobierana w interwałach 7-dniowych, tj. w 1., 7., 14., 21., 28. i 35. dniu doświadczenia. Próby ściółki przeznaczone na zbadanie zawartości suchej masy były pobierane z pięciu różnych miejsc (wokół poidła, wokół karmidła, w części centralnej oraz z prawego i lewego krańca części tylnej kojca), tak aby objętość w przypadku każdego z sześciu boksów (po-

wtórzeń) danej grupy wyniosła jedną garść. Pozyskane próby były łączone w próbę zbiorczą dla danej grupy oraz mrożone w celu uniknięcia zwiększonej produkcji metabolitów przez bakterie zasiedlające ściółkę. Następnego dnia były rozmrażane naturalnie, cięte na mniejsze części i naważane po ok. 2 g do naczynek wagowych. W przypadku każdego z powtórzeń wykonywano 3 pomiary. Przygotowane naczynka ze ściółką były umieszczane w suszarce laboratoryjnej SLW 180 o panelu sterowania SMART PRO, gdzie w temperaturze 105°C ulegały suszeniu. Naczynka były ponownie ważone, wyliczano zawartość suchej masy, a wynik uzyskany z trzech pomiarów dla każdego powtórzenia danej grupy uśredniono w poszczególnej grupie. Jednocześnie otrzymywany był wynik wilgotności próbek i całej grupy.

W celu określenia pH z każdego powtórzenia w danej grupie pobrano próbki ściółki z pięciu różnych miejsc (wokół poidła, wokół karmidła, w części centralnej oraz z prawego i lewego krańca części tylnej kojca). Próbki ściółki o masie 20 g naważano do zlewek, a następnie zalewano 250 ml dejonizowanej wody. Po 30 minutach określano pH za pomocą laboratoryjnego pH 827 z primatodą skalibrowaną buforami Hamiltona o pH 7,0 i 4,02. Wyniki przedstawiono jako średnią i błąd standardowy średniej (SEM). Normalność rozkładu danych oceniono za pomocą testu Shapiro–Wilka. Jeśli rozkład był normalny, przeprowadzono jednokierunkową analizę wariancji, w której różnice między grupami oceniano za pomocą testu Tukeya. Jeśli rozkład nie był normalny, przeprowadzono test Kruskala–Wallisa. Różnice były istotne statystycznie, gdy $P < 0,05$. Wszystkie dane zostały przeanalizowane przy użyciu programu Statistica ver. 13.3.

4. Wyniki

Uzyskane wyniki oceny ściółki zostały przedstawione w tabeli 2.

Po 7 dniach doświadczenia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w pH ściółki. Ściółka zebrana z grup K i E odznaczała się istotnie niższym poziomem suchej masy i istotnie wyższym ($P < 0,05$) poziomem wilgotności w porównaniu z pozostałymi grupami.

Po 14 dniach doświadczenia pH ściółki z grup E i A wyniosło 6,225 oraz 6,343 i było niższe ($P<0,05$) w porównaniu z grupą B. Ściółka zebrana z grupy B charakteryzowała się istotnie wyższym poziomem suchej masy (rys. 1) i istotnie niższym poziomem wilgotności w porównaniu z grupami K, P, T i A.

Po 21 dniach doświadczenia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w pH ściółki, choć pH ściółki we wszystkich grupach doświadczalnych było niższe niż w grupie kontrolnej. Ściółka z grupy P charakteryzowała się niższym ($P < 0,05$) poziomem suchej masy i istotnie wyższym poziomem wilgotności w porównaniu z pozostałymi grupami. Ponadto ściółka z grup E i T cechowała się istotnie wyższym poziomem suchej masy i istotnie niższym poziomem wilgotności w porównaniu z grupami A i B.

Po 28 dniach doświadczenia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w pH ściółki. Ściółka z grup K, P i E charakteryzowała się wyższym ($P < 0,05$) poziomem suchej masy oraz niższym ($P < 0,05$) poziomem wilgotności w porównaniu z grupami T, A i B. Ponadto ściółka z grupy P cechowała się istotnie wyższym poziomem suchej masy i istotnie niższym poziomem wilgotności w porównaniu z grupą K.

Po 35 dniach doświadczenia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w pH ściółki, choć pH ściółki we wszystkich grupach doświadczalnych było niższe niż w grupie kontrolnej.

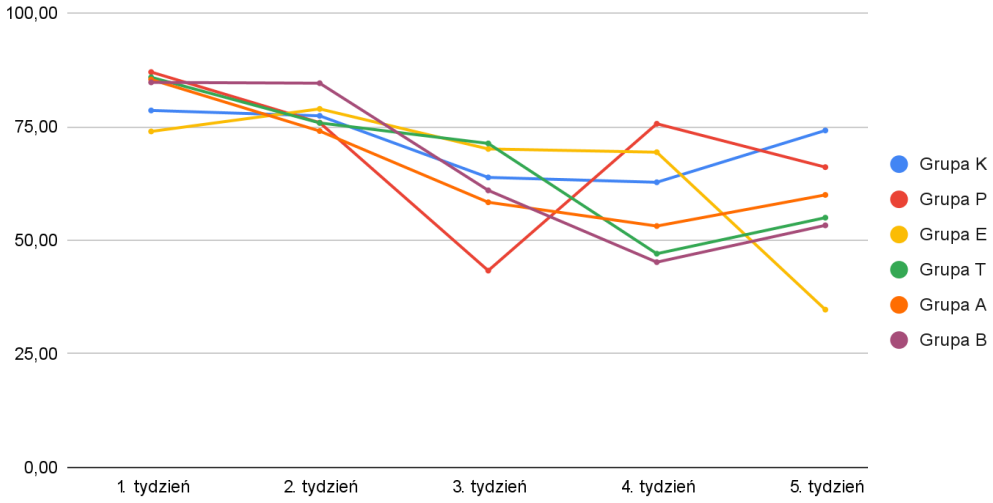
Tabela 2. Wyniki analiz laboratoryjnych oceny ściółki

Parametr	K	P	E	T	A	B	SEM	P-value
Dzień 7.								
pH	5.926	6.096	5.956	5.961	6.118	5.931	0.029	0.203
Sucha masa (%)	78.58^{a}	87.03^{b}	73.95^{a}	85.87^{b}	85.38^{b}	84.76^{b}	1.192	0.001
Wilgotność (%)	21.41^{a}	12.96^{b}	26.04^{a}	14.12^{b}	14.61^{b}	15.23^{b}	1.192	0.001
Dzień 14.								
pH	6.578^{ab}	6.506^{ab}	6.225^{a}	6.538^{ab}	6.343^{a}	6.833^{b}	0.053	0.014
Sucha masa (%)	77.39^{a}	75.89^{a}	78.91^{ab}	75.94^{a}	74.04^{a}	84.58^{b}	0.918	0.001
Wilgotność (%)	22.60^{a}	24.10^{a}	21.08^{ab}	24.15^{a}	25.95^{a}	15.41^{b}	0.918	0.001
Dzień 21.								
pH	7.023	6.446	6.646	6.763	6.406	6.718	0.085	0.330
Sucha masa (%)	64.83^{a}	43.32^{b}	70.43^{ac}	71.31^{ac}	58.37^{ad}	61.98^{ad}	2.437	0.001
Wilgotność (%)	35.16^{a}	56.67^{b}	29.56^{ac}	28.68^{ac}	41.62^{ad}	38.01^{ad}	2.437	0.001
Dzień 28.								
pH	6.288	6.223	6.078	6.066	6.513	6.720	0.131	0.597
Sucha masa (%)	62.77^{ac}	75.64^{ad}	69.38^{a}	47.04^{b}	53.14^{b}	45.19^{b}	2.789	0.001
Wilgotność (%)	37.22^{ac}	24.35^{ad}	30.61^{a}	52.95^{b}	46.85^{b}	54.80^{b}	2.789	0.001
Dzień 35.								
pH	7.021	6.255	6.741	5.711	6.380	6.253	0.193	0.498
Sucha masa (%)	74.17^{a}	66.09^{bc}	34.73^{bde}	54.98^{bdf}	53.28^{bdf}	59.99^{bcf}	3.007	0.001
Wilgotność (%)	25.82^{a}	33.90^{bc}	65.26^{bde}	45.01^{bdf}	46.71^{bdf}	40.01^{bcf}	3.007	0.001

a, b, c, d, e, f – statystycznie istotne różnice na poziomie $P < 0.05$; K – grupa kontrolna; P – grupa otrzymująca otoczkowany maślan wapnia (otoczkowany inną metodą w porównaniu z grupą B) (do 68% kwasu masłowego); E – grupa otrzymująca otoczkowany maślan wapnia (do 28,3% kwasu masłowego + nośniki, takie jak mleczan wapnia i bentonit); T – grupa otrzymująca tributyrynę; A – grupa otrzymująca monolaurynian alfa-glicerolu; B – grupa otrzymująca otoczkowany maślan wapnia (do 68% kwasu masłowego); SEM – błąd standardowy średniej

b, d, e, f – brak różnic istotnych statystycznie

Ściółka z grupy K charakteryzowała się najwyższym ($P < 0,05$) poziomem suchej masy i istotnie najniższym poziomem wilgotności w porównaniu z pozostałymi grupami. Ściółka z grupy P cechowała się $P < 0,05$ poziomem suchej masy i $P < 0,05$ poziomem wilgotności w porównaniu z grupami E, T i A. Ponadto ściółka z grupy E charakteryzowała się istotnie niższym poziomem suchej masy i istotnie wyższym poziomem wilgotności w porównaniu z grupami T, A i B.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Zawartość suchej masy w ściółce dla grup w poszczególnych tygodniach odchowu (%)

5. Podsumowanie

W chowie kurcząt brojlerów pH i wilgotność ściółki są czynnikami krytycznymi ze względu na ich wpływ na zdrowie ptaków i warunki środowiskowe w kurniku. Materiały ściółkowe bezpośrednio wpływają na występowanie i nasilenie zapalenia poduszki stopy (FPD), które może być zaostrzone przez wysoką wilgotność ściółki i zbrylanie [3]. Dodatkowo zawartość wilgoci w ściółce jest ściśle związana z emisją szkodliwych gazów, takich jak amoniak (NH_3) i dwutlenek węgla (CO_2), które mogą wpływać na jakość i dobrostan ptaków [10]. Ponadto aktywność wody (Aw), miara zależna od zawartości wilgoci, wskazuje na aktywność drobnoustrojów i jest istotna w przypadku zarządzania zapachami i ryzykiem mikrobiologicznym [5].

Niektóre materiały ściółkowe, takie jak piasek i wermikulit, mogą mieć wysoką zdolność pochłaniania wilgoci, a także prowadzić do zwiększonej emisji NH_3, co jest szkodliwe dla środowiska i zdrowia ptaków [13]. Dodatkowo rodzaj podłoża może oddziaływać na zawartość wilgoci w odchodach, co z kolei wpływa na ogólny poziom wilgotności ściółki [14].

W przeprowadzonym doświadczeniu oceniano wpływ różnych dodatków żywieniowych na parametry ściółki w odchowie kurcząt brojlerów przez okres 35 dni. Wyniki analizy wykazały istotne statystycznie zmiany w zależności od zastosowanych dodatków oraz czasu trwania doświadczenia.

Po 7 dniach doświadczenia nie zaobserwowano istotnych różnic w pH ściółki, jednak ściółka zebrana z grupy kontrolnej oraz grupy otrzymującej otoczkowany maślan wapnia (do 28,3% kwasu masłowego + nośniki, takie jak mleczan wapnia i bentonitu) cechowała się niższym poziomem suchej masy i wyższą wilgotnością w porównaniu z pozostałymi grupami.

Po 14 dniach doświadczenia w grupach otrzymujących otoczkowany maślan wapnia (do 28,3% kwasu masłowego + nośniki, takie jak mleczan wapnia i bentonitu) i monolaurynian alfa-glicerolu pH ściółki było istotnie niższe niż w grupie otrzymującej otoczkowany

maślan wapnia (do 68% kwasu masłowego). Kwas masłowy jest związkiem, który może wpływać na obniżenie pH treści pokarmowej jelit (przez wzgląd na jego kwaśny charakter), co może mieć pośredni wpływ na pH środowisko – ściółka poprzez wydalone niestrawione resztki pokarmowe. Ponadto ściółka pozyskana od grupy otrzymującej otoczkowany maślan wapnia (do 68% kwasu masłowego) odznaczała się wyższą zawartością suchej masy i niższym poziomem wilgotności w porównaniu z większością pozostałych grup.

Po 21 dniach doświadczenia we wszystkich grupach doświadczalnych zaobserwowano obniżenie wartości pH ściółki względem grupy kontrolnej. Ściółka z grupy otrzymującej otoczkowany maślan wapnia (otoczkowanie inną metodą w porównaniu z grupą B) (do 68% kwasu masłowego) odznaczała się niższym poziomem suchej masy i wyższą wilgotnością w porównaniu z pozostałymi grupami.

Po 28 i 35 dniach doświadczenia nie stwierdzono istotnych różnic w pH ściółki, jednak zaobserwowano zmiany w zawartości suchej masy oraz wilgotności ściółki w zależności od zastosowanych dodatków. Ściółka z grup otrzymujących otoczkowany maślan wapnia (otoczkowanie inną metodą w porównaniu z grupą B) (do 68% kwasu masłowego) oraz grupy kontrolnej charakteryzowała się wyższą zawartością suchej masy i niższą wilgotnością w porównaniu z pozostałymi grupami.

Należy zauważyć, że zastosowane dodatki paszowe, zwłaszcza zawierające otoczkowany maślan wapnia (otoczkowanie inną metodą w porównaniu z grupą B) (do 68% kwasu masłowego) i otoczkowany maślan wapnia (do 28,3% kwasu masłowego) z udziałem nośników, takich jak mleczan wapnia i bentonit, miały pozytywny wpływ na jakość ściółki poprzez obniżenie jej pH. Spadek pH ściółki może oddziaływać na dobrostan ptaków poprzez zmniejszenie aktywności bakteryjnej i enzymatycznej w ściółce, zmniejszając w ten sposób powstawanie amoniaku i zapobiegając rozwojowi FPD.

Na podstawie uzyskanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić, czy stosowane dodatki wpływają na poziom wilgotności ściółki, zwłaszcza że wilgotność ściółki zależy nie tylko od czynników żywieniowych, ale także od czynników środowiskowych, takich jak nieszczelne poidła czy brak lampy grzewczej w danym miejscu. Dalsze badania są niezbędne w celu pełnego zrozumienia mechanizmów działania tych dodatków oraz ich wpływu na jakość ściółki i zdrowie zwierząt.

Literatura

[1] Barekatain R., Chalvon-Demersay T., McLaughlan C., Lambert W.: Intestinal barrier function and performance of broiler chickens fed additional arginine, combination of arginine and glutamine or an amino acid-based solution. Animals, 2021, 11(8), 2416.

[2] Baza Internetowy System Aktów Prawnych (ISAP), Dziennik Ustaw 2023, poz. 1149.

[3] Bilgili S. F., Hess J. B., Blake J. P., Macklin K. S., Saenmahayak B., Sibley J. L.: Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research, 2009, 18(3), 583–589.

[4] Chen G., Zhuo R., Ding H., Yang K., Xue J., Zhang S., Chen L., Yin Y., Fang R.: Effects of dietary tributyrin and physterol ester supplementation on growth performance, intestinal morphology, microbiota and metabolites in weaned piglets. J. Appl. Microbiol. 2021, 132, 2293–2305.

[5] Dunlop M. W., McAuley J., Blackall P. J., Stuetz R. M.: Water activity of poultry litter: Relationship to moisture content during a grow-out. Journal of Environmental Management, 2016, 172, 201–206.
[6] Gilani S., Chrystal P. V., Barekatain R.: Current experimental models, assessment and dietary modulations of intestinal permeability in broiler chickens. Animal Nutrition, 2021, 7(3), 801–811.
[7] Gong L, Xiao G, Zheng L, Yan X, Qi Q, Zhu C, Feng X, Huang W, Zhang H.: Effects of Dietary Tributyrin on Growth Performance, Biochemical Indices, and Intestinal Microbiota of Yellow-Feathered Broilers. Animals (Basel), 2021, Dec 1;11(12):3425. doi: 10.3390/ani11123425.
[8] Goo D., Kim J. H., Choi H. S., Park G. H., Han G. P., Kil D. Y.: Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. Poultry science, 2019, 98(3), 1153–1160.
[9] Goo D., Kim J.H., Park G.H., Delos Reyes J.B., Kil D.Y.: Effect of Heat Stress and Stocking Density on Growth Performance, Breast Meat Quality, and Intestinal Barrier Function in Broiler Chickens. Animals, 2019, 9, 107. https://doi.org/10.3390/ani903010.
[10] Jie D., Zhang Z., He J., Zhou Y., Zhu G.: Impact of waste tea litter on NH3 and CO2 emissions during broiler rearing. Applied Sciences, 2022, 12(5), 2559.
[11] Lan J., Chen G., Cao G., Tang J., Li Q., Zhang B., Yang C. (2021). Effects of α-glyceryl monolaurate on growth, immune function, volatile fatty acids, and gut microbiota in broiler chickens. Poultry Science, 100(3), 100875.
[12] Liang H., Ji K., Ge X., Xi B., Ren M., Zhang L., Chen X.: Tributyrin Plays an Important Role in Regulating the Growth and Health Status of Juvenile Blunt Snout Bream (Megalobrama amblycephala), as Evidenced by Pathological Examination. Front. Immunol. 2021, 12, 652294.
[13] Miles D. M., Rowe D. E., Cathcart T. C.: Litter ammonia generation: Moisture content and organic versus inorganic bedding materials. Poultry Science, 2011, 90(6), 1162–1169.
[14] Peterson R. A., Hellickson M. A., Wagner W. D., Longhouse A. D.: The effect of humidity and flooring type on the moisture content of broiler excrements. Poultry science, 1970, 49(2), 439–443.
[15] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1831/2003 z dnia 22 września 2003 r. w sprawie dodatków stosowanych w żywieniu zwierząt.
[16] Rozporządzenie 2019/6 w sprawie weterynaryjnych produktów leczniczych i uchylające dyrektywę 2001/82/WE, Dz.U.UE.L.2019.4.43.
[17] Suganthi R. U., Malik P. K., Reddy G. B. M.: The Ussing Chamber System: Functioning and Determination of Intestinal Transepithelial Electrical Measurements and Intestinal Integrity in Broiler Chickens. Indian Journal of Animal Research, 2021, 55.11: 1303–1307.
[18] Tan L., Rong D., Yang Y., Zhang B.: Effect of oxidized soybean oils on oxidative status and intestinal barrier function in broiler chickens. Brazilian Journal of Poultry Science, 2018, 20, 333–342.
[19] Van Den Borne J.J.G.C., Heetkamp M.J.W., Buyse J., Niewold T.A.: Fat coating of Ca butyrate results in extended butyrate release in the gastrointestinal tract of broilers. Livestock Science, 2015, 175, 96–100.

[20] Wang J., Zhang H., Bai S., Zeng Q., Su Z., Zhuo Y., Mao X., Yin H., Feng B., Liu J., Zhang K., Ding X.: Dietary tributyrin improves reproductive performance, antioxidant capacity, and ovary function of broiler breeders. Poultry Science, 2021, 100, 101429.
[21] Wang Q., Li B., Wen Y., Liu Q., Xia Z., Liu H., He L., Zhang X., Deng Q., Miao Z., He Y.: Effects of dietary supplementation of glycerol monolaurate on laying performance, egg quality, antioxidant capacity, intestinal morphology and immune function in late--phase laying hens. Poultry Science, 2024, 103(5), 103644.
[22] https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/nik-o-stosowaniu-antybiotykow-w-nbsp-hodowli-zwierzat-w-nbsp-woj-lubuskim.html (dostęp 14.04.2024).

THE EFFECT OF ADDITIVES THAT STRENGTHEN THE INTESTINES INTEGRITY AND STABILIZED THE MICROFLORA OF THE GASTROINTESTINAL TRACT ON THE PARAMETERS OF LITTER IN BROILER CHICKENS REARING

Abstract

Due to the total ban on the use of antibiotics as feed additives for livestock, effective January 1, 2006, a search was launched for alternative sources that could provide similar benefits. The purpose of this study was to determine the effects of several feed additives designed to increase intestinal integrity and stabilize gastrointestinal microflora on litter parameters in broiler chickens. The study was conducted on one-day-old broiler chickens of the Ross 308 line. The birds were divided into six feeding groups – one control and five research groups. On days 7., 14., 21., 28 and 35. of the experiment, the litter was evaluated for pH, moisture level and dry matter content.

Keywords: litter, pH, dry matter, moisture, poultry

Opiekun pracy
dr inż. Damian Konkol

Recenzenci:
dr Joanna Rosenberger
dr Kamil Sierżant

PROBLEMATYKA KONSERWACJI SYMBOLIKI W ARCHITEKTURZE KRAJOBRAZU

Mateusz Nosek

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, SKN Architektury Krajobrazu
ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław

e-mail: mateusznosek.ak@gmail.com

S t r e s z c z e n i e

Coraz większe zainteresowanie zielenią historyczną oraz fenomenem *genius loci* stawia wyzwanie współczesnej architekturze krajobrazu dotyczące metod konserwacji i rekonstrukcji dawnych założeń sztuki ogrodowej. Symbolika odgrywa szczególną rolę w budowaniu indywidualnego charakteru miejsca, jednak jako zasób niematerialny jest wyjątkowo wrażliwa na przekształcenia. Na podstawie przeglądu literatury wspartego wybranymi przykładami przestrzeni symbolicznych zarysowano zasadnicze problemy dotyczące zachowywania i eksponowania elementów symboliki w krajobrazie.

Słowa kluczowe: symbolika krajobrazu, krajobraz kulturowy, symbol, architektura krajobrazu

Cel i metodyka

Poniższa praca jest próbą opisu symboliki w krajobrazie w kontekście jej zagrożeń celem zwiększenia skuteczności konserwacji i ochrony. Próba rozpoznania problemu nietrwałości symbolu w dynamicznie zmieniających się krajobrazach pomoże wypełnić lukę w traktowaniu postępujących przekształceń krajobrazu w zakresie istniejących elementów symbolicznych.

Na potrzeby analizy i typologizacji zagrożeń symboliki w krajobrazie oparto się na przeglądzie literatury współczesnej podejmującej tematykę symboliki w aspektach dotyczących ich bytowania w krajobrazie oraz zachodzących przekształceń. Określone na podstawie źródeł zagrożenia zilustrowano wybranymi przykładami przemian przestrzeni symbolicznych, przedstawiając praktyczną próbę ujęcia tematu. Interpretowane w pracy zagrożenia podzielono na wynikające z trudności identyfikacji zasobów o charakterze symbolicznym, ich politycznego wymiaru, aspektu ekonomicznego, odniesiono się również do wyzwań związanych z obserwowanymi zmianami klimatu.

Wprowadzenie

Symbol – pojęcie łączące domenę materialną i niematerialną, stanowi nierozłączny element naszej kultury. Powszechne występowanie wątków symbolicznych w sztuce projektowania krajobrazu rodzi problem ich konserwacji. Jednocześnie współczesny kryzys zmniejszenia

obecności symboli w sztuce oceniany jest jako zjawisko szkodliwe, którego pogłębiające się skutki wpływają negatywnie na jej jakość i odbiór [13]. Wobec braku usystematyzowanych metod ochrony przyjrzano się płaszczyźnie znaczeniowej w kontekście architektury krajobrazu, jej właściwościom i zagrożeniom.

Obecny stan wiedzy z zakresu tematu pracy ma charakter interdyscyplinarny i rozproszony. Potrzeba ochrony symboliki w krajobrazie zauważana jest przede wszystkim w aspektach konserwacji zabytków [5] oraz historycznych założeń zieleni [6], w zakresie ochrony krajobrazu kulturowego [7, 11], koncepcjach filozofii postrzegania krajobrazu [13] oraz studiach dotyczących pamięci i dziedzictwa kulturowego [7, 10]. Funkcjonujące w literaturze pojęcie *genius loci*, jako związane z niematerialnymi elementami założeń, stanowi przykład terminu łączącego dziedziny, odnoszącego się ściśle do studiów przestrzeni. W tym kontekście symbol w architekturze krajobrazu można definiować jako znak (mający rzeczywistą reprezentację) o ukierunkowanym, niejednoznacznym przekazie. Owa sugestia znaczenia w krajobrazie ma przede wszystkim postać przestrzenną (formalną część założenia obejmującą np. układ przestrzenny, roślinność, architekturę itp.), jednak należy podkreślić występowanie postaci płaskich (inskrypcje, grafiki) oraz bodźców niemających wymiaru wizualnego (zapach, dźwięk, dotyk). Często symbole reprezentowane są przez złożone układy wrażeń pochodzących jednocześnie z percepcji przestrzeni wraz ze wszystkimi jej elementami i cechami – ograniczeniem w tym zakresie jest ich celowość mająca połączyć odbiorcę z zamierzonym przekazem. W kontekście tematu warto również zwrócić uwagę na idee stojące za założeniami, mogące nadawać status symbolu całemu kompleksowi w myśl zasady, że dzieło samo w sobie jest reprezentacją twórczej idei [5] – składową *genius loci*.

Obecność symbolu w sztuce kształtowania krajobrazu

Człowiek osadzony w kontekście krajobrazu postrzega go w sposób zróżnicowany, zależny od indywidualnych doświadczeń. Jakkolwiek elastyczna, ta podstawa pozwala zwrócić uwagę na niejednoznaczność przestrzeni, brak jej definitywnego kodu mówiącego jak człowiek powinien ją postrzegać [2]. Dzieła sztuki mimo autorskiej intencji, konkretnego znaczenia nadanego przez twórcę, również czytane są przez odbiorców w różnorodny sposób. Sama subiektywna natura interpretacji nie pozwala na jednoznaczną komunikację między autorem a odbiorcą. Kontakt tych dwóch, a zarazem możliwość przekazania zgromadzonej w dziele sztuki idei zależny jest od z jednej strony z funkcjonowania w ramach płaszczyzny kulturowej umożliwiającej zrozumienie, a z drugiej – zdolności poznawczych [12, 13]. Szczególną rolę w dialogu artysty z odbiorcą poprzez dzieło, w kontekście obiektów historycznych, ma konserwator, którego wrażliwość i wiedza są kluczowe dla jej wierności [5]. Świadomość zagrożeń dla symboliki, choć jest jedynie aspektem ochrony dzieł sztuki dla krajobrazu oraz jego nieustannie zmiennego charakteru, jest szczególnie istotna ze względu na doskonalenie całościowego pojmowania obiektu i jego konserwacji.

Sztuka ogrodowa z całą pewnością jest sztuką – wspólnie z innymi mediami projektowana przestrzeń poza wartościami estetycznymi może być nośnikiem bogatych właściwości emocjonalnych i kulturowych [1]. Warstwa znaczeniowa również jest zależna w odbiorze od obopólnego zrozumienia środków wyrazu i ich metaforycznego wydźwięku. W kontekście obiektów historycznych poza formą i treścią pojawia się problem upływu

czasu. Obecnie żyjący człowiek jest w stanie poznać historyczne realia i na ich podstawie przybrać postawę interpretacji dawnych dzieł sztuki, co nie jest możliwe w projektowaniu „na przyszłość". Zmiany granic i gustów, a w szerszej perspektywie nurtów myślowych i całych społeczeństw stwarza społeczne zagrożenie dla warstw znaczeniowych dzieł sztuki, które w ich wyniku mogą stać się niepożądane i ulegać przekształceniom bądź destrukcji [7]. Symbolika, wynikająca z wielowiekowych nawarstwień kultury, zdaje się być odporna na wspomniane przemiany, jednak miejsca, w których została zawarta (jej nośnik), cechuje wyjątkowa wrażliwość. Warto zaznaczyć różne pojmowanie roli symboliki w sztuce kształtowania krajobrazu w różnych skalach, której pozycja determinowana jest między innymi ugruntowaniem tej dyscypliny w tradycji miejsca, narodu, a także doświadczeniami wspólnoty [10, 12].

Praktyczny wymiar konserwacji symbolu

Czy wobec powyższych założeń „konserwacja symboliki" w krajobrazie jest możliwa? Ciągłość historii gwarantuje trwałość zachowania nawet abstrakcyjnych konceptów w czasie. Ich wzajemne wypieranie i tworzące się w ich wyniku nawarstwienia nie prowadzą do destrukcji, ale podobnie groźnego dla ochrony dziedzictwa zagłuszania oryginalnych idei. Dopiero przerwanie spójnej ewolucji krajobrazu wskutek drastycznych przemian (np. masowych przekształceń terenu) jest w stanie zniszczyć ślady nośników wartości symbolicznych, a w konsekwencji wyeliminować symbol i świadectwo jego istnienia z przestrzeni. Znacznie bardziej powszechne jest zacieranie znaczeń symbolicznych w czasie. Krajobraz jako koncept podległy ciągłym przemianom nieuchronnie dąży do zatarcia śladów człowieka, a i on sam wskutek niezrozumienia bądź celowych działań przyczynia się do eliminacji wcześniej nadanych znaczeń [7, 8].

Należy nadmienić ogólnie różną trwałość nośników – obiekty przestrzenne, w tym układy kompozycyjne zdają się być najbardziej odporne. Architektura i jej elementy są silnie podporządkowane stojącymi za nimi ideami, których akceptacja (lub jej brak) w przestrzeni zależna jest od woli odbiorców. Techniczna kruchość tworzywa sprawia, że nawet elementy planowane jako niezniszczalne ulegną upływowi czasu, jednak ochrona i konserwacja pozwalają na przetrwanie tych obiektów, a w razie ich utraty, na dokładną rekonstrukcję [7]. Forma architektoniczna różni się znacznie od formy roślinnej, której tworzywo ulega ciągłej ewolucji – ta, nawet odgórnie projektowana i formowana, będzie rozwijać się własną ścieżką. Roślina jako nośnik symbolu jest zjawiskiem najtrudniejszym dla architekta krajobrazu, ponieważ stwarza konieczność reagowania na postępujące zmiany, łącznie z ujmowaniem metod konserwacji symbolu po obumarciu oryginalnego nośnika, co jest szczególnie zauważalne w przypadku drzew historycznych [4].

Uwiecznienie obiektów w postaci grafik i opisów mimo tworzenia możliwości rekonstrukcji przywracającej ich formę, sposobnie do charakteru takich działań, nie przywróci oryginalnego ducha dzieła i jego znaczenia, będąc wyrazem współczesnej epoki. Mimo powyższego, uznając ogólnie trwałą naturę *genius loci*, działania konserwatorskie w kontekście nośników symboli mają rację bytu jako zachowujące ich integralność, eksponujące walory estetyczne, przyrodnicze etc., a w konsekwencji także przywracania lub redefiniowania znaczeń symbolicznych [7, 8].

Identyfikacja i wola identyfikacji

Zdaje się, że największym problemem konserwacji obiektów symbolicznych jest brak identyfikacji i zrozumienia ich treści. Krajobraz kulturowy jest jednak konceptem abstrakcyjnym w założeniu, że oprócz części namacalnych składa się również z przejawów ingerencji człowieka o charakterze niematerialnym jak idee i metafory. Sam niejednoznaczny i zależny od odbiorcy charakter symbolu utrudnia dobór metod jego ujmowania i oceny. W kontekście wymiernych elementów krajobrazu – w szczególności układów przestrzennych, architektury i roślinności, ukryte i często niezrozumiałe dla współczesnego odbiorcy treści są nieujmowane w opracowaniach lub bagatelizowane. W efekcie historyczne zespoły cierpią na wybiórcze, doraźne inwestycje degradujące ich ogólnego ducha oraz niespójne z zastanym krajobrazem symbolicznym nowe znaczenia. Obecność dodatkowych znaczeń niemożliwa jest bez ekonomicznej możliwości oraz politycznej woli – zasobami uzależnionymi od świadomości społeczeństwa i gospodarności. Założenia dobrze poznane mogą realizować własną politykę kształtowania tożsamości na podstawie jednolitego kierunku bazującego na konkretnym zestawie skojarzeń i doświadczeń przestrzeni. Przykładami mogą być Zamek Królewski na Wawelu, Pałac w Wilanowie czy Zamek Książ, których silna tożsamość bazuje na dobrze poznanych zasobach. Wśród miejsc tworzących narrację wokół znaczeń symbolicznych można wskazać Pałac Marianny Orańskiej w Kamieńcu Ząbkowickim. Aby to umożliwić, niestety konieczna jest rewizja wielu zdegradowanych krajobrazów, oceny szkód najbardziej charakterystycznych etapów ich historii, a następnie ekspozycji. Źródła zainteresowania walorami pozamaterialnymi są równie złożone co ich znaczenia – mimo zespolenia z naturą człowieka ich społeczna rola słabnie [13].

Społeczno-polityczny wymiar symboli

Postępujące zmiany społeczne jako nieunikniona siła stale redefiniuje percepcję obiektów o charakterze symbolicznym. Dezaktualizowanie jednych wartości niekoniecznie oznacza upamiętnianie drugich – działania te rzadko mają charakter usystematyzowany, jednak można określić główne zagrożenia symboli w krajobrazie. Z tego podłoża można wyodrębnić motywy polityczne – związane ze światopoglądem grupy i ogólnospołeczne, wynikające z powszechnie zachodzącej ewolucji społeczeństwa. Każdy z nich odpowiedzialny jest za działania (lub ich brak) wobec nośników wartości symbolicznych jak i samych symboli. Historycznymi przykładami negatywnych działań motywowanych politycznie na gruncie polskim mogą być akcje niszczenia obiektów kulturowego dziedzictwa na terenie Ziem Zachodnich przez powojenne władze, współcześnie natomiast nośniki ulegają dewastacji w miejscach upamiętniających żołnierzy radzieckich i LWP [11]. Zarówno ideologiczne działania jednostek, jak i interes polityki historycznej definiują przyszłość obiektów cennych historycznie. Klimat polityczny nie pozwala prowadzić efektywnej ochrony obiektów uznanych za kontrowersyjne – przyszłość niektórych, jak chociażby, wśród wielu śladów kultury niemieckiej, pomnika SA w parku Wschodnim we Wrocławiu jest niepewna, a jego niewątpliwie duże walory symboliczne są zagrożone[1]. Perspektywy konserwacji takich obiektów stanowią problem natury etycznej, gdzie

[1] Obiekt o charakterze memoratywno-kultowym okresu nazistowskiego przetrwał wojnę. Po denazyfikacji obejmującej zdjęcie swastyk i dalszej wandalizacji forma zachowuje silnie emocjonalny wydźwięk, jednak do tej pory nie podjęto tematu przyszłości obiektu.

zdezaktualizowany wymiar znaczeniowy uniemożliwia przywrócenie oryginalnego wydźwięku i konieczna jest zmiana treści [7].

Doskonale ilustrującym polem wpływu polityki na wartości pozamaterialne jest temat rekonstrukcji. Różnorodność przykładów nie pozwala na jednoznaczną ocenę, jednak ich duża radykalność jako działań o charakterze konserwatorskim uwydatnia możliwe zagrożenia. Przede wszystkim aspekt wierności, będący fundamentalnym elementem jakiejkolwiek konserwacji, jest skrajnie zagrożony w przypadku przywracania obiektów do przestrzeni. Brak możliwości całkowitego poznania zdaje się być kluczowy, a zetknięcie go z wolą polityczną rodzi poniekąd niemożliwą do spełnienia presję. Rekonstrukcji podlega bowiem forma – wszelkie aspekty autorskiej intencji zawarte w dziele, jak i jego autentyczność wyrazu mają zostać powtórzone w warunkach dla oryginału minionych, co przenosi ciężar treści dzieła z oryginalnego autora na wrażliwego konserwatora [5]. Bez wątpienia jednak chcemy obcować z utraconym, a efekty tej romantyzacji dziedzictwa podlegają współczesnym gustom. Przypadki wrocławskie, trudne w ocenie, zwracają jeszcze uwagę na konieczność pochylenia się nad kontekstem przestrzennym i zadbaniem o oryginał obiektu[2], wrażliwością pamięci zbiorowej oraz koniecznością obiektywnego traktowania obiektów o trudnej historii[3], wreszcie aktualizacji znaczeń[4]. Każdy z powyższych tematów powinien być rozważony nie tylko przez osoby decyzyjne, ale przede wszystkim odbiorców przestrzeni, na których spoczywa główna odpowiedzialność (a być może przywilej?) dialogu z dziełem i jego twórcą. Wbrew wymienionym uwagom ocenia się współczesne rekonstrukcje jako, jeśli nie w oryginalnej formie, to chociaż symbolicznie reprezentujące dawne krajobrazy, pielęgnujące dawne doświadczenie przestrzeni z uwspółcześnionymi znaczeniami [9].

Ogólnospołeczne przemiany przejawiają się m.in. ubożeniem wymiaru symbolicznego przestrzeni publicznej, zmianą percepcji detalu architektonicznego czy dezaktualizacją dawnych wartości [2, 13]. Ewolucyjny charakter tych przemian zdaje się nie być możliwy do przewidzenia, a elastyczność kultury w tworzeniu nowych znaczeń może być bezwzględna dla przyszłości tych historycznych. Wyraźna jest konieczność uświadomienia konserwatorom i praktykom architektury krajobrazu różnic między oryginalnym a współczesnym rozumieniem występujących w przestrzeni symboli celem spowolnienia ich degradacji. Jak zauważono, w przypadkach historycznych sama wartość obiektu rzadko będzie respektowana bez akceptacji społeczeństwa[5] [7, 9, 11].

Symbol a zmiany klimatu

Z założenia architektura oraz układy funkcjonalne przestrzeni są nośnikami znaczeń symbolicznych odpornych na upływ czasu oraz zmienność środowiska. Historyczne elementy

[2] Rekonstrukcję pomnika Josepha von Eichendorffa wzniesiono w nieodpowiadającej lokalizacji, odbierając spacerowy charakter i nadając skądinąd monumentalnej wymowy. Cokół pozostaje bez figury w oryginalnej lokalizacji (stan na 15.04.2024 r.).

[3] Pomnik 6 Regimentu Artylerii Polowej na pl. św. Macieja został odtworzony jako forma architektoniczna, która pozbawiona informacji o oryginalnym charakterze memoratywnym odbiera wartości lokalnego nośnika pamięci.

[4] Zrekonstruowany pomnik Friedricha Schillera zawiera zmienione inskrypcje, zmieniając wymowę obiektu w dostosowaniu do jego współczesnych odbiorców.

[5] W temacie na uwagę zasługuje publikacja R. Makały „Zachować, zmienić, zburzyć. Losy pomników w czasach przemian", Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań 2022.

zagospodarowania będące elementami sztuki ogrodowej takie jak aleje, boskiety czy łąki, mimo ich genezy związanej z nasadzeniami, bywają rekonstruowane jako formy pozbawione roślinności[6], co chroni je przed zmiennością jako obiekty przestrzenne [1]. Projektowany krajobraz składa się jednak również z elementów nietrwałych i niezdatnych do przewidzenia – obecność w przestrzeni gatunków roślin i zwierząt o charakterze symbolicznym jest dla konserwatora i projektanta osobnym wyzwaniem [4].

Podziwiając krajobraz, człowiek ma okazję do zadumy, która w przypadku gatunków-symboli ma szczególny, kulturowy wymiar. Kontakt z osadzonymi w elementach przestrzeni symbolicznymi wartościami odbywa się dzięki powszechnemu dla grupy odbiorców (cywilizacji, narodu etc.) znaczeniu. Wielowiekowe tradycje kultur jednocześnie ograniczają zasób obiektów symbolicznych. Ich limitowana pula w kontekście chorób, ekspansji gatunków inwazyjnych czy introdukowania obcych szkodników powodowała w historii ograniczanie ich występowania i wypieranie z krajobrazów kulturowych. W obliczu globalnych zmian klimatycznych istnieje ryzyko wypierania z rodzimych obszarów i wymierania gatunków cennych kulturowo. Pod znakiem zapytania stoją nie tylko zwierzęta, ale również rośliny [3], które stanowią silnie zakorzeniony element kultury [4]. Niewykluczona jest konieczność utworzenia symbolicznych znaczeń do nowych nośników, które dostosowane będą do dynamicznie zmieniającej się przyrody. Jakkolwiek romantyczna jest idea gatunków-symboli, ograniczenie ich naturalnego występowania i zacieranie rozpoznawalności zredukują możliwości wyrazu treści metaforycznych w przyszłej architekturze krajobrazu i całej kulturze.

Symbol na przeszkodzie kapitału i nowych wyzwań przestrzeni

Innym aspektem zmian klimatycznych jest zauważalny zwłaszcza na terenach zurbanizowanych trend zazieleniania przestrzeni publicznych. Ten reakcyjny ruch ma genezę we wzrastającej świadomości społeczeństwa na temat wartości terenów zielonych w miejscach dotychczas jej pozbawionych. Społeczna chęć inwestycji w zieloną i błękitno-zieloną infrastrukturę, jakkolwiek pozytywna dla bioklimatologii [14], stanowi potencjalne zagrożenie ugruntowanych w przestrzeni znaczeń. Inicjatywy proklimatyczne szczególnie dotykają struktury przestrzennej poprzez wprowadzenie nowych kubatur roślin oraz układów nasadzeń czy dodanie kolejnych warstw znaczeniowych mogących rozmywać oryginalne wrażenie.

Przykład trwających przekształceń wrocławskiego placu Nowy Targ [15] obrazuje, jak motywowane zazielenianiem terenów miejskich działania wpływają na oryginalną kubaturę przestrzeni, zmieniając percepcję historycznego układu. Historyczny plac przez wprowadzone nowe układy zieleni zmniejszy się i zyska nową tożsamość. Trudno uznać współczesne działania jako wymierzone przeciw symbolicznej tradycji miejsca, jednak plac poddany rewaloryzacji zmieni się kosztem utraty lub zniekształcenia poprzednich znaczeń. Poruszona kwestia zmian kubatury przestrzeni oraz jej elementów, chociaż ważna w perspektywie obecnych trendów w architekturze krajobrazu, nie jest wyłącznie domeną wprowadzania zieleni – przypadki Kutna i Włocławka [14] pokazują duży wpływ współczesnych przekształceń na odczuwane wrażenia. Świadomość istnienia symbolicznych znaczeń w przestrzeni pomoże jeśli nie w oryginalnym, to w najmniej zdeharmonizowanym zachowaniu krajobrazów.

[6] Przykładem może być rekonstrukcja części rabat w parku Mużakowskim, które zastępuje kreacja konserwatorska wskazująca ich historyczną objętość, a pozbawiona współczesnych nasadzeń.

Oczywiście problem aktualizacji zagospodarowania terenu dotyka również obszarów w większej skali. Powszechnym problemem jest wadliwa lokalizacja obiektów degradujących doświadczenia przestrzeni, dopasowywanie ochrony krajobrazów otwartych do fikcyjnych dla odbiorcy granic administracyjnych, wreszcie priorytetyzacja walorów ekonomicznych nad estetyczne. Często powyższe są argumentowane wolą zysku, a w ich konsekwencji oryginalnie spójne założenia bywają systematycznie okrajane i szpecone, również przy braku świadomości konsekwencji działań wśród inwestorów i osób decyzyjnych. Jednak zmiana relacji społeczno-ekonomicznych może nie pozwalać na skuteczną ochronę krajobrazu, który mimo walorów zawsze będzie podległy potrzebom niższego rzędu. Silnie zauważalne zjawisko degradacji historycznie ugruntowanych widoków ma miejsce w wertykalizujących się sylwetach miast[7]. Wyłącznie warunki świadomego, zrównoważonego rozwoju są w stanie powstrzymywać lokalizację szkodliwych dla warstw metaforycznych inwestycji, a kształtowanie wysokiej świadomości estetycznej może wesprzeć kształtowanie nowych znaczeń, zharmonizowanych z zastanymi krajobrazami. Przy analizie koncepcji znaczeń symbolicznych należy pamiętać o aspekcie naturalności krajobrazów otwartych, których społeczna rola systematycznie rośnie. Obszary „dzikie" w kontekście dynamicznego progresu technologicznego stają się ostoją nie tylko o charakterze wypoczynkowym, ale również zachowują tożsamość miejsca [8]. Choć daleko im od mistycznych puszcz sprzed wieków, mnogość znaczeń pochodzących z terenów naturalnych jest tam nadal obecna.

Podsumowanie

Symbol jest niezaprzeczalną częścią krajobrazu, jednocześnie trudność w jego opisie i niejednoznaczności pojęcia uniemożliwia systemowe działania i naraża na marginalizację jego wartości. Jego bytowanie w przestrzeni związane jest zarówno z zamysłem projektanta, później interpretowanym przez konserwatora, jak i w szerszym rozumieniu zdolności kultury do identyfikacji zawartych znaczeń. Zasób nośników symboli jest ograniczony, co w obliczu ich zacierania i wypierania tworzy istotne zagrożenie krajobrazu kulturowego. Jednoczesny rozwój badań dotyczących różnorodnych *genius loci* oraz procesów wpływających na kształtowanie pamięci zbiorowej poprawia stan wiedzy, pozwalając na dokładniejsze opisy również bardziej skomplikowanych przestrzeni. W praktyce interdyscyplinarne podejście łączące architekturę krajobrazu i historię sztuki przy dogłębnej analizie formy i treści przestrzeni z poznaniem historycznych przekształceń oraz dużej wrażliwości odbiorców pozwoli na opis i ochronę wartości, także tych pozamaterialnych w krajobrazie. Zauważalna jest konieczność reagowania na zmieniające się znaczenia istniejących zasobów celem ochrony walorów zabytkowych oraz artystycznych i świadomego dostosowania ich do współczesnych potrzeb.

Opisane zagrożenia stanowią w opinii autora większość czynników mogących negatywnie wpływać na obecność i wyrazistość wartości symbolicznych w krajobrazie. Dobrane lokalne przykłady ilustrują procesy zachodzące na różnych płaszczyznach, których odzwierciedlenie można zaobserwować w całościowym pojmowaniu krajobrazu.

[7] Więcej na ten temat pisze W. Oleński w pracy doktorskiej pt. „Postrzeganie krajobrazu miasta w warunkach wertykalizacji zabudowy".

Literatura

[1] Dąbrowska-Budziło K., Symbolika w kształtowaniu i ochronie krajobrazu, Czasopismo Techniczne. Architektura, 2007, Vol. R.104, Z. 5-A, s. 129–131.

[2] Dołęga J.M., Analiza pojęcia symbolu, Studia Philosophiae Christianae, 2003, Vol. 39, 2, s. 77–95.

[3] Dyderski M., et al., How much does climate change threaten European forest tree species distributions?, Global Change Biology, 2018, 24. s. 1150–1163.

[4] Grzywacz, A. Drzewa w krajobrazie kulturowym, Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach, 2011, nr 05, s. 245–259.

[5] Korpal G. Artystyczny aspekt procesu konserwacji, w: Współczesne problemy teorii konserwatorskiej w Polsce, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Warszawa-Lublin 2008, s. 45–50.

[6] Łakomy K., *Genius loci* w sztuce ogrodowej (aspekty historyczne i współczesne), Czasopismo Techniczne. Architektura, 2010, R. 107, Z. 13, 5-A, s. 5–11.

[7] Makała R., Destrukcja, przemiana, akceptacja, w: Zachować, zmienić, zburzyć. Losy pomników w czasach przemian, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań 2022, s. 191–206.

[8] Moszkowicz Ł., Krzeptowska-Moszkowicz I., Naturalne obszary w krajobrazie zachowane dzięki ich *genius loci*, czyli geniuszowi samej przyrody, Czasopismo Techniczne. Architektura, 2010, R. 107, Z. 13, 5-A, s. 39–46.

[9] Nosek M., Ujarzmianie teutońskiego ducha – współczesne rekonstrukcje dawnych pomników Wrocławia jako przykłady kultywacji wielokulturowego dziedzictwa, referat wygłoszony w ramach XXX Jubileuszowej Międzynarodowej Konferencji Naukowej z Cyklu Sztuki Ogrodowej i Dendrologii Historycznej, Kraków 19–21 października 2023.

[10] Pabjan B., Pamięć zbiorowa mieszkańców miasta, studium o badaniach pamięci zbiorowej, Acta Universitatis Lodzinsis Folia Sociologica, 2015, s. 17–37.

[11] Różycki, B. Modyfikowanie symboliki w przestrzeni publicznej na przykładzie działań wobec pomników komunistycznych w Polsce po 1989 r., Społeczeństwo. Edukacja. Język, 2016, Vol. 4, s. 29–44.

[12] St-Denis B., Meanings in Landscape Architecture: Do the Means Fulfil the Aims? Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes, 2020, 40, no. 3–4, s. 238–262.

[13] Uścinowicz J.: Dialektyka znaku i symbolu w architekturze : powrót do przeszłości?, Czasopismo Techniczne. Architektura, 2011, Vol. R. 108, z. 4-A/1, s. 364–371.

[14] Warchalska-Troll A., Pistelok P. (red.), Zieleń w centrach polskich miast. Stan, funkcje i wyzwania, Badania Obserwatorium Polityki Miejskiej, Instytut Rozwoju Miast i Regionów, Warszawa–Kraków 2023.

[15] www.wroclaw.pl/zielony-wroclaw/plac-nowy-targ-przejdzie-zielona-rewolucje-zobaczcie-wizualizacje (dostęp 15.04.2024)

[16] Oleński W., 2014. Postrzeganie krajobrazu miasta w warunkach wertykalizacji zabudowy, Praca doktorska, Repozytorium Politechniki Krakowskiej.

PROBLEMS OF CONSERVATION OF SYMBOLISM IN LANDSCAPE ARCHITECTURE

Abstract

The growing interest in historic greenery and the phenomenon of *genius loci* challenges contemporary landscape architecture regarding methods of conservation and reconstruction of ancient garden art features. Symbolism plays a special role in building the individual character of a place, but as an intangible resource it is particularly vulnerable to transformation. On the basis of a literature review supported by selected examples of symbolic spaces, the fundamental problems concerning the preservation and display of symbolic elements in the landscape are outlined.

Keywords: landscape symbolism, cultural landscape, symbol, landscape architecture

Opiekun
dr Elżbieta Szopińska

Recenzent
dr Robert Sobolewski

ZASTOSOWANIE TENSOMETRU OPOROWEGO WYKONANEGO Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII DRUKU 3D DO POMIARU SIŁ W ŁOŻYSKU

Damian Felkel*, Krystian Grześkowiak

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Studenckie Koło Naukowe Mechatroników „SKM", al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

*e-mail: felkel_damian@zut.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

Niniejsza praca dotyczy wykorzystania foliowego tensometru oporowego do pomiaru sił działających na łożysko, wykonanego przy użyciu filamentu elektroprzewodzącego w technologii druku 3D. Praca zawiera informacje dotyczące budowy zaprojektowanego tensometru, kompletny opis stanowiska pomiarowego oraz wyniki badań wraz z komentarzem autorów.

Słowa kluczowe: druk 3D, tensometry, siła promieniowa, polimery elektroprzewodzące

1. Wprowadzenie

Celem badań było opracowanie czujnika siły, przeznaczonego do współpracy z łożyskami, wykonanego z folii oraz filamentu elektroprzewodzącego [1]. W prezentowanej aplikacji pozwala na pomiar sił promieniowych, działających na łożysko. Zastosowanie materiału elektroprzewodzącego, opartego na półprzewodnikach, pozwala na znaczne zwiększenie zakresu zmian rezystancji pod wpływem odkształceń, co zwiększa czułość czujnika [2]. Motywacją do stworzenia układu była konieczność opracowania systemu czujników, pozwalających odczytywać siły działające w węzłach łożyskowych w stacjach do testowania bezzałogowych statków powietrznych.

2. Projekt czujnika

2.1. Sposób działania tensometru

Tensometry oporowe działają na zasadzie zmiany rezystancji drabinki tensometrycznej pod wpływem odkształceń drabinki tensometrycznej (zmiana grubości drabinki tensometrycznej, jej szerokości oraz długości), wywołanej przez wprowadzenie naprężeń [3]. W czujnikach opartych na półprzewodnikach dodatkowo dochodzi do zauważalnych zmian rezystywności materiału.

Opisywane w artykule czujniki pozwalają na pomiar siły promieniowej w łożysku, będącej jedną ze składowych sił działających w czasie pracy łożyska, powstającej w wyniku obrotu wału zamontowanego na łożysku. Siła promieniowa dociska łożysko do tensometru zamontowanego na wewnętrznej stronie gniazda, zgodnie z wektorem działającej siły, która punktowo naciska tensometr, zmieniając jego wymiary geometryczne.

2.2. Proces projektowania

W odróżnieniu od klasycznego sposobu wykorzystania drukarek 3D [4] opisywane czujniki nie są projektowane bezpośrednio jako modele 3D eksportowane do formatu .STL – takie podejście uniemożliwiałoby dokładne zaprojektowanie struktury wewnętrznej czujnika, kluczowej do uzyskania planowanych parametrów.

Zdecydowano się na ręczne zaprojektowanie trajektorii dyszy, poprzez utworzenie projektu warstwy czujnika w formacie .SVG [5]. Grubość czujnika jest ustawiana bezpośrednio w slicerze (oprogramowaniu do generowania plików .GCODE do drukarek 3D), jako pojedyncza warstwa.

Do testów tensometrów założono połączenie z układem pomiarowym poprzez przewody krokodylkowe. Wyeliminowało to konieczność stosowania spoiwa lutowniczego/kleju elektroprzewodzącego na linii czujnik – przewody układu pomiarowego.

2.3. Proces wytwarzania

Sensory były drukowane bezpośrednio na folii do drukarek laserowych. Folia ta została wybrana ze względu na wysoką odporność na temperaturę, będącą kluczowym parametrem technologicznym przy tworzeniu tensometrów. W innym przypadku mogłoby nastąpić odkształcenie folii pod wpływem ciepła emitowanego przez rozgrzaną dyszę drukarki.

Sensory były wytwarzane w partiach po siedem sztuk. Pomiary rezystancji czujników, bez dodatkowego stanu naprężeń, wykazały różnice w zależności od ich położenia na platformie roboczej drukarki 3D. Sugeruje się użycie warstwy szkła między stołem drukarki a folią, na której nadrukowywane są tensometry w celu niwelacji wpływu krzywizny stołu na grubość drabinki tensometrycznej.

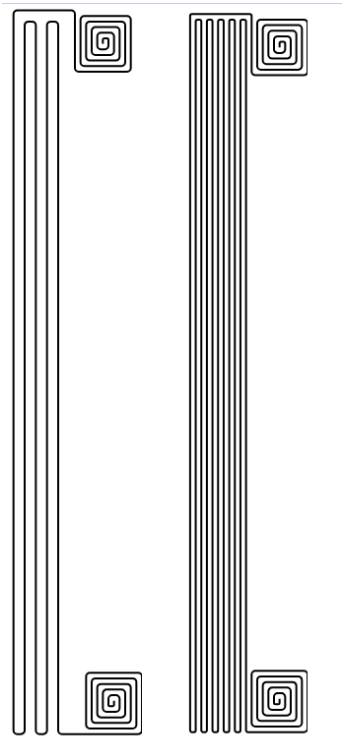
Czujniki zostały wykonane w technologii FDM [6] z materiału Ampere PLA [7], przy temperaturze dyszy wynoszącej 230°C oraz temperaturze stołu wynoszącej 60°C. Do produkcji wykorzystano drukarki 3D Prusa MK3 [8].

2.4. Przedstawienie badanych typów czujników

W przeprowadzonym eksperymencie przetestowano dwa typy czujników (rys. 1), na potrzeby badania wyprodukowane w seriach po siedem sztuk.

Ścieżki tensometru typu K nie stykają się ze sobą, natomiast w przypadku typu D, ze względu na szerokość dyszy, ścieżki stykają się.

Niewielkie wahania w rezystancji kolejnych czujników mogą wynikać obok parametrów druku i kalibracji drukarki z właściwości samego filamentu, takich jak błąd kształtu, nasycenie włóknami CNT [9] oraz krzywizny stołu.

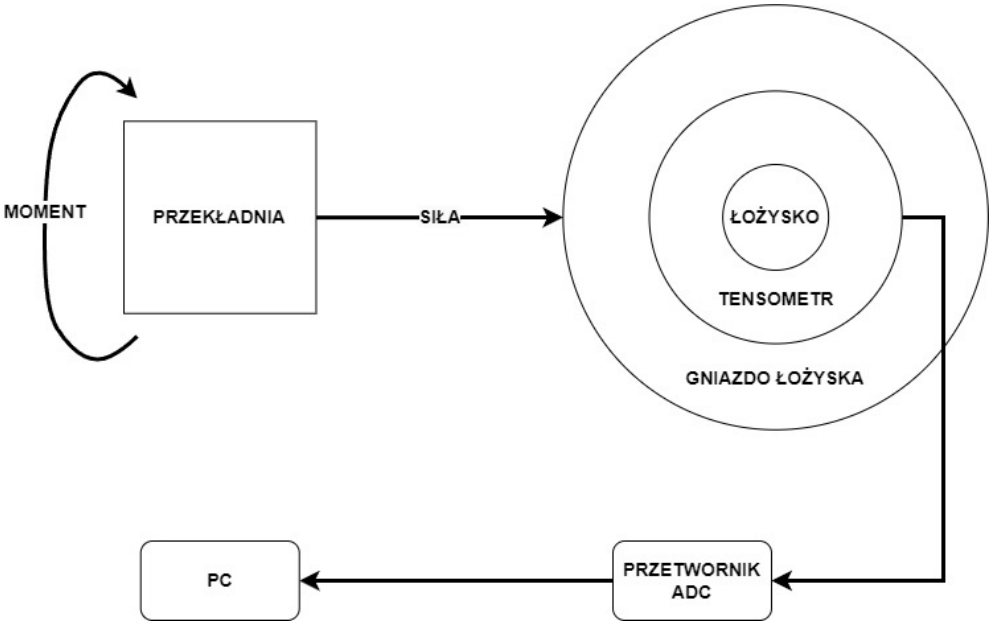


Rys. 1. Porównanie zaprojektowanych sensorów, od lewej: typ K, typ D

3. Stanowisko pomiarowe

Przyrządy użyte w badaniu:

- multimetr,
- płytka deweloperska Arduino z mikrokontrolerem Atmega 328p [10],
- przewody z zaciskami krokodylkowymi,
- tensometr,
- komputer z aplikacją Matlab, służącą do analizy danych przetwornika ADC mikrokontrolera,
- łożysko kulkowe 6201 2RS,
- przekładnia śrubowa.



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego

Na rysunku 2 zobrazowano osadzony sztywno na stanowisku mechanizm z przekładnią śrubową zamieniający moment obrotowy na siłę, z wektorem skierowanym prostopadle do gniazda łożyska, przykładaną na powierzchni prostokąta o wymiarach 4 × 10 mm.

W osi mechanizmu, w zakresie jego działania znajduje się łożysko przymocowane sztywno do powierzchni stołu z osadzonym na nim gniazdem z tensometrem. Do tensometru poprzez jego złącze zostały podłączone odpowiednie do danego badania przyrządy pomiarowe.

4. Wyniki badań

Tabela 1. Wzór typ K

Lp.	Brak obciążenia (kΩ)	Napięcie wstępne (kΩ)	Montaż w gnieździe (kΩ)
1.	391,5	430,6	427,8
2.	348,8	428,8	211,3
3.	349	378,6	128,6
4.	365,6	412	121
5.	371,2	397,5	85
6.	362,9	384	267
7.	366,7	420	665

Tabela 2. Wzór typ D

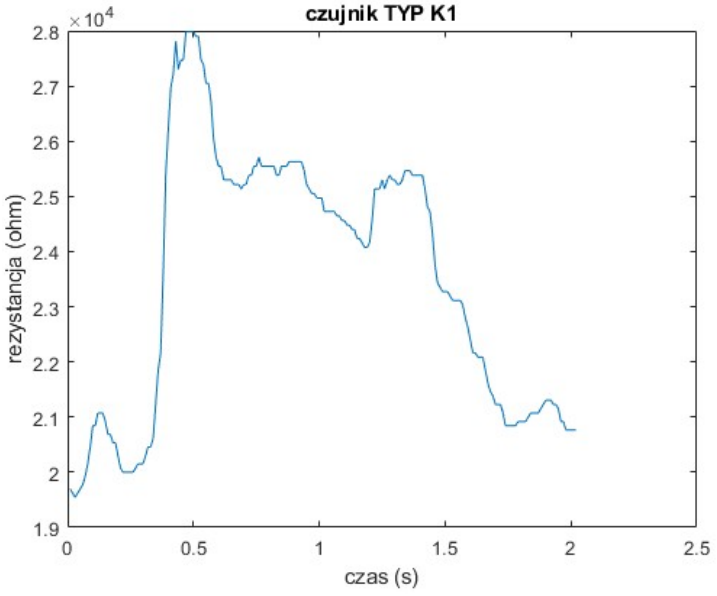
Lp.	Brak obciążenia (kΩ)	Napięcie wstępne (kΩ)	Montaż w gnieździe (kΩ)
1.	8,79	9,22	2,29
2.	7,08	7,95	2,45
3.	5,91	6,46	1,72
4.	7,6	8,84	2,89
5.	10,06	12,93	15,25
6.	9,24	13,12	8,47
7.	7,09	8,87	4,27

Powyższe tabele (1, 2) opisują wartości rezystancji tensometrów w następujących przypadkach:

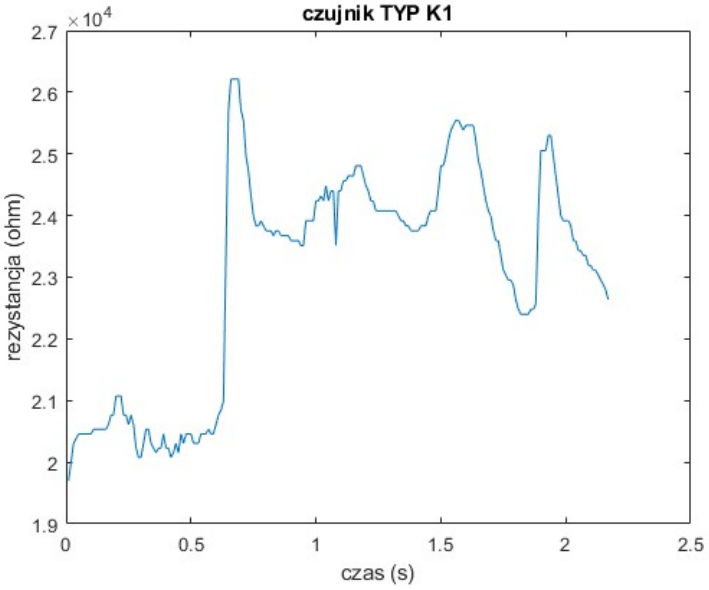
- brak obciążenia – wartość rezystancji mierzona po wycięciu tensometru z arkusza folii, po ostudzeniu w procesie druku do temperatury pokojowej;
- napięcie wstępne – wartość rezystancji po przyklejeniu tensometru na łożysko;
- montaż w gnieździe – wartość rezystancji po zamontowaniu tensometru z naklejonym łożyskiem w gnieździe.

Powyższe pomiary były przeprowadzane za pomocą mostka pomiarowego, w celu jak najdokładniejszego odczytu rezystancji i ustalenia wartości początkowej, służącej do odczytu zmian rezystancji tensometrów.

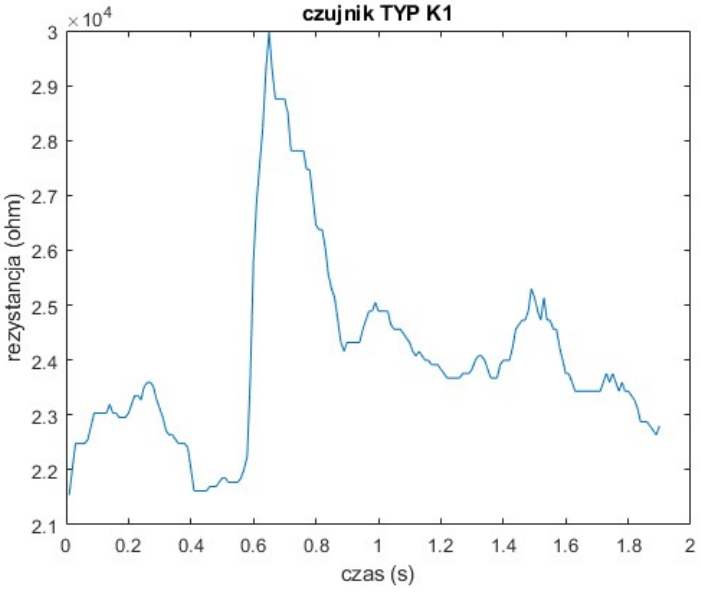
Należy zwrócić uwagę na zwiększenie rezystancji tensometrów po ich rozciągnięciu (napięcie wstępne) oraz jej spadek przy ściskaniu (montaż w gnieździe).



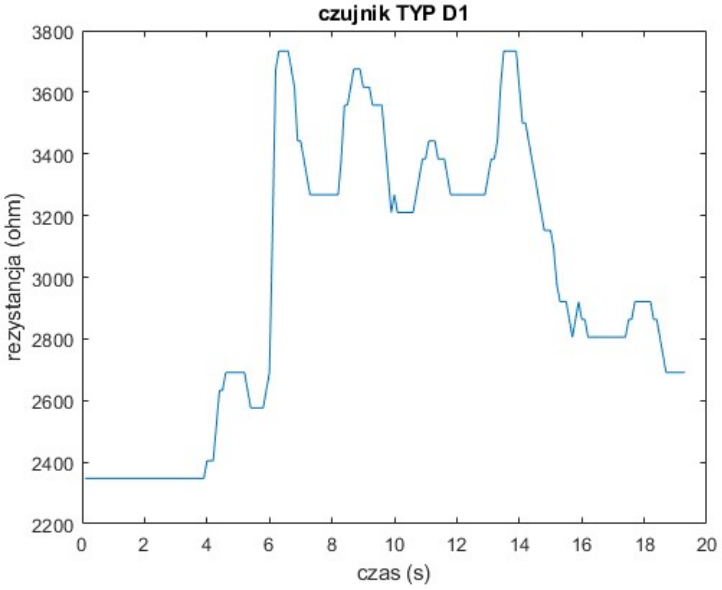
Rys. 3. Wzór typ K czujnik nr 1 pomiar 1, przedstawiający zmiany rezystancji w funkcji czasu



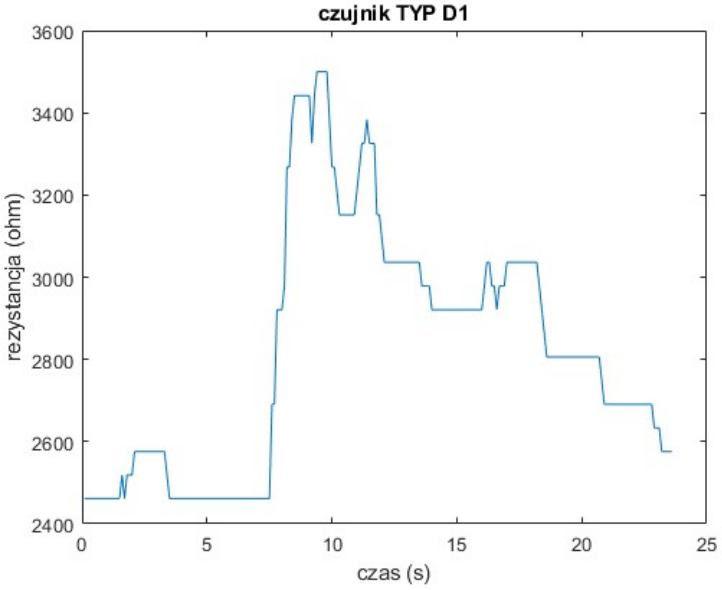
Rys. 4. Wzór typ K czujnik nr 1 pomiar 2, przedstawiający zmiany rezystancji w funkcji czasu



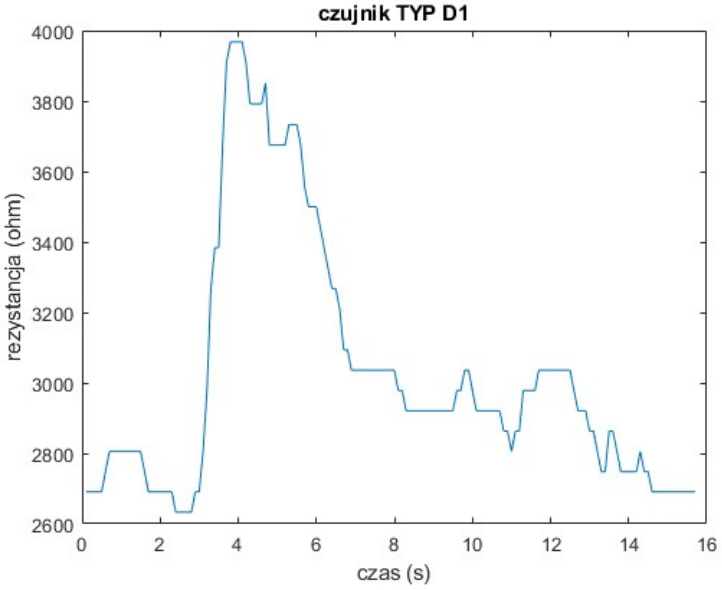
Rys. 5. Wzór typ K czujnik nr 1 pomiar 3, przedstawiający zmiany rezystancji w funkcji czasu



Rys. 6. Wzór typ K czujnik nr 1 pomiar 1, przedstawiający zmiany rezystancji w funkcji czasu



Rys. 7. Wzór typ K czujnik nr 1 pomiar 1, przedstawiający zmiany rezystancji w funkcji czasu



Rys. 8. Wzór typ K czujnik nr 1 pomiar 1, przedstawiający zmiany rezystancji w funkcji czasu

Powyższe przebiegi (rys. 3–8) ilustrują zmianę rezystancji (a zatem wskazań) czujników w funkcji czasu. Siła jest przykładana do bocznej ściany łożyska zamontowanego w gnieździe, poprzez ruch śruby, opisanej w rozdziale „Stanowisko pomiarowe". Należy zwrócić uwagę na skokowe zmiany rezystancji – pojawiają się przy puszczeniu łba śruby dociskającej kluczem dynamometrycznym. Prawdopodobnie wynika to ze zbyt luźnego pasowania między łożyskiem a jego gniazdem, które pozwala na ruchy folii tensometru wewnątrz układu. Kolejną wartą odnotowania kwestią jest czas powrotu tensometru do początkowej rezystancji po ustąpieniu naprężeń (przykładem jest seria pomiarów nr 1 i 2). Biorąc pod uwagę powyższą dynamikę zmian rezystancji, czujnik należałoby używać w charakterze sensora przeciążeniowego zamiast do dynamicznego pomiaru siły. W obu przypadkach podczas pierwszej serii badań otrzymane rezultaty (wyznaczone charakterystyki) znacząco różnią się od kolejnych prób. Sugeruje to konieczność wykonania serii obciążeń łożyska z zamontowanym tensometrem, jako element procedury montażu tensometru. Podobne wyniki otrzymano podczas badań pozostałych sensorów.

5. Podsumowanie

Rezultaty przeprowadzonych pomiarów wskazują na realną możliwość zastosowania czujników wytwarzanych w technologii druku 3D do pomiaru sił promieniowych w łożyskach. Technologia tensometrów drukowanych wymaga dalszego badania w celu zrozumienia procesów zachodzących w nich podczas pracy. Potencjalne wdrożenie wymagałoby przede wszystkim usprawnienia technologii wytwarzania sensorów, tak by uzyskać bardziej powtarzalne wyniki (tj. uzyskanie serii tensometrów z powtarzalną rezystancją w zakresie +-1%).

Również proces osadzania tensometru na łożysku pozostawia pole do dalszych udoskonaleń, tak by wyeliminowany został problem ich uszkadzania podczas ich osadzania.

Literatura

[1] H. Yuk i in., „3D printing of conducting polymers", Nat. Commun., t. 11, nr 1, s. 1604, 2020.
[2] B. Pickthorne, A Study of Semiconductor Strain Gauges. Open University (United Kingdom), 1987.
[3] K. Hoffmann, An introduction to stress analysis and transducer design using strain gauges. The definitive work on strain gauge measurement, 2012.
[4] C. M. Thakar, S. S. Parkhe, A. Jain, K. Phasinam, G. Murugesan, i R. J. M. Ventayen, „3d Printing: Basic principles and applications", Mater. Today Proc., t. 51, s. 842–849, 2022.
[5] K. P. Yang, G. Alkadi, i T. Parker, „Converting SVG to G-code for 3D Printers", Int. J. Sci. Eng. Sci. IJSES, s. 36–39.
[6] R. Patel, C. Desai, S. Kushwah, i M. H. Mangrola, „A review article on FDM process parameters in 3D printing for composite materials", Mater. Today Proc., t. 60, s. 2162–2166, 2022.
[7] https://print-me.pl/filamenty/ampere-pla/ (dostęp 05.04.2024).
[8] N. Saba, M. Jawaid, H. Fouad, i O. Y. Alothman, „Nanocarbon: Preparation, properties, and applications", Nanocarbon Its Compos., s. 327–354, 2019.
[9] https://www.prusa3d.com/downloads/manual/prusa3d_manual_mk3s_en_3_11.pdf (dostęp 05.04.2024).
[10] https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf (dostęp 05.04.2024).

THE USE OF A STRAIN GAUGE MADE USING 3D PRINTING TECHNOLOGY FOR MEASURING FORCES IN A BEARING

Abstract

This work concerns the use of a foil strain gauge for measuring the forces acting on a bearing, made using conductive filament in 3D printing technology. The paper includes information on the construction of the designed strain gauge, a complete description of the measuring station, and research results along with the authors' commentary.

Keywords: 3d print, strain gauges, radial force, electroconductive polymers

Opiekun pracy
dr inż. Paweł Herbin

Recenzenci:
dr hab. inż. Arkadiusz Parus, prof. ZUT
dr inż. Łukasz Mozga

OPRACOWANIE, BUDOWA ORAZ IMPLEMENTACJA SYSTEMU DO REALIZACJI JEDNOOSIOWEJ PRÓBY ROZCIĄGANIA

Magdalena Kocurek

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Koło Naukowe Creative, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: magdalenakocurek@o2.pl

S t r e s z c z e n i e

Praca miała na celu opracowanie, budowę oraz implementację przenośnego systemu do realizacji jednoosiowej statycznej próby rozciągania. Przegląd maszyn wytrzymałościowych na rynku pozwolił wyróżnić optymalny sposób mocowania próbek z drutu. Wybrano odpowiednią metodę pomiaru odkształcenia, opisując rodzaje ekstensometrów i uzasadniając decyzję. Skonstruowano komponenty mechaniczne i elektroniczne, korzystając z technologii druku 3D, a następnie zaprojektowano układ elektroniczny oraz oprogramowanie sterujące. Interfejs użytkownika umożliwia kontrolę parametrów badania i monitorowanie jego przebiegu w czasie rzeczywistym, oraz eksportowanie wyników do chmury i generowanie raportów. System przeszedł kompleksową weryfikację poprzez testy statycznej próby rozciągania na materiale takim jak cynk. Badania potwierdziły zrealizowanie założeń projektowych, umożliwiając precyzyjne przeprowadzenie procesu rozciągania.

Słowa kluczowe: jednoosiowa statyczna próba rozciągania, maszyna wytrzymałościowa, ekstensometr, naprężenie, odkształcenie, druk 3D, Raspberry Pi

1. Wprowadzenie

Badania dotyczące wytrzymałości materiałów oraz testowanie ich właściwości mechanicznych stanowią kluczowy obszar w dziedzinie inżynierii materiałowej. Próba rozciągania i spęczania jest jednym z najważniejszych rodzajów testów, umożliwiającym określenie istotnych charakterystyk materiałów, takich jak granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie i moduł Younga. W kontekście analizy właściwości mechanicznych materiałów konieczne jest dobranie odpowiedniej metody badawczej, która zbada charakterystyki materiałów. Spośród dwóch możliwych do zastosowania prób – statycznej próby rozciągania oraz próby spęczania – wybrano próbę rozciągania ze względu na ograniczone możliwości efektywnego zastosowania próby spęczania w kontekście badania ultracienkich drutów.

Wyniki statycznych prób rozciągania w metalurgii stanowią fundament analizy właściwości mechanicznych materiałów metalicznych, umożliwiając dokładne zrozumienie reakcji materiału na zewnętrzne obciążenia w kontekście rozciągania. Kluczowymi parametrami charakteryzującymi materiał są wytrzymałość na rozciąganie, granica plastyczności, naprę-

żenia i odkształcenia, które istotnie wpływają na projektowanie i produkcję komponentów konstrukcyjnych.

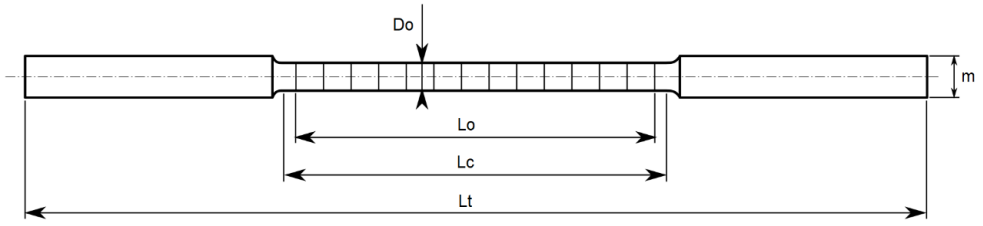
Celem pracy jest opracowanie, budowa oraz implementacja systemu do realizacji jednoosiowej próby rozciągania. System ten będzie oparty na nowoczesnych metodach i narzędziach inżynierii mechanicznej, takich jak analiza obrazu, inżynieria oprogramowania oraz technologie pomiarowe. Przez dokładne określenie wymagań technicznych i zaprojektowanie odpowiednich elementów system pozwoli na przeprowadzenie badania statycznej próby rozciągania, monitorowanie przebiegu badania oraz wyeksportowanie wyników do chmury. System ten stanowi atrakcyjną alternatywę dla tradycyjnych maszyn wytrzymałościowych, eliminując ograniczenia związane z kosztami i mobilnością, co jest istotne w kontekście laboratoriów o ograniczonej przestrzeni oraz umożliwienia studentom przeprowadzenia badań podczas zajęć.

2. Metody wykorzystane w statycznej próbie rozciągania

Głównym celem statycznej próby jednoosiowego rozciągania jest zerwanie próbki i uzyskanie wyników pomiaru z próby. W trakcie próby rejestruje się naprężenie (siły działające na przekrój materiału) oraz odkształcenie (zmiany długości bazy pomiarowej) w funkcji czasu. Wyniki pomiarów umożliwiają określenie krzywej naprężenie–odkształcenie, granicy plastyczności, granicy sprężystości, wytrzymałości na rozciąganie, modułu Younga i właściwości mechanicznych [1].

Wytrzymałość na rozciąganie [1] to nazwa dla wartości naprężenia, które pojawia się pod wpływem największej siły powodującej przewężenie próbki, odniesionej do pierwotnego pola przekroju poprzecznego. W trakcie tego badania możliwe jest również ustalenie wartości naprężenia zrywającego, czyli rzeczywistej wartości naprężenia w miejscu zwężenia próbki bezpośrednio po jej pęknięciu (to naprężenie jest wyrażane jako siła powodująca pęknięcie w odniesieniu do pola przekroju zwężonej próbki w jej najwęższym miejscu).

Ponadto dokonuje się pomiaru wydłużenia względnego, oznaczającego procentowy przyrost długości pękniętej próbki w stosunku do jej początkowej długości, oraz przewężenia względnego, co reprezentuje procentowe zmniejszenie powierzchni przekroju poprzecznego pękniętej próbki w miejscu pęknięcia w stosunku do jej pierwotnego przekroju (rys. 1) [1].

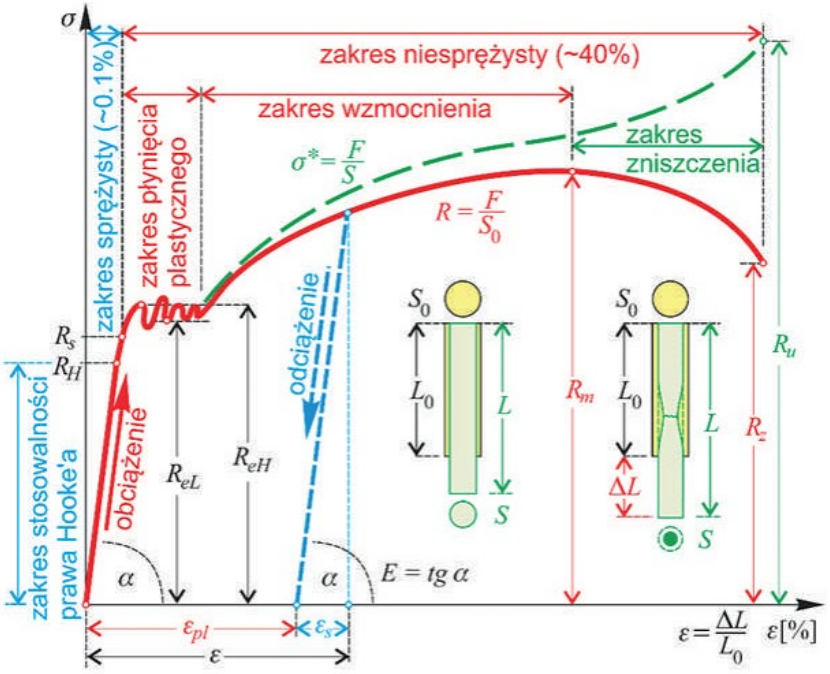


Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Próbka okrągła, gdzie: D_o – średnica próbki na długości L_c,
L_o – początkowa długość pomiarowa, L_c – długość robocza,
L_t – długość całkowita próbki, m – średnica próbki w części chwytowej próbki

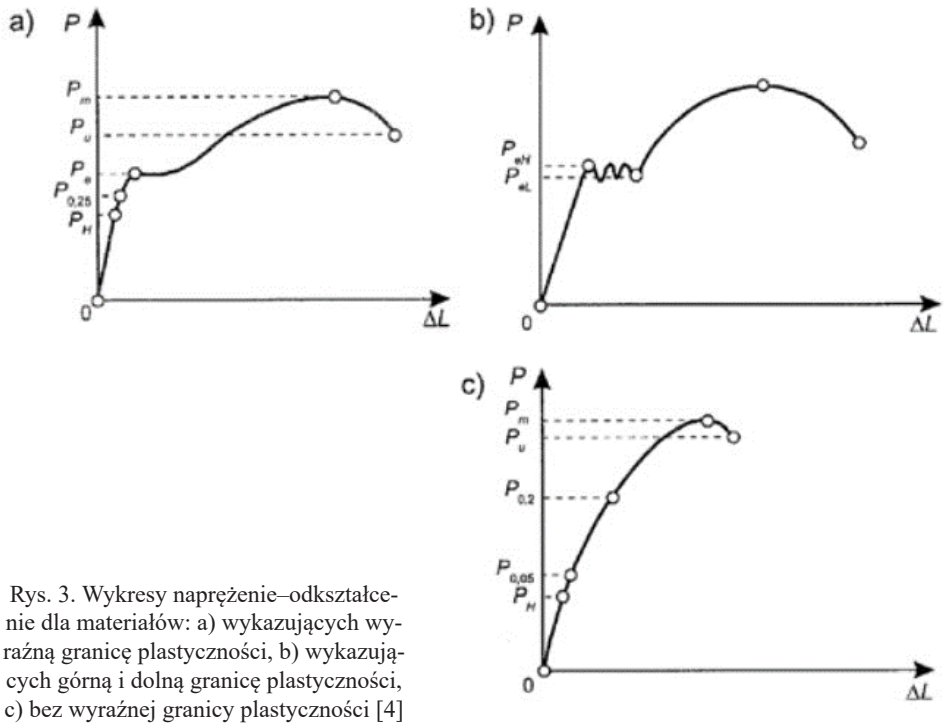
Badanie polegające na próbie rozciągania jest przeprowadzane przy użyciu specjalnego urządzenia zwanego maszyną wytrzymałościową (zrywarką) [2]. W trakcie tego procesu materiał ulega przejściu w stan plastyczności, a odkształcenie, które ma miejsce, staje się nieodwracalne, gdy osiągane jest naprężenie graniczne określane jako granica sprężystości (oznaczane jako R_s na rysunku 2). Naprężenie, które wywołuje tworzenie się szyjki w próbce, jest nazywane wytrzymałością na rozciąganie (oznaczone jako R_m). Jest to wartość naprężenia odpowiadająca największej sile rozciągającej [2], otrzymanej podczas próby, odniesionej do początkowego przekroju poprzecznego próbki. Kontynuując proces rozciągania próbki, dochodzi do jej zerwania przy naprężeniu rozrywającym (oznaczonym jako R_z).

Na podstawie zarejestrowanej krzywej $F(\Delta L)$ oraz danych geometrycznych próbki, takich jak długość bazy pomiarowej L_o i pierwotne pole przekroju S_o, określa się cechy mechaniczne materiału zgodnie z odpowiednimi normami. Aby uniezależnić wyniki od wymiarów próbki, wykres rozciągania siła–wydłużenie $F(\Delta L)$ przeskalowuje się do układu naprężenie––odkształcenie $R(\varepsilon)$ i $\sigma(\varepsilon)$, wykorzystując zależności dla naprężeń nominalnych (umownych) R oraz rzeczywistych σ^* (rys. 2), jak również dla odkształceń ε [1]. Dzieląc siłę standardową przez pierwotne pole przekroju (powierzchnię przekroju początkowego próbki) bez uwzględnienia odkształceń, uzyskuje się tzw. naprężenie umowne lub nominalne. W celu wyznaczenia naprężenia rzeczywistego należałoby siłę standardową podzielić przez rzeczywiste pole przekroju odpowiadające wartości działającej siły (z uwzględnieniem zmniejszania się pola przekroju) [3].



Rys. 2. Przebieg statycznej próby rozciągania, gdzie: R_{eH} – górna granica plastyczności, R_H – granica proporcjonalności, R_S – granica sprężystości, R_{eL} – dolna granica plastyczności, R_m – wytrzymałość na rozciągania, R_Z – naprężenie zrywające [1]

Istnieje kilka typów wykresów ilustrujących związek między siłami działającymi na materiał a jego deformacją. Materiały, które wykazują wyraźną granicę plastyczności (rys. 3a), charakteryzują się dobrze zdefiniowanym punktem oddzielającym obszar sprężystości od obszaru plastycznego [4]. W obszarze sprężystości odkształcenie jest proporcjonalne do naprężenia, zgodnie z prawem Hooke'a. Materiały posiadające górną i dolną granicę plastyczności (rys. 3b) wykazują zakres naprężenia, w którym odkształcenie nie jest odwrotnie proporcjonalne do naprężenia, co wynika z mikrostrukturalnych procesów plastycznych. Krzywa bez wyraźnej granicy plastyczności (rys. 3c) charakteryzuje materiały, w których trudno określić jednoznaczną granicę oddzielającą obszar sprężystości od plastyczności. Mogą to być materiały kompozytowe, tworzywa sztuczne lub niektóre metale o nieregularnej strukturze. W przypadku takich materiałów konieczne jest zastosowanie bardziej zaawansowanych metod analizy, aby określić zachowanie plastyczne w kontekście naprężenie–odkształcenie.



Rys. 3. Wykresy naprężenie–odkształcenie dla materiałów: a) wykazujących wyraźną granicę plastyczności, b) wykazujących górną i dolną granicę plastyczności, c) bez wyraźnej granicy plastyczności [4]

3. Projekt systemu do realizacji badania

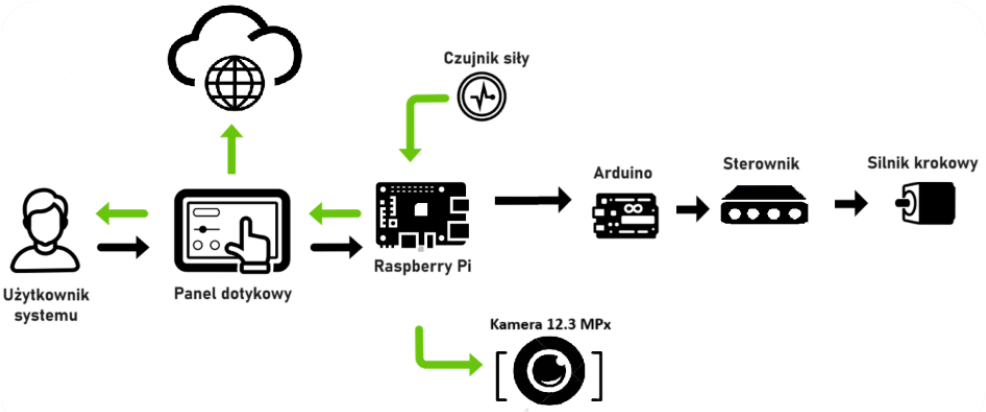
W analizie konstrukcyjnej brane są pod uwagę aspekty takie jak geometria konstrukcji, wybór elementów mechanicznych, układ napędowy, mechanizmy zmiany obciążenia, kontrola temperatury i inne, które są istotne w kontekście badania wytrzymałości materiałów. Każdy element konstrukcyjny jest dokładnie opisany pod względem jego funkcji i rozmiarów. Materiały użyte w budowie maszyny wytrzymałościowej są starannie dobrane pod kątem ich właściwości mechanicznych, odporności na korozję i trwałości, aby zapewnić niezawodność i długotrwałość działania urządzenia.

Główne zadania systemu obejmują odczyt danych z siłomierza, sterowanie silnikiem krokowym przy użyciu Arduino i sterownika silnika krokowego oraz obsługę kamery (rys. 4). Raspberry Pi 4 to centralna jednostka kontrolująca, wyposażona w panel dotykowy jako interfejs użytkownika. RPI4 przetwarza dane odczytywane z siłomierza oraz steruje ruchem silnika krokowego, komunikując się z Arduino za pomocą portów szeregowych. Raspberry Pi przekazuje instrukcje dotyczące ruchu silnika.

Siłomierz stanowi element pomiarowy w systemie, a jego dane są odczytywane przez RPI4 w czasie rzeczywistym. Komputer przetwarza te dane, dostarczając informacje o sile rozciągającej obiekt badawczy.

Raspberry Pi może obsługiwać kamerę, umożliwiając rejestrowanie obrazów w czasie rzeczywistym, co ma zastosowanie w monitorowaniu procesów, zbieraniu danych wizyjnych dotyczących odkształcenia próbki lub wizualizacji otoczenia.

Panel dotykowy, który jest połączony z RPi4, stanowi interfejs użytkownika, pozwalając na kontrolowanie i monitorowanie systemu. Na ekranie wyświetlane są informacje o stanie siłomierza, a także istnieje możliwość sterowania silnikiem krokowym i przeglądania obrazów z kamery.



Źródło: opracowanie własne

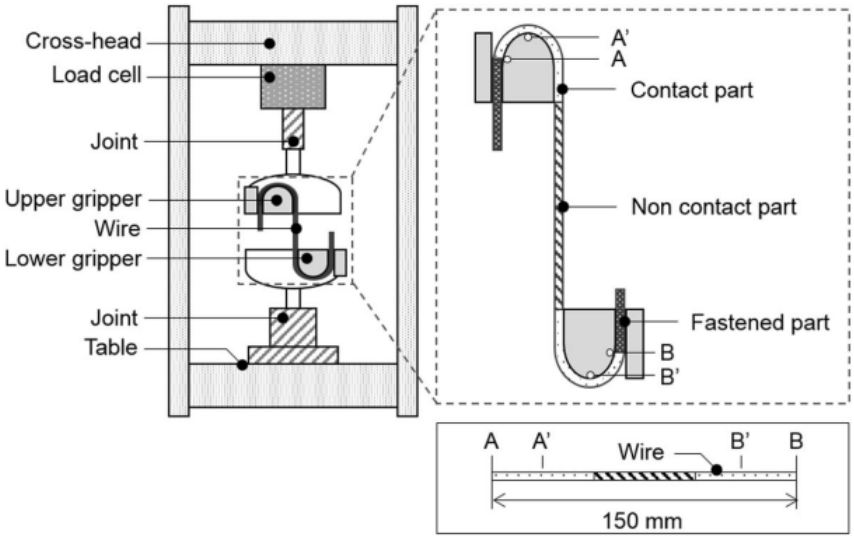
Rys. 4. Schemat połączeń urządzeń na stanowisku do statycznej próby rozciągania

3.1. Maszyna wytrzymałościowa

Na rysunku 5 przedstawiono uniwersalną maszynę wytrzymałościową firmy Zwick Roell [5]. Zakres pomiarowy oscyluje w granicy 500–5000 N. W bieżącym roku cena uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej wynosi od 56 do 653 tys. złotych [6].

Rys. 5. Maszyna wytrzymałościowa Zwick-Roell [5]

Maszyny wytrzymałościowe, stosowane w celu przeprowadzenia badania na drutach oraz kablach, różnią się mocowaniem materiału [7]. Aby zapobiec zerwaniu materiału w punkcie mocowania, zamiast uchwytów klinowych stosuje się mocowanie zapewniające równomierne rozłożenie naprężenia w miejscu mocowania. Schemat mocowania drutu przedstawiono na rysunku 6.



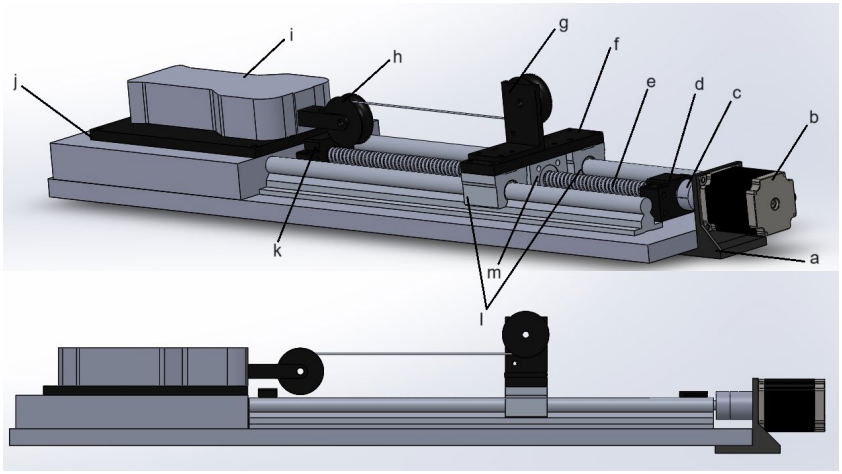
Rys. 6. Schemat maszyny wytrzymałościowej oraz mocowania drutu [7]

Głowice pomiarowe dostępne na rynku mogą być nieoptymalne dla ultracienkich drutów ze względu na problemy z mocowaniem próbek. Konwencjonalne głowice maszyn wytrzymałościowych są zazwyczaj projektowane pod kątem standardowych, większych próbek, które mogą być łatwo i stabilnie zamocowane w uchwytach. Jednak cienkie druty charakteryzują się niewielkimi wymiarami i wagą, co stanowi wyzwanie w zapewnieniu właściwego i stabilnego mocowania próbek w głowicy pomiarowej. Ich delikatność może prowadzić do niedostatecznie precyzyjnego zamocowania w standardowych uchwytach i w związku z tym może wpłynąć na dokładność i powtarzalność pomiarów. Istnieje również ryzyko niekontrolowanego ugięcia, zniekształceń lub przemieszczeń próbki w trakcie testu. W rezultacie wyniki pomiarów mogą zawierać błędy bądź nie odzwierciedlać rzeczywistych właściwości mechanicznych badanego materiału. Odpowiednio dostosowane rozwiązania są niezbędne, aby zapewnić właściwe podparcie i minimalizację zniekształceń próbek, co ma kluczowe znaczenie w uzyskaniu wiarygodnych i dokładnych wyników podczas testów wytrzymałościowych.

Ważnym aspektem budowy maszyny jest uwzględnienie norm i standardów branżowych, które mają zastosowanie do maszyn wytrzymałościowych, oraz zapewnienie zgodności z wymogami bezpieczeństwa i regulacjami. Istotne jest, aby maszyna wytrzymałościowa była zaprojektowana i zbudowana zgodnie z obowiązującymi przepisami, co ma zapewnić bezpieczeństwo operatorów i dokładność wyników badań.

Opisana maszyna jest kompleksowym systemem mechanicznym (rys. 7), składającym się z różnych komponentów i elementów, które współpracują ze sobą w celu osiągnięcia określonych zadań związanych z poruszaniem się platformy.

Projekt złożenia został wykonany za pomocą oprogramowania Solidworks. Uchwyt na silnik krokowy, mocowania materiału oraz platforma zostały zaprojektowane i wydrukowane za pomocą technologii druku 3D. Jako filament do druku wybrano ABS+ ze względu na wysokie własności wytrzymałościowe.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Projekt złożenia maszyny wytrzymałościowej: a) koszyk na silnik, b) silnik krokowy, c) sprzęgło kołowe, d) blok krańcowy, e) śruba kulowa, f) platforma, g) i h) mocowanie drutu, i) siłomierz, j) mocowanie siłomierza, k) blok krańcowy, l) sanki, m) nakrętka śruby kulowej

Maszyna (rys. 8) składa się z dwóch wałków liniowych, zamocowanych na odpowiednich podporach. Każdy wałek liniowy jest wyposażony w bloki łożyskowe, które zapewniają płynny ruch wałka wzdłuż osi. Bloki łożyskowe minimalizują tarcie i umożliwiają precyzyjne poruszanie się wałków.

W skład maszyny wchodzą również komponenty niezbędne do stworzenia platformy poruszającej się. Platforma jest umiejscowiona na dwóch sankach, które przesuwają się po wałkach liniowych. Poruszanie sanek jest kontrolowane przy użyciu śruby kulowej z nakrętką. Śruba kulowa jest przytwierdzona na podstawie maszyny za pomocą bloków krańcowych. Ponadto na platformie znajduje się uchwyt służący do mocowania próbki testowej. Od strony siłomierza znajduje się drugie mocowanie drutu, przytwierdzone na śrubie czujnika siły. Zdecydowano o wyborze kabestanów jako elementów służących do zaistalowania drutu w konstrukcji. W celu osiągnięcia lepszych właściwości wytrzymałościowych, zamiast stosowania technologii druku 3D, postanowiono wykorzystać komponenty wtryskiwane. Metoda wtryskowa pozwala na uzyskanie precyzyjnych detali o wysokiej gęstości i wytrzymałości, co wpływa korzystnie na ogólną trwałość konstrukcji [8].

W celu budowy układu umożliwiającego pomiar siły wywieranej na badany obiekt stworzono połączenie śruby z silnikiem krokowym za pomocą łożyska kołowego. Silnik krokowy jest przymocowany do specjalnego koszyka, który z kolei jest przyczepiony do podstawy maszyny. Silnik krokowy kontroluje ruch śruby kulowej, co pozwala na precyzyjne przesuwanie platformy w trakcie testu rozciągania.

Źródło: opracowanie własne

Rys. 8. Stanowisko do statycznej próby rozciągania

3.2. Ekstensometr

Wybór ekstensometru wideo w kontekście innych rodzajów ekstensometrów jest uzasadniony w przypadkach, gdzie kluczowy jest nie tylko pomiar odkształceń, ale istotna jest także wizualna dokumentacja procesu odkształcania materiałów lub struktur. W porównaniu z tradycyjnymi ekstensometrami elektrycznymi, które mierzą zmiany geometryczne poprzez rezystancję elektryczną, ekstensometry wideo zapewniają dodatkową warstwę informacji w postaci obrazów w czasie rzeczywistym. Ten rodzaj ekstensometru jest szczególnie przydatny w sytuacjach, gdzie potrzebne są wizualna kontrola i analiza procesu odkształcania np. w badaniach materiałów kompozytowych, monitorowaniu uszkodzeń strukturalnych czy w testach wytrzymałościowych konstrukcji.

Dodatkowo te urządzenia mogą być wykorzystywane w połączeniu z zaawansowanymi technologiami analizy obrazu i przetwarzania danych, co umożliwia automatyczną analizę wyników i generowanie raportów pomiarowych. Warto jednak zaznaczyć, że wybór rodzaju ekstensometru zależy od konkretnych potrzeb badawczych i rodzaju prowadzonych eksperymentów. W przypadkach, gdzie precyzyjny pomiar odkształceń jest wystarczający i nie ma potrzeby rejestrowania wizualnych danych, tradycyjne ekstensometry elektryczne mogą być bardziej ekonomiczne.

Ekstensometr oparty na kamerze Raspberry Pi HQ IMX477R [9] o rozdzielczości 12,3 megapikseli oraz obiektywie o ogniskowej 16 mm stanowi narzędzie w dziedzinie pomiarów odkształceń i deformacji materiałów (rys. 9). Obiektyw o stałej ogniskowej 16 mm umożliwia precyzyjne skupienie obrazu na interesującym obszarze, co jest kluczowe w eksperymentach i badaniach odkształceń. W celu stabilnego przytwierdzenia kamery do statywu zaprojektowano oraz wydrukowano nakładkę z ABS w technologii druku 3D. Wykorzystano system cyfrowej korelacji obrazu celem identyfikacji charakterystycznych punktów odniesienia oraz, na podstawie ich położenia, obliczenia odkształcenia próbki w czasie.

Źródło: opracowanie własne

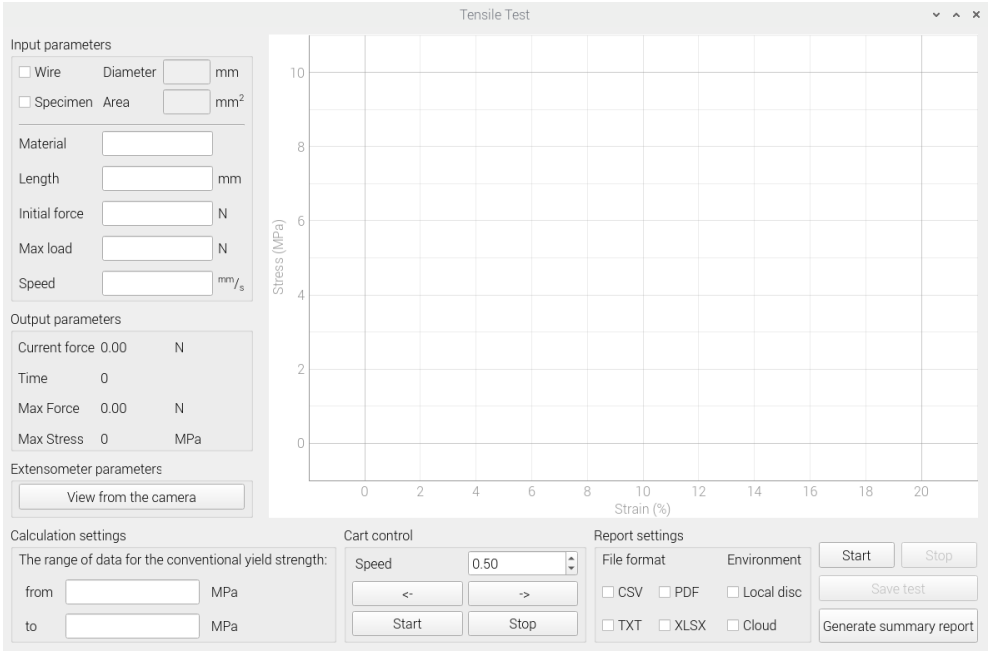
Rys. 9. Kamera wykorzystana do realizacji ekstensometru wideo

3.3. Aplikacja

Aplikacja okienkowa została zaimplementowana w języku Python w wersji 3.6. To język interpretowany, zorientowany obiektowo i należący do kategorii języków wysokopoziomowych [10]. Zastosowanie języka programowania Python na platformie Raspberry Pi umożliwia kompleksową implementację algorytmów obliczeniowych, analizę danych i kontrolę urządzeń peryferyjnych poprzez wykorzystanie bogatego ekosystemu bibliotek oraz interfejsów programistycznych dostępnych w tym środowisku.

Interfejs użytkownika tego systemu, przedstawiony na rysunku 10, jest złożony z kilku kluczowych modułów i paneli, które umożliwiają użytkownikowi zarządzanie parametrami testu i kontrolę nad procesem badania materiału.

Na lewej stronie interfejsu znajduje się pionowy panel składający się z trzech modułów. Moduł *Input Parameter* umożliwia użytkownikowi wprowadzenie parametrów wejściowych do badania. Użytkownik ma możliwość wyboru rodzaju materiału, co automatycznie skutkuje wprowadzeniem średnicy lub pola przekroju poprzecznego próbki, jeżeli geometria przekroju jest inna niż próbek cylindrycznych. Dodatkowo panel ten pozwala użytkownikowi uzupełnić pola związane z nazwą materiału, długością próbki, siłą początkową, maksymalnym obciążeniem i prędkością badania. Dane wprowadzone do pól są poddawane procesowi walidacji, mającemu na celu sprawdzenie ich zgodności z określonymi kryteriami jakościowymi i zabezpieczenie przed potencjalnymi błędami oraz nieprawidłowymi danymi. Moduł *Output Parameters* wyświetla aktualne parametry, takie jak aktualna siła, maksymalna siła, maksymalne naprężenie i czas badania. Użytkownik ma dostęp do tych danych w czasie



Źródło: opracowanie własne

Rys. 10. Interfejs użytkownika systemu do statycznej próby rozciągania

rzeczywistym w celu monitorowania procesu badania. Moduł *Extensometer Parameters* dostarcza informacje o wykryciu znaczników na próbce oraz umożliwia podgląd z kamery. Jest to istotne w monitorowaniu deformacji materiału i poprawnej kalibracji urządzenia pomiarowego.

Poniżej panelu pionowego znajduje się panel poziomy, który zawiera dwa moduły. Moduł *Calculation Settings* umożliwia wprowadzenie zakresu naprężeń, który posłuży do obliczeń modułu Younga oraz umownej granicy plastyczności. Moduł *Cart Control* odpowiada za umożliwienie użytkownikowi określenia prędkości przesuwu platformy, kierunku ruchu oraz sterowanie ruchem platformy (stop/rozpoczęcie). Moduł *Report Settings* pozwala użytkownikowi na wybór formatu pliku raportu (CSV, PDF, TXT, XLSX) oraz określenie środowiska, w którym zostanie zapisany raport (lokalnie lub w chmurze).

Oprócz tych modułów interfejs zawiera przyciski umożliwiające uruchomienie badania (Start), zakończenie badania (Stop) i zapisanie wyników testu. Taki zaawansowany interfejs użytkownika umożliwia precyzyjne sterowanie i monitorowanie procesu badania materiału oraz pozwala na dokładne dokumentowanie wyników.

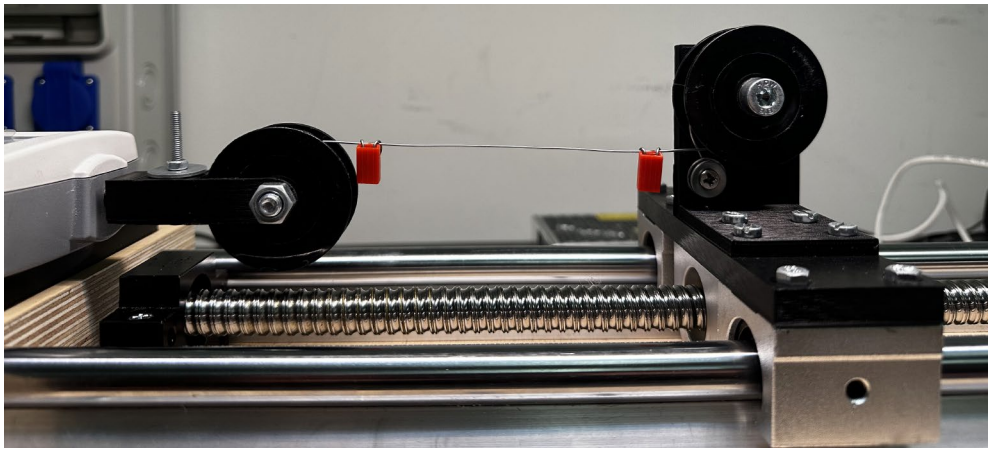
4. Wyniki

Statyczna próba rozciągania w temperaturze otoczenia przeprowadzona zgodnie z normą ISO 6892-1 [11] jest uznawana za podstawową próbę rozciągania. Do badania tego typu wykorzystywane są zazwyczaj tzw. próbki okrągłe wykonane zwykle przez obróbkę mechaniczną. Badanie przeprowadza się w temperaturze pokojowej.

Spośród dostępnych materiałów testowych wybrano cynk, aby przeprowadzić analizę porównawczą wyników otrzymanych w ramach badań na zaprojektowanym urządzeniu oraz wyników z maszyny wytrzymałościowej Zwick-Roell. Cynk został wyselekcjonowany ze względu na swoją istotną rolę jako metalu w przemyśle motoryzacyjnym [12], elektronicznym [13] oraz bioinżynierii [14]. Wytypowany materiał został poddany przeróbce plastycznej, a mianowicie procesowi ekstruzji na gorąco oraz procesowi ciągnienia w temperaturze pokojowej bez zmiany kierunku. Dokonano 10 przeciągnięć celem uzyskania średnicy 0,634 mm z materiału o średnicy 1,414 mm [14].

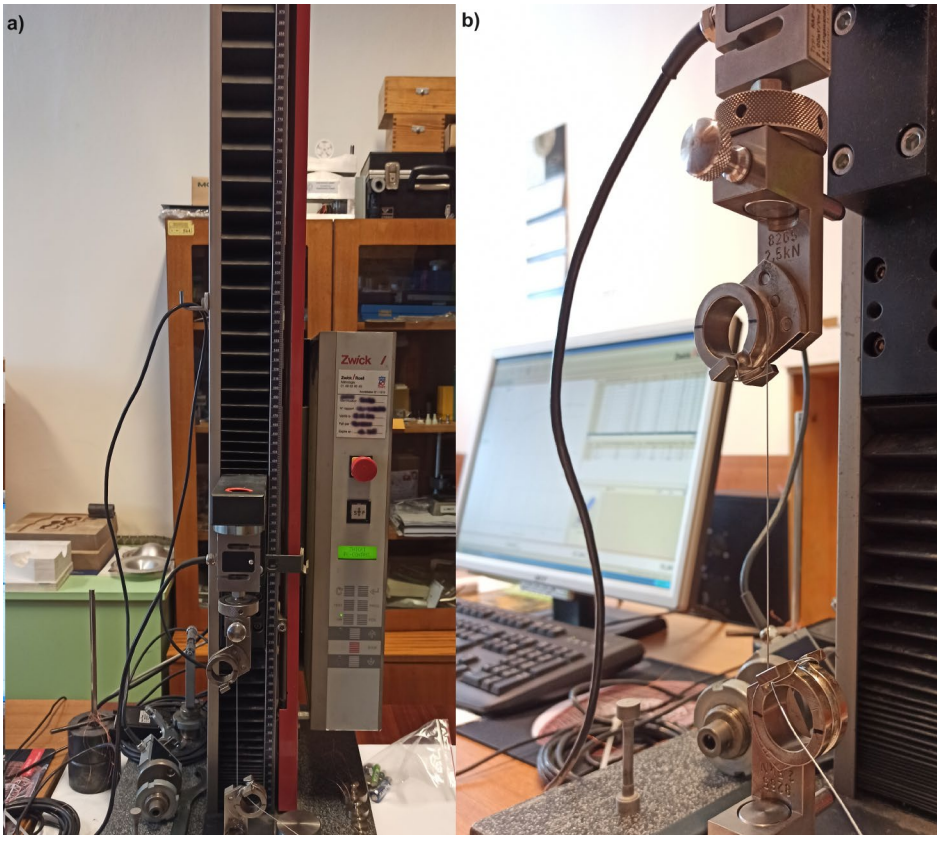
Podczas testów wykonano 3 badania na próbce z cienkiego drutu z cynku (rys. 11) o średnicy 0,634 mm oraz bazie pomiarowej 100 mm. Testy przeprowadzono z prędkością posuwu trawersu maszyny równą 0,5 mm/s i siłą wstępną 1 N (siła zadana na drut przed wykonaniem testu).

Dodatkowe badania wykonano na maszynie Zwick Roell w celu porównania uzyskanych wyników z rezultatami z eksperymentów przeprowadzonych na skonstruowanej maszynie (rys. 12). Maszyna Zwick Roell została wykorzystana jako punkt odniesienia ze względu na precyzję i standaryzację. Próby obejmowały druty z cynku o średnicy 0,634 mm i bazie pomiarowej 100 mm. Na rysunku 12b z bliska została przedstawiona próbka testowa cynku.



Źródło: opracowanie własne

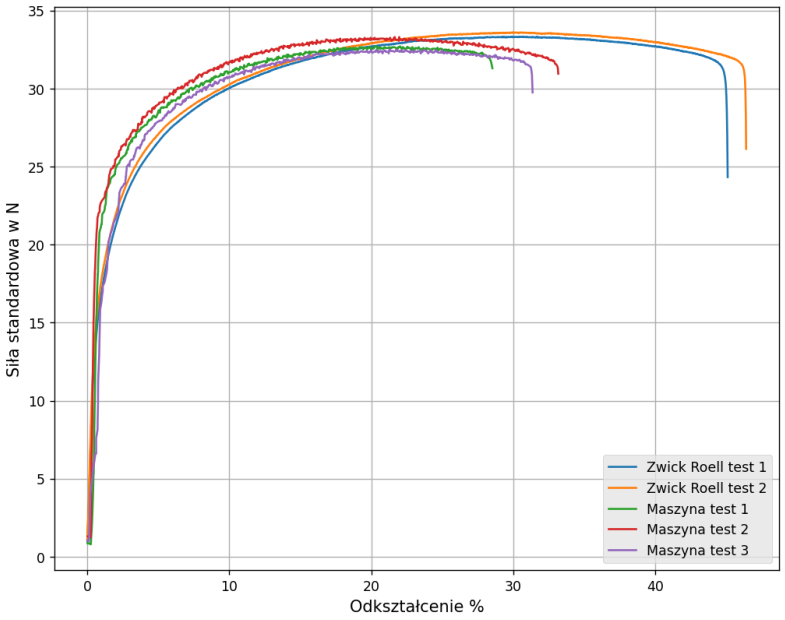
Rys. 11. Zamocowana próbka z cynku o średnicy 0,634 mm



Źródło: opracowanie własne

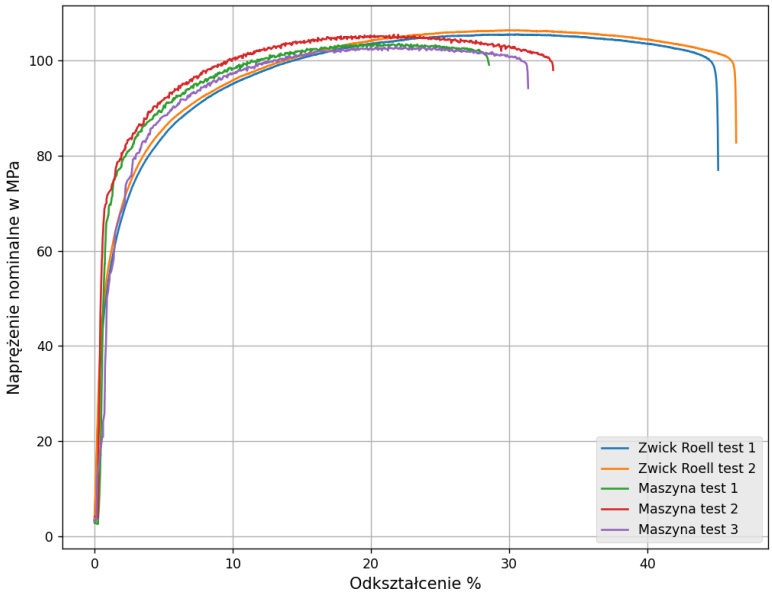
Rys. 12. Maszyna wytrzymałościowa Zwick-Roell 2,5 kN

Na rysunkach 13–15 przedstawiono zestawienie wyników badań prób rozciągania cynku z maszyny Zwick-Roell oraz skonstruowanej maszyny. Wykresy przedstawiające zestawienie testów wykonanych na Zwick-Roell oraz na skonstruowanej maszynie odbiegają pod względem wartości odkształcenia. Wynik mógł zostać zaburzony z uwagi na różną prędkość przeprowadzanych badań. Dodatkowo należy zaznaczyć, iż badania na maszynie Zwick zostały przeprowadzone ze stałą prędkością odkształcenia a badania na wykonanym urządzeniu ze stałą prędkością przemieszczania trawersu maszyny. Różna wielkość odkształcenia może sugerować, że prędkość rozciągania tych materiałów była inna, ale pomimo pewnych różnic w realizacji tych testów zgodność wyników jest zadowalająca.



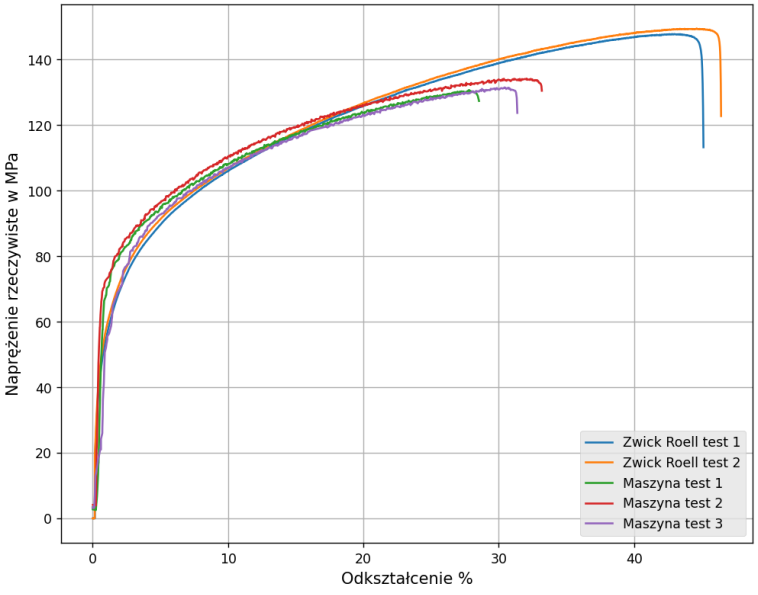
Źródło: opracowanie własne

Rys. 13. Zestawienie wyników pomiaru siły standardowej i odkształcenia z prób na Zwick-Roell i skonstruowanej maszynie



Źródło: opracowanie własne

Rys. 14. Zestawienie wyników pomiaru naprężenia nominalnego i odkształcenia skonstruowanej maszyny i Zwick-Roell



Źródło: opracowanie własne

Rys. 15. Zestawienie wyników pomiaru naprężenia rzeczywistego i odkształcenia skonstruowanej maszyny i Zwick-Roell

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wyniki z prób przeprowadzonych na Zwick-Roell oraz statystykę pomiarów takich jak umowna granica plastyczności przy odkształceniu 0,2 %, granica wytrzymałości czy długość próbki po zerwaniu.

Tabela 1. Wyniki z przeprowadzonych prób rozciągania na Zwick-Roell

Próba nr	[mm]	[]	[mm]	[N]	[MPa]	dL %	[N]	[MPa]	[mm]	E [GPa]
1.	0,634	0,316	100,0	14,5	45,88	44,0	33,3	105,379	145,1	10,13
2.	0,634	0,316	100,0	15,3	48,41	45,0	33,6	106,329	146,1	10,49

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Analiza statystyczna wyników z Zwick-Roell

[N]	[MPa]	dL %	[N]	[MPa]	[mm]	E [GPa]
14,9	47,145	44,5	33,45	105,854	145,6	10,305
0,565	1,788	0,707	0,212	0,671	0,707	0,262
3,797	3,795	1,589	0,634	0,636	0,486	2,539

Źródło: opracowanie własne

W tabelach 3 i 4 przedstawiono wyniki z prób wykonanych na skonstruowanej maszynie oraz statystykę pomiarów.

Tabela 3. Wyniki z przeprowadzonych prób rozciągania na maszynie

Próba nr	[mm]	[]	[mm]	[N]	[MPa]	dL %	[N]	[MPa]	Zmierzone ręcznie [mm]	E [GPa]
1.	0,634	0,316	100,0	14,22	47,223	32,731	32,5	102,949	136,0	13,52
2.	0,634	0,316	100,0	15,47	49,785	33,317	33,3	105,481	137,0	14,1
3.	0,634	0,316	100,0	14,822	46,906	32,545	32,7	103,580	136,0	13,9

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4. Analiza statystyczna wyników

[N]	[MPa]	dL %	[N]	[MPa]	[mm]	E [GPa]
15,071	47,971	31,198	32,833	104,003	136,333	13,84
0,349	1,579	2,133	0,416	1,318015	0,577	0,294
2,31	3,291	7,413	1,268	1,267	0,42	2,129

Źródło: opracowanie własne

5. Podsumowanie i wnioski

Wykonane testy dostarczyły wielu ważnych informacji na temat działania maszyny. Dzięki wynikom badań przeprowadzonych na cienkich drutach cynkowych o średnicy 0,634 mm stwierdzono, że wartości uzyskane za pomocą maszyny wytrzymałościowej Zwick-Roell oraz skonstruowanego prototypu są zgodne z krzywymi uzyskanymi z pomiarów wykonanych przez oba urządzenia. Na przykład wartości wytrzymałości na rozciąganie oraz dane przedstawione za pomocą krzywej naprężenie nominalne–odkształcenie (rys. 14) wykazują spójność.

Wartość modułu Younga otrzymanego z wyników badań z Zwick-Roell podobnie jak z prototypu odbiega od wartości modułu z tablic inżynierskich. Rozbieżność pomiędzy teoretycznym i eksperymentalnym modułem Younga przypisuje się faktowi, że teoretyczne moduły sprężystości otrzymano w przypadku materiałów doskonałych (monokrystalicznych), natomiast wartości eksperymentalne otrzymano dla materiału poddanego przeróbce plastycznej oraz możliwie obarczonego defektami. Alternatywną metodą wyznaczania wartości modułu Younga jest zastosowanie próby ściskania, która może dostarczyć dokładniejszych pomiarów odkształceń w zakresie właściwości sprężystych pracy materiału, chociaż nie jest wskazana w przypadku drutów o tak małej średnicy. Po analizie porównawczej wyników z opracowanej maszyny oraz maszyny wytrzymałościowej Zwick można stwierdzić, że prototyp urządzenia działa poprawnie.

W ramach niniejszej pracy zrealizowano cel główny, czyli stworzenie przenośnego systemu pozwalającego przeprowadzić jednoosiową próbę rozciągania, monitorować przebieg badania oraz wyeksportować wyniki do chmury, czego nie oferują urządzenia dostępne na rynku. Stworzono w pełni funkcjonalne stanowisko do realizacji statycznej próby rozciągania drutów, które może posłużyć do badań nad różnymi rodzajami materiałów.

System staje się atrakcyjną alternatywą dla tradycyjnych i wysokich w kosztach akwizycji maszyn wytrzymałościowych, eliminując ograniczenia związane z wydatkami i mobilnością. Pozwala na zachowanie elastyczności i umożliwia przenoszenie oraz konfigurację, co jest szczególnie istotne w laboratoriach o ograniczonej przestrzeni lub w przypadku prowadzenia badań przez studentów podczas zajęć. Niewielka cena prototypu rzędu 3,5 tys. zł jest konkurencyjna dla drogich rozwiązań stosowanych w przemyśle.

Po ukończeniu projektu wykonano niezbędne testy w ramach statycznej próby rozciągania cynku. Badania potwierdziły, że wszystkie założenia dotyczące stworzonego systemu zostały zrealizowane zgodnie z oczekiwaniami, umożliwiając właściwe przeprowadzenie procesu rozciągania. Interfejs użytkownika, który został opracowany, umożliwia kontrolę nad kluczowymi parametrami rozciągania, a także pozwala na analizę i eksport raportu. Zastosowanie chmury do przesyłania danych zdecydowanie ułatwia współpracę nad wynikami badań własności mechanicznych materiałów.

Literatura

[1] Chróścielewski J., Rucka M., Witkowski W.: Metody doświadczalne w wytrzymałości materiałów, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2019.

[2] Restecka M., Wolniak R..: Doskonalenie jakości procesów spawalniczych, Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Inżynierów Produkcji i Jakości, 2017.

[3] Dobrzański L. A.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.

[4] Stewarski E., Bystrowski J., Jakubowski J.: Wytrzymałość materiałów, Wydawnictwo AGH, Kraków 1995.

[5] https://www.zwickroell.com/products/static-materials-testing-machines/universal-testing-machines-for-static-applications/zwickiline/ (dostęp 13.04.2024).

[6] https://www.testresources.net/blog/what-is-the-price-of-a-universal-test-machine (dostęp 13.04.2024).

[7] Gondo S., Suzuki S., Asakawa M., Takemoto K., Tashima K.: Establishing a simple and reliable method of measuring ductility of fine metal wire, International Journal of Mechanical and Materials Engineering, 2018.

[8] Borkar A., Hendlmeier A., Simon Z., Randall J., Stojcevski F., Henderson L. C.: A comparison of mechanical properties of recycled high-density polyethylene/waste carbon fiber via injection molding and 3D printing, Polymer composites, 2022, tom 43 nr 4.

[9] https://botland.com.pl/kamery-do-raspberry-pi/16332-kamera-raspberry-pi-hq-imx477r-123mpx-dla-raspberry-pi-633696492738.html (dostęp 13.04.2024).

[10] www.docs.python.org/3.6/ (dostęp 13.04.2024).

[11] https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6892:-1:ed-3:v1:en (dostęp 13.04.2024).

[12] Paul S., Maniam K.: Progress in Electrodeposition of Zinc and Zinc Nickel Alloys Using Ionic Liquids, Applied Sciences, 2020.

[13] Zhang X., Pei Z., Wang C., Yuan Z., Wei L., Pan Y., Mahmood A., Shao Q., Chen Y.: Flexible Zinc-Ion Hybrid Fiber Capacitors with Ultrahigh Energy Density and Long Cycling Life for Wearable Electronics, Small, 2019.

[14] Kustra P., Wrobel M., Byrska-Wójcik D., Paćko M., Sulej-Chojnacka J., Milenin A.: Manufacture technology, mechanical and biocorrosion properties of the Zn, Journal of Manufacturing Processes, 2021.

DEVELOPMENT, CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR UNIAXIAL TENSILE TESTING

Abstract

The aim of the work was to develop, construct and implement a portable system for conducting uniaxial static tensile test. An overview of existing testing machines available on the market allowed us to identify the optimal method of mounting wire samples. An appropriate strain measurement method was selected, describing the types of extensometers and justifying the decision. Mechanical and electronic components were constructed using 3D printing technology, and then the electronic system and

control software were designed. The user interface allows you to control test parameters and monitor its progress in real time, as well as export results to the cloud and generate reports. The system has undergone comprehensive verification through static tensile testing on zinc. The tests confirmed that the design assumptions were met, enabling the precise stretching process to be carried out.

Keywords: uniaxial static tensile test, tensile testing machine, extensometer, stress, strain, 3D printing, Raspberry Pi

Opiekun pracy
dr inż. Piotr Kustra

Recenzenci:
dr hab. inż. Paweł Lochyński, prof. uczelni
dr inż. Robert Świerzko

TERAPIA PIJAWKOWA. PRAKTYKA PRACOWNI SENSORYKI I REHABILITACJI ZWIERZĄT UWS

Agata Danielewicz, Barbara Rytel*

Uniwersytet w Siedlcach, Studenckie Koło Naukowe Sympatyków Zwierząt
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

* e-mail: br83640@stud.uws.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

Hirudoterapia jest naturalną metodą leczenia różnorodnych dolegliwości zdrowotnych przy użyciu pijawek (*Hirudo*). Terapia pijawkowa z sukcesem stosowana jest w m.in. chorobach psychosomatycznych zwierząt, układu krążenia, układu oddechowego. Pijawki najczęściej pomagają w stanach pooperacyjnych, zakrzepicy, replantacjach, flegmonie. Zalecana jest w chorobach naczyniowych u zwierząt – wszelkiego rodzaju zakrzepicach, zastojach i obrzękach oraz zastojach limfatycznych w naczyniach. Kolejne na liście są choroby neurologiczne. Osobna kategoria to okulistyka, a szczególnie jaskra, zaćma i urazy.

W niniejszej pracy przedstawiono wybrane przypadki zastosowania terapii pijawkowej dla zwierząt, które rehabilitowane były w stacjonarnej i terenowej pracy Gabinetu Sensoryki i Rehabilitacji Zwierząt UwS w latach 2022–2024.

Słowa kluczowe: terapia pijawkowa, hirudoterapia, *Hirudo verbana*

1. Wprowadzenie

Hirudoterapia jest naturalną metodą leczenia różnorodnych dolegliwości zdrowotnych przy użyciu pijawek (*Hirudo*). W 2004 roku Amerykańska Agencja Żywności i Leków (FDA) wprowadziła ją do medycznych sposobów leczenia. W Polsce hirudoterapia jest również oficjalną procedurą medyczną. Na świecie występuje ponad 500 rodzajów pijawek, a na obszarze Polski 44 gatunki, wśród których są pijawki lecznicze. Do europejskich pijawek medycznych (European Medicinal Leech) należą: *Hirudo medicinalis*, *Hirudo verbana*, *Hirudo orientalis*.

1.1. Historia

Już w epoce kamiennej praktykowano użycie pijawek do leczniczego upustu krwi jako siedliska demonów bądź złych duchów powodujących chorobę. W prekolumbijskiej Ameryce krwioupusty cenili Aztekowie, wierząc, że wraz z nimi opuszczają człowieka złe duchy. Najstarszym pismem, które wspomina o pijawce, jest Biblia. Nazwa pijawki wywodzi się od hebrajskiego słowa Alukah – być związanym, jako że jest ona tak silnie przywiązana do skóry człowieka, jak człowiek do swego przeznaczenia.

Rzymski lekarz greckiego pochodzenia Galen (131–201), podobnie jak jego greccy poprzednicy (a także następcy), był zwolennikiem teorii humoralnej, zakładającej, że ciało

zbudowane jest z ziemi, ognia, wody i powietrza, a główną rolę w regulowaniu jego funkcji odgrywają cztery płyny ustrojowe: krew, żółć, czarna żółć oraz flegma. Zgodnie z tą teorią wszystkie te płyny powinny pozostawać w równowadze, a jakiekolwiek ich zaburzenie prowadzi do różnych schorzeń. Starożytna patologia humoralna znalazła również zastosowanie w europejskich praktykach leczniczych wieków średnich. Średniowieczni lekarze potrafili dokładnie opisać fizjonomię osoby obdarzonej jednym z czterech temperamentów.

Szczytowym okresem w leczniczym wykorzystaniu pijawki lekarskiej były wieki XVIII i XIX. Cechą charakterystyczną tamtejszej medycyny był sceptycyzm, a następnie nihilizm terapeutyczny. Zwolennicy tych kierunków odrzucali wiarę w trafność stawianych diagnoz, dobieranych procedur medycznych i aplikowanych leków. Popularność hirudoterapii wpłynęła na rozkwit handlu pijawkami lekarskimi, który stanowił łatwe i atrakcyjne źródło dochodów. Tak duże potrzeby spowodowały prawie całkowite wyniszczenie populacji pijawki w jej naturalnym środowisku. Zaczęto wdrażać różne programy rządowe zachęcające przedsiębiorców do zagospodarowania i zasiedlania pijawkami bagien, jezior, stawów i strumieni, a także wydzielano specjalne grupy wycofanych z wojska starych koni, aby karmiły pijawki swoją krwią. Wszystkie te przedsięwzięcia okazały się wobec ogromnego popytu niewystarczające i niezbędny był ich import z innych krajów. Z notatek Napoleona wiadomo, że na potrzeby żołnierzy jego armii importowano z Węgier 6 milinów pijawek [1].

Po roku 1830 praktyka stawiania pijawek zaczęła stopniowo zanikać w związku z wprowadzaniem na coraz szerszą skalę preparatów farmaceutycznych. W roku 1884 brytyjski fizjolog, profesor Walijskiej Narodowej Szkoły Medycyny John Berry Haycraft odkrył, że stanowiąca pożywienie pijawki krew nie ulega w jej przewodzie pokarmowym krzepnięciu ani psuciu się i że produkuje ona silnie działającą substancję przeciwzakrzepową, którą nazwał hirudyną. Obecnie pijawka lekarska uważana jest za żywe, miniaturowe laboratorium farmakologiczne [2].

2.1. Terapia pijawkowa

Określenie terapia pijawkowa jest współcześnie bardziej zasadne niż hirudoterapia. W aktualnym stanie wiedzy naukowej trudno mówić o hirudoterapii, szczególnie w kontekście lepiej poznanej terapii dla ludzi. Hirudo określa tylko jeden związek – hirudynę, która powoduje, że krew nie gęstnieje (jest inhibitorem trombiny, stosowanym jako lek zapobiegający krzepnięciu krwi). Pod koniec 1950 r. prof. F. Markwardt po raz pierwszy wyizolował hirudynę, chociaż jej strukturę w pełni określono dopiero w 1976 roku. Do czasów dzisiejszych odkryto około 500 innych naturalnych organicznych związków chemicznych, produkowanych przez pijawki lekarskie, o bardzo złożonej budowie oraz ciekawych i pożądanych właściwościach leczniczych, co zapewniło pijawkom ponowny wzrost zainteresowania w lecznictwie zwierząt [3].

Weterynarze zalecają tę formę terapii dla zwierząt, ale nie jest to popularne. Faktem jest, że hirudoterapia stosowana u ludzi znajduje się w Międzynarodowej Klasyfikacji Procedur Medycznych ICD-9, pod numerem 99.991 jako „Terapia pijawkowa" [4]. W większości przypadków terapia pijawkowa nie jest w Polsce opłacana przez NFZ, choć w niektórych przypadkach może się zdarzyć możliwość refundacji. Jeśli chodzi o terapię pijawkową zwierząt – zajmują się tym zarówno zootechnika, jak i weterynaria, ponieważ nie ma jasnych zasad, które by tylko jednej grupie zawodowej nadawały uprawnienia do przeprowadzania takich zabiegów [5].

Najczęściej stosowane formy terapii pijawkowej:

1. Miejscowe leczenie schorzeń – najpopularniejsza metoda polegająca na oddziaływaniu substancji gruczołów ślinowych bezpośrednio w leczonym miejscu. Enzymy penetrują w głąb tkanek i powstaje efekt terapeutyczny.
2. Hirudokompleksoterapia – oddziaływanie substancjami pijawek na wiele układów narządowych przez okresowe przystawianie pijawek w wybranych miejscach ciała. Jest to popularna metoda w leczeniu hamowania procesów starzenia organizmu, funkcji narządowych i leczeniu profilaktycznym.
3. Hirudohemoterapia – oddziaływanie na konkretne narządy wewnętrzne przez okolice ciała położone w topograficznym ich rzucie na powierzchni ciała. Metoda ta ma stymulować krążenie w narządzie przez stymulację krążenia skórnego.
4. Hirudoenergoterapia – oddziaływanie na system energetyczny zwierzęcia przez poszczególne centra energetyczne. Za pomocą tej metody można korygować zaburzenia w gospodarce energetycznej ciała, zanim spowodują one widoczne objawy fizyczne w postaci zaburzeń funkcji danego narządu.
5. Hirudorefleksoterapia – oddziaływanie pijawkami na punkty akupunkturowe w terapii indywidualnej lub łączonej z miejscowym przykładaniem pijawek.
6. Hirudoneuroterapia – metoda wykorzystująca stymulujący efekt związków ślinowych w neurotransmiterach układu nerwowego. Niezwykle obiecująca metoda na przyszłość w leczeniu porażeń mózgowych, chorób neurodegeneracyjnych i innych zaburzeń tkanki nerwowej.
7. Hirudoimmunoterapia – oddziaływanie bezpośrednio na układ limfatyczny zwierzęcia. Metoda niebezpieczna ze względu na bliski kontakt z układem limfatycznym. Zagrożenia to infekcja lub niekontrolowany rozwój procesu nowotworowego. Metoda niepolecana do stosowania samodzielnie.
8. Hirudokosmetologia – zastosowanie pijawek lekarskich w kosmetyce zwierząt [6].

Pijawki znane jako lekarskie to pierścienice, a najpowszechniejsza nazwa pijawek wykorzystywanych w lecznictwie to *Hirudo medicinalis*. Jest to gatunek pijawki odkryty na ziemiach polskich, zbadany i względnie poznany, w wyniku czego udowodniono, że ma działanie prozdrowotne. W procesie leczenia za pomocą pijawek mogą być wykorzystywane pijawki należące do gatunku pijawek lekarskich, do którego zaliczają się pijawki *Hirudo verbana* hodowane laboratoryjnie w specjalistycznych firmach. Pijawki *Hirudo verbana*, w odróżnieniu od pijawek *Hirudo medicinalis*, nie są objęte ochroną gatunkową, a ich sprzedaż oraz zakup nie wymagają zezwolenia z Ministerstwa Klimatu i Środowiska.

Do pijawek lekarskich zaliczane są następujące gatunki:

- *Hirudo medicinalis* (Europa),
- *Hirudo verbana* (Azja, południowa Europa),
- *Hirudo nipponia* (Japonia),
- *Witmania pigra* (Chiny),
- *Hirudo septemstriata* (Republika Południowej Afryki),
- *Hirudo orientalis* (Zakaukazie, Iran, Uzbekistan),
- *Hirudo troctina* (obszar Morza Śródziemnego),
- *Hirudo javanica* (Wyspy Sundajskie, Bengal, Birma),
- *Hirudinaria manillensis* (Indie, Malezja, Cejlon, Wyspy Sundajskie, Filipiny),
- *Hirudinaria granulosa* (Indie),
- *Haementeria ghilianii* (od ujścia rzeki Amazonki, na północ do Wenezueli i Gujany),

- *Macrobdella decora* (Ameryka Północna),
- *Philobdella gracile* (wybrzeże Ameryki Północnej),
- *Potamobdella oaxacensis* (Meksyk),
- *Limnobdella australis* (Australia).

Pijawki lekarskie to zwierzęta wodno-lądowe, przystosowane do okresowego braku tlenu. Pijawka *Hirudo verbana* osiąga przeciętnie rozmiary do 12 cm długości, przy średnicy 1 cm, przy tym może się kurczyć i wydłużać. Ciało pijawki lekarskiej jest spłaszczone w kierunku grzbietowo-brzusznym, gładkie, bez szczecinek. Strona grzbietowa jest wypukła, brzuszna – płaska. Całe ciało pijawki lekarskiej podzielone jest okrężnymi bruzdami na regularne pierścienie. Segmentacja zewnętrzna nie koreluje jednak z wewnętrzną. Jednemu odcinkowi wewnętrznemu odpowiada pięć pierścieni zewnętrznych. Granice rzeczywistych odcinków ciała można odróżnić po barwie, strona grzbietowa jest kolorowa – ma zabarwienie o różnych odcieniach zieleni, ale posiada też 6 parzyście rozłożonych linii koloru pomarańczowego (cztery na górze i po jednej z każdego boku). Natomiast strona brzuszna tych pijawek ma zawsze jednolity zielonkawy kolor – otoczony po obu bokach ciemnym paskiem. Pijawka *Hirudo verbana* należy do rzędu pijawek szczękowych, w przyssawce znajdującej się na przednim końcu ciała usytuowany jest otwór gębowy prowadzący do jamy ustnej, w której umieszczone są promieniście 3 pary szczęk, gdzie każda posiada od 60 do 100 mikroskopijnych ząbków [7].

Gruczoły ślinowe pijawek produkują ślinę. Jej skład jest szczególną adaptacją do odżywiania się krwią. Ślina zawiera ok. 500 substancji chemicznych, w tym związki znieczulające i rozkurczające naczynia krwionośne żywiciela, których działanie jest natychmiastowe. Płynna zawartość wola nie ogranicza elastyczności ciała i nie blokuje ruchów w czasie przemieszczania się pijawek między okresami żerowania. Wole znajduje się tuż za jelitem przednim i rozpoczyna jelito środkowe. Wole ma liczne, rozgałęzione kieszenie i magazynowana jest w nim krew ofiary. Pijawki trawią bardzo powoli i wytrzymują długo bez pokarmu. Gruczoły produkują kompleks związków, czyli SGS (Salivary Glands Secretion) – w nomenklaturze polskiej nazywane związkami ślinowymi. Podstawowa i najważniejsza z tych 500 substancji, które znamy, to przede wszystkim hirudyna, wspomniana substancja białkowa, zapobiegająca krzepnięciu krwi oraz inhibitory transglutaminaz osoczowych I Lindela II – czynniki stabilizujące fibrynę i antystazyna. Druga w kolejności jest bdelina, inhibitor protaz jak trypsyna, chymotrypsyna i plazmina, które są czynnikami stanów zapalnych i ich rozprzestrzeniania się w tkankach. Hirustazyna to nie tak dawno odkryty antykoagulant produkowany przez pijawkę lekarską – po zabiegu do 72 godzin rana nie krzepnie i powoli ciało pozbywa się zanieczyszczeń wraz limfą. Natomiast gilantyna to białko zawierające bardzo duże ilości siarki, kolejny koagulant i co ważne lek antyprzerzutowy w nowotworach. Nie udało się jej stworzyć w formie syntetycznej na bazie wykorzystania pijawek, więc jeżeli chcemy korzystać z tej terapii, to tylko z użyciem tych zwierząt. Następna jest apyraza – enzym, który upłynnia krew i zmniejsza jej lepkość. Kolejny związek to eglina, związek przeciwzapalny – inhibitor czynników stanów zapalnych i bardzo aktywny antyutleniacz. Hementyna to fibrynolityczny enzym zdolny zapobiegać krzepnięciu krwi oraz rozkładający istniejące zakrzepy. Nie powoduje on ryzyka oderwania w naczyniach ewentualnych zakrzepów, a działa w sposób opłukujący i stopniowo je rozpuszczający, aż do całkowitej redukcji [10]. Pijawki dzięki hementynie obmywają zakrzepy, nie dochodzi do ich „urwania", co jest niezwykle niebezpieczne. Natomiast destabilaza to ferment, który ma bardzo silne działanie antyagregacyjne powodujące rozkładanie zakrzepłej krwi, regeneruje naczynia krwionośne

oraz reguluje poziom cukru i ciśnienie krwi. Jest pomocny np. przy replantacjach kończyn, w wyniku urazu można walczyć o uratowanie kończyny. Wymienić też trzeba hialuronidazę – substancję o podwójnym działaniu – jest to bardzo silny antybiotyk, ale pochodzenia naturalnego oraz czynnik umożliwiający przenikanie przez błony komórkowe sąsiadujących z sobą tkanek i komórek. Na tej długiej liście są jeszcze lipaza i steraza powodujące rozkład tłuszczu (niezwykle ważne przy otyłości), zawierają również substancje znieczulające. Hloromycetyna – posiada bardzo silne działanie przeciwbakteryjne oraz – co szczególnie interesuje opiekunów zwierząt – substancje znieczulające. Pijawki wpuszczają silne czynniki przeciwbólowe i neurotransmitery regulujące przepływ impulsów elektrycznych w komórkach nerwowych oraz endorfiny – hormony szczęścia, a także dopaminę i serotoninę – związki niezbędne do właściwego funkcjonowania układu nerwowego. W fazie obserwacji i badań są związki ślinowe pijawek rozszerzające naczynia krwionośne, których schemat działania jest bardzo podobny do histaminy, oraz substancje antynowotworowe. W doświadczeniach naukowych prowadzonych na myszach z wszczepionym laboratoryjnie nowotworem mięsaka T241 uzyskano wstrzymanie rozwoju guzów nowotworowych, a także ich cofanie się po zastosowaniu ekstraktu z gruczołów ślinowych pijawki *Haementeria ghilianii* [8].

Z gruczołów ślinowych pijawek lekarskich pochodzi mnóstwo składników aktywnych wykorzystywanych dzisiaj do leczenia m.in. chorób zakrzepowo-zatorowych, miażdżycy czy nadciśnienia tętniczego. Do najbardziej znanych należą zapobiegająca krzepnięciu krwi hirudyna i specyficzna histamina – substancja, która powoduje rozszerzanie się naczyń krwionośnych. Ślina pijawek zawiera też lipazy, esterazy, prostaglandyny, neurotransmitery i wiele innych substancji. Dotychczas przeprowadzone badania kliniczne z udziałem pijawek wykazały korzystny wpływ znajdujących się w ich ślinie związków na stężenie lipidów. Dowody wskazują na to, że po terapii dochodzi do normalizacji poziomu całkowitego cholesterolu (TCL) i trójglicerydów (TG) oraz zmniejszenia LDL. A to wszystko za sprawą wydzielania przez pijawki esterazy cholesterolowej i lipazy – substancji rozkładających trójglicerydy [9–10].

Hirudyna, czyli związek przeciwzakrzepowy wydzielany przez pijawki, jest silnym inhibitorem trombiny. Podejrzewa się, że substancja ta efektywniej zapobiega zawałom i udarom niż kwas acetylosalicylowy. W wydzielinie gruczołów ślinowych pijawek są też składniki ograniczające powstawanie zakrzepów takie jak antystazyna [11] oraz rozpuszczające zakrzepy i udrażniające naczynia typu hementeryna.

Kolejnym ważnym czynnikiem pochodzącym ze śliny pijawek jest PC-LS. Jest to typowy regulator ciśnienia tętniczego krwi – podwyższa za niskie ciśnienie, a zbyt wysokie obniża. Duży udział w walce z nadciśnieniem tętniczym wykazuje wspomniana wcześniej histamina, która prowadzi do rozszerzenia naczyń krwionośnych, a co za tym idzie, obniżenia ciśnienia tętniczego [12, 13].

3. Terapia pijawkowa w Pracowni sensoryki i rehabilitacji zwierząt UwS

Terapia pijawkowa sprawdza się u pacjentów po zabiegach chirurgicznych i replantacjach, jako że skutecznie zapobiega powikłaniom zakrzepowo-zatorowym za sprawą czynników przeciwagregacyjnych, przeciwzakrzepowych i fibrynolitycznych uwalnianych przez pijawki. Te małe, niepozorne zwierzęta przywracają krążenie w przyszytym narządzie. Co więcej,

substancje pochodzące z ich śliny takie jak bdeliny przyspieszają gojenie się ran, hamują czynniki zapalne oraz zmniejszają obrzęk [14, 15].

Dawniej pijawki przykładano celem poprawy nastroju i samopoczucia. Z biegiem czasu okazało się, że to wydzielane przez pijawki endorfiny, zwane potocznie hormonami szczęścia, stoją za poprawą kondycji psychicznej zaraz po ich przystawieniu.

Podczas badań dotyczących hirudoterapii zauważono, że pijawki żyją w symbiozie z drobnoustrojem, produkującym substancję przeciwbakteryjną – chloromycetynę. Dlatego ich przykładanie może być pomocne w sytuacjach, gdy powinno się ją zastosować, tj. w posocznicy meningokokowej, zapaleniu opon mózgowo-rdzeniowych, zakażeniu *Staphylococcus aureus* czy tężcu. Co więcej, w ślinie pijawek występuje destabilaza – substancja wykazująca działanie przeciwbakteryjne [25].

Wpływ wydzieliny ślinowej pijawek na proces nowotworowy. Badania na myszach polegające na wszczepianiu im mięsaka T 241, a następnie dożylnym podaniu wyciągu z gruczołów ślinowych pijawek dowiodły, że rozwój guza wskutek obecności w zaaplikowanej wydzielinie (prawdopodobnie) gilantyny został wstrzymany. Udowodniono także antyoksydacyjne działanie wydzieliny śluzowej pijawek, a faktem jest, że substancje antyutleniające mają niebagatelne znaczenie w prewencji i leczeniu chorób nowotworowych [26].

Wpływ wydzieliny ślinowej pijawek na schorzenia dermatologiczne i jej udział w kosmetologii zwierząt. Pochodząca ze śliny pijawek antyelastaza spowalnia proces starzenia się skóry, poprzez hamowanie enzymu rozkładającego elastynę i spowalnianie rozkładu tkanki sprężystej skóry [27, 28]. Liczne badania wykazały, że przystawianie pijawek wspomaga leczenie tocznia, łuszczycy, egzem, sklerodermii, czyraków, ropni i przebarwień.

Pijawki to żywe, bardzo wrażliwe na wahania temperatury, urazy i inne uszkodzenia zwierzęta. Bardzo istotne jest środowisko, w jakim pijawki są przetrzymywane. Nie tolerują mocnego naświetlenia, zarówno naturalnego, jak i sztucznego oświetlenia, lubią spokojne, ciche miejsca. Niezwykle istotna jest jakość wody, w której pijawki są przetrzymywane. Najlepsza jest woda źródlana bez chloru i metali ciężkich. Polecana jest także woda destylowana z dodatkiem soli morskiej. Woda deszczowa ma prawie idealny skład i wydaje się najlepsza, pod warunkiem że będzie pochodzić z miejsc niezanieczyszczonych organicznie lub chemicznie. Pijawki nie znoszą metali ciężkich, więc pojemniki powinny być szklane, odporne na wysoką temperaturę (wyparzanie) oraz na środki dezynfekcyjne, które powinny być używane w celu zapewnienia ich sterylności. Przyjmuje się, że na 1 litr wody powinno przypadać 15–20 sztuk pijawek. Pojemnik musi posiadać otworki wentylacyjne o średnicy nie większej niż 2 mm. Do wody można dodać kamyki wapienne, umożliwiające ścieranie i oczyszczanie skóry pijawki, a także działające antytoksycznie w stosunku do wydzielin pijawki oraz wzbogacających wodę w tlen. Temperatura wody powinna wynosić 8–15 stopni Celsjusza. Wyższa temperatura przyspiesza metabolizm pijawek, powodując jej zabrudzenie oraz przyspiesza zużycie tlenu [29, 30].

Należy dbać o czystość mikrobiologiczną pijawek, na 1–2 godziny przed zabiegiem trzeba pijawki wypłukać 2–3 razy czystą wodą, pojemnik z pijawkami pozostawić w temp. pokojowej aż do rozpoczęcia zabiegu. Dodatkowo na 15 min przed zabiegiem można użyć Hirudosterylu – preparatu sterylizującego pijawki. Po 10 minutach przebywania w roztworze wody z Hirudosterylem pijawki można przystawiać do ciała pacjenta. Pijawka ma podobny sposób działania jak kleszcz, czyli gdy wybierze ofiarę w środowisku naturalnym, chce, żeby była ona w dobrym humorze i nie podejmowała ucieczki. Starannie wybiera miejsce (przy terapii kontroluje to terapeuta), gdzie chce się wgryźć, do czego służą 3 rzędy szczęk i około

300 ząbków, wyglądających w obrazie mikroskopowym jak tradycyjna piła. Żeby ofiara nie czuła momentu, gdy nacina skórę, pijawka ją znieczula i rozpoczyna proces wtłaczania do organizmu ofiary związków ślinowych, po czym przechodzi do poboru krwi na poziomie kapilarnym w przypadku skóry konia, aż do samoistnego odpadnięcia od skóry pacjenta. Utrata krwi przy średniej wielkości pijawce lekarskiej to maksymalnie 30 ml (łącznie z krwawieniem pozabiegowym). Przy dużych zwierzętach gospodarskich tak niewielka utrata krwi nie ma żadnego znaczenia dla homeostazy organizmu. Natomiast przy małych zwierzętach towarzyszących czy egzotycznych stosuje się algorytmy gwarantujące bezpieczeństwo upustu ewentualnie zdejmuje się pijawkę wcześniej niż przy samoistnym odpadnięciu [31].

Przeciwwskazania do zabiegów możemy podzielić na bezwzględne i względne. Bezwzględne to: hemofilia, skaza krwotoczna, silna anemia, niskie ciśnienie, skrajne wyniszczenie organizmu, okres leczenia z zastosowaniem antykoagulantów, stan po krwawieniu z górnego odcinka przewodu pokarmowego, ostre stany infekcyjne, ciężkie stadia chorób wewnętrznych i immunosupresja [32]. Przeciwwskazania względne, gdzie decyzję o zabiegu opiekun podejmuje po dokładnym rozważeniu wartości prozdrowotnej tej terapii w przypadku konia, to m.in. ciąża zwierzęcia, młody wiek pacjenta, zwierzęta z alergiami, zaburzenia immunologiczne (brak odporności), nietolerancje [33, 34].

Zwierzęta znoszą zabiegi dużo łatwiej i lepiej niż ludzie, bo nie mają negatywnego nastawienia. Wszystko odbywa się w terenie, w miejscu znanym i bezpiecznym dla zwierzęcia. Opiekun jest blisko i cały czas uczestniczy w zabiegu – jego rolą jest komfort psychiczny podopiecznego. Zabieg nie wymaga znieczulenia, terapeuta musi mieć tylko dobry dostęp do partii skóry, do której przystawia pijawki, ewentualnie musi to miejsce podgolić. Pacjent w czasie 24–48 godzin przed terapią nie może być myty kosmetykami, ponieważ nawet jeśli pijawka przyssie się do ciała konia, to nastąpi zablokowanie wydzielania związków ślinowych i nie będzie efektu terapeutycznego, pomimo wypicia przez pijawkę części krwi. Zwykle taka pijawka bardzo szybko odpada od ciała pacjenta [35, 36].

Przy schorzeniach przewlekłych standardem jest 6 zabiegów w cotygodniowych odstępach. Przy stanach ostrych – złamaniach, obrzękach, ropniach – przystawiamy pijawki w miejsce dolegliwości. Natomiast w stanach przewlekłych możemy również działać precyzyjnie w miejscu dolegliwości, ale też możliwe jest poszukiwanie centralnego punktu przy wsparciu wiedzy zaczerpniętej z medycyny chińskiej i wyznaczaniu meridian i punktów ciała odpowiedzialnych za pracę poszczególnych narządów. Oznacza to, że nie zawsze pijawka przystawiana jest w miejscu schorzenia, a o protokole zabiegu indywidualnie decyduje terapeuta [37].

Po zakończonej terapii krew sączy się z ranki i nie krzepnie. Tak może być do 6–72 godzin. Jeśli krew sączy się powyżej 12 godzin, to jest to powód do kontroli morfologii krwi i układu krzepnięcia i należy wydłużyć czas między zabiegami. Opatrunków najlepiej nie usuwać aż do następnego dnia, nie dotykać ran. Po terapii nie należy dopuszczać do intensywnego wysiłku zwierzęcia. Opatrunek należy wykonać bardzo starannie i zabezpieczyć konia przed samouszkodzeniem ciała, ponieważ może wystąpić swędzenie wokół ran, co najczęściej jest rzeczą normalną [36, 38].

Pijawki po terapii należy zebrać do oddzielnego pojemnika. Pijawek nie wolno wyrzucać do środowiska jak zbiorniki wodne (stawy, jeziora, rzeki itp.), są to materiały potencjalnie zakaźne i postępowanie takie jest karalne. Wykorzystane pijawki należy zutylizować w alkoholu, a następnie oddać firmie zbierającej odpady medyczne. Nie wolno użyć tych samych pijawek ponownie [36].

Nieprzestrzeganie podstawowych zasad w stosowaniu pijawek grozi powikłaniami. Mogą to być powikłania krwotoczne oraz infekcyjne [39, 40]. Zdarzają się one w wyniku zabrudzenia ran, rozdrapywania i rozgryzania przez konia w wyniku uporczywego swędzenia. Infekcja może pochodzić od samej pijawki, dlatego do terapii należy wybierać pijawki zdrowe, żywotne, bez przebarwień, zmian na naskórku itp. Przyczyną zakażeń mogą być także skóra pacjenta i akcesoria jeździeckie. W przypadkach obniżonej odporności organizmu powodem zakażeń może być żyjąca w symbiozie z pijawką bakteria *Aeromonas*. Groźne są także powikłania krwotoczne, np., w przypadku przystawiania pijawek u chorych z chorobą wrzodową żołądka i dwunastnicy. Powikłania ciężkie mogą powstać wskutek nieprawidłowego wyboru miejsca przystawienia pijawek, np. w miejscach silnie niedokrwionych, martwych.

3.1. Zmiany zwyrodnieniowe u psa

Informacje o pacjencie. Owczarek niemiecki 6 lat, długowłosy – pies z tzw. pseudohodowli z widocznymi zwyrodnieniami stawów kończyn i kręgosłupa. Pies miał ogromne trudności w poruszaniu się, wstaje z bólem – nie był w stanie płynnie wykonywać podstawowych czynności ruchowych. Wystąpiły problemy ze wstawaniem i poruszaniem się, kulawizna, wylizywanie łap, szczególnie w miejscach objętych stanem zapalnym, nadwrażliwość na dotyk i drażliwość, obniżony apetyt i apatia.

Diagnoza i dotychczasowe leczenie. Zdiagnozowano zmiany zwyrodnieniowe stawów kończyn i kręgosłupa – zwłaszcza odcinka piersiowego i lędźwiowego. Zalecono: właściwą regenerację chrząstki stawowej w celu poprawy stopnia elastyczności stawów i ochrony przed urazami – wsparcie farmakologiczne lekami przeciwzapalnymi i suplementację żywieniową (chondroityna i siarczan glukozaminy, kwas hialuronowy, siarczanu glukozaminy, mangan, witamina C, wyciąg z *Harpagophytum procumbens* (czarci pazur)). W razie braku efektu po pół roku terapii zalecono rozważenie eutanazji.

Choroba zwyrodnieniowa stawów to choroba przewlekła i postępująca, w której, jeżeli już pojawią się zmiany – to są one nieodwracalne. Nie ma również odpowiedniego leczenia przyczynowego. Terapia opiera się na połączeniu stosowania środków przeciwzapalnych i przeciwbólowych z preparatami działającymi ochronnie na chrząstkę stawową.

Bardzo ważne jest utrzymywanie stosunkowo niskiej masy ciała psa i regularny ruch, o umiarkowanym stopniu nasilenia. Dobrym rozwiązaniem jest połączenie diety z rehabilitacją oraz włączenie suplementacji o działaniu wspierającym prawidłowe funkcjonowanie chrząstki stawowej.

Terapia pijawkowa. Terapię pijawkową zastosowano po pół roku leczenia farmakologicznego i suplementacji, podczas którego stan zdrowia psa nie uległ poprawie. Wykonano 6 zabiegów w odstępach tygodniowych, stosując 2–5 pijawek lekarskich *Hirudo verbana* w aplikacji protokołami centralnymi, po czym nastąpiła 1-miesięczna przerwa i hirudoterapię kontynuowano przez 6 miesięcy, wykonując 1 zabieg na 2 tygodnie, aplikując pijawki w okolicy stawów kończyn i wzdłuż kręgosłupa. Odstąpiono od eutanazji i terapia pijawkowa kontynuowana ma być dożywotnio minimum 1 raz w miesiącu.

3.2. Kissing spines u koni

Informacje o pacjencie. Pacjentem był 16-letni, gniady, wielkopolski wałach, cierpiący na dolegliwości związane z bolesnością okolicy grzbietu oraz idiopatyczne chwilowe kulawizny

kończyn piersiowych. Dokonano badania palpacyjnego grzbietu, jakości chodów oraz tkanek miękkich. Objawy choroby były niejednoznaczne: koń był niespokojny przy czyszczeniu, unikał dotykania grzbietu, kładł uszy, podczas wsiadania demonstrował niezadowolenie, miał problemy z rozluźnieniem i zgięciem, został wykluczony z użytkowania wierzchowego.

Diagnoza i dotychczasowe leczenie. Kising spines to innymi słowy stykające się wyrostki kolczyste kręgów u koni. KSS to specyficzne schorzenie kręgosłupa konia, w którym dwa lub też więcej wyrostków kolczystych ustawionych jest w taki sposób, że ocierają się o siebie lub wręcz dotykają nawzajem.

Kissing spines oceniono na 2. stopień wg Peterssona: zbliżenie – zwężenie przestrzeni pomiędzy dwoma lub większą liczbą wyrostków kolczystych z miernymi zmianami sklerotycznymi brzegów warstwy korowej kości i częściowymi przejaśnieniami radiologicznym – klasa RTG III–IV. Zalecono całkowity brak użytkowania konia oraz fizjoterapię i farmakologię przeciwzapalną i przeciwbólową.

Terapia pijawkowa. W bolesności grzbietu u koni najcenniejsze elementy związków ślinowych *Hirudo verbana* to działanie przeciwzapalne: bdelina A i B, egliny, hirustazyna; neuroprzekaźniki: dopamina, serotonina, histamina, acetylocholina; „hormony szczęścia": endorfiny; steroidy: kortyzol, dehydroepiandrosteron, progesteron, testosteron, estradiol; substancja powodująca wzrost komórek nerwowych: destabilaza. Substancje rozszerzające naczynia krwionośne: podobne do histaminy. Zalecono dalszą diagnostykę weterynaryjną oraz obserwację zwierzęcia. Wykonano 6 zabiegów w odstępach tygodniowych, stosując 5–8 pijawek lekarskich *Hirudo verbana* w aplikacji protokołami centralnymi, po czym nastąpiła przerwa 1-miesięczna. Hirudoterapię kontynuowano przez 6 miesięcy, wykonując 1 zabieg na 2 tygodnie, aplikując pijawki w okolicy całej linii kręgosłupa, ze szczególnym uwzględnieniem okolicy grzbietu. Odstąpiono od całkowitego wykluczenia konia z użytkowania, ponieważ z powodzeniem pracuje on w rekreacji lekkich dzieci (do 25 kg). Terapia pijawkowa kontynuowana ma być dożywotnio minimum 1 raz w miesiącu.

3.3. Uraz kończyny u konia

Informacje o pacjencie. Wałach pełnej krwi anielskiej, 14 lat, w wywiadzie brak przeciwwskazań do hirudoterapii. Objawy: widoczna, nadkażona głęboka rana od wewnętrznej strony podudzia lewego, bolesność całej kończyny, podniesiona ciepłota kończyny – zwłaszcza partii od kopyta do stawu skokowego, ryzyko ochwatu pourazowego, niemożność prawidłowego opierania kończyny o podłoże, kulawizna, niechęć do poruszania się, wyraźna manifestacja bólu.

Zastosowane działania:

1. Wywiad kliniczny wraz z oceną dotychczasowych badań weterynaryjnych i zastosowanej formy leczenia.
2. Manualna ocena stanu zdrowia wraz z termowizyjną oceną tkanek miękkich.
3. Hirudoterapia – 1 zabieg, medyczne, sterylne pijawki gatunku *Hirudo verbana* postawione w okolicy wątroby oraz wewnętrznej strony lewego stawu skokowego, 5 sztuk: hirudokompleksoterapia (oddziaływanie SGS na wiele układów narządowych przez przystawiania pijawek w wybranych miejscach ciała) oraz hirudohemoterapia (oddziaływania na poszczególne narządy wewnętrzne poprzez przyłożenie pijawki w okolice ciała odpowiadające rzutowi topograficznemu danego narządu).
4. Brak zastosowania farmakologii.

Diagnoza i dotychczasowe leczenie. Uraz podudzia lewego z naruszeniem ciągłości tkanek, RTG prawidłowe, całościowy obrzęk kończyny z kumulacją w okolicy pęciny, nadkażona rana pourazowa; brak innych dolegliwości, temperatura, tętno, oddechy, błony śluzowe, rysunek naczyń – w normie.

Terapia pijawkowa. Zabieg powtórzono 2 razy w odstępie 3 dni, przykładając pijawki miejscowo w okolicy urazu.

3.4. Niedrożność kanałów łzowych u konia

Informacje o pacjencie. Klacz małopolska 20 lat. Brak chorób współistniejących, nie było urazu.

Diagnoza i dotychczasowe leczenie. Niedrożność kanałów łzowych prawej i lewej strony czaszki, diagnozowana od 10 lat. Wykonano próby mechanicznego przepłukiwania kanałów oraz farmakologii przeciwzapalnej – bezskuteczne.

Terapia pijawkowa. Hirudoterapię zastosowano 4 razy w ciągu 1 roku, łącząc zabieg z podaniem sedacji do profilaktycznej korekty uzębienia, stosując 10–15 pijawek lekarskich *Hirudo verbana* w aplikacji protokołami centralnymi i miejscowymi, po czym nastąpiła aktualnie trwająca przerwa i zalecono kontynuację powyższego schematu przez kolejny rok. Dotychczasowe zabiegi wyłoniły przesiąkliwość łez.

4. Wyniki

4.1. Efekt terapii pijawkowej przy zmianach zwyrodnieniowychu u psa

Odstąpiono od wcześniejszej propozycji eutanazji psa. Po dwóch zabiegach zauważono znaczną poprawę motoryki dużej. Nie zaobserwowano boleści oraz większych trudności w poruszaniu się. Zalecono kontynuację terapii pijawkowej. Powinna być ona wykonywana dożywotnio, minimum 1 raz w miesiącu. Dzięki pijawkom stany zapalne uległy zmniejszeniu, przez co zwierzę odczuło ulgę i przestało wylizywać łapy. Obniżeniu uległa również nerwowość psa.

4.2. Efekt terapii pijawkowej przy kissing spines u konia

Odstąpiono od wcześniejszego zalecenia całkowitego wykluczenia konia z użytkowania, gdyż z powodzeniem pracuje on w rekreacji lekkich dzieci (do 25 kg). Było to priorytetem dla opiekunów konia, ponieważ warunkowało ekonomiczną zasadność jego dalszego utrzymywania.

4.3. Efekt terapii pijawkowej przy urazie kończyny u konia

Brak potrzeby farmakologicznego oraz mechanicznego unieruchomienia konia do zbiegu w wyniku działania związków ślinowych pijawek, zwłaszcza hialuronidazy, substancji antybiotycznej umożliwiającej szybkie przenikanie przez błony komórkowe. Szczególnie zmienia przepuszczalność tkanki łącznej w wyniku hydrolizy wiązań endoglukuronidowych kwasu hialuronowego – sprzyja to resorpcji nadmiaru płynów i wynaczynionej krwi z tkanek. Wyraźne ustąpienie bolesności już w trakcie zabiegu, poprzez dostarczenie przez pijawki

substancji znieczulających. Czynniki przeciwbólowe stymulują w mózgu neuropeptydy, które zawierają endorfiny, znane powszechnie jako hormony szczęścia. Nastąpiły redukcja kulawizny, poprawa mobilności i chęci do ruchu, w tej samej dobie koń zaczął opierać kończynę o podłoże całą powierzchnię kopyta; substancja za to odpowiedzialna to bdelina – inhibitor proteaz takich jak trypsyna, chymotrypsyna i plazmina, które są czynnikami stanów zapalnych i ich rozprzestrzeniania się w tkankach. Bdeliny przyspieszają gojenie ran. Niewielka redukcja obrzęku; pijawki dostarczyły eglinę – czyli silny środek przeciwzapalny (inhibitor czynników stanów zapalnych) oraz bardzo aktywny antyutleniacz. Wskazana: kontynuacja terapii (2–3 zabiegi).

4.4. Efekt terapii pijawkowej przy niedrożności kanałów łzowych konia

4-krotny zabieg terapii pijawkowej spowodował możliwe do zaobserwowanie przesiąkanie łez kanałów łzowych konia, ale do pełnej sprawności należy terapię kontynuować.

5. Podsumowanie

W wydzielinie pochodzącej z gruczołów ślinowych pijawek obecne są neuroprzekaźniki – dopamina, histamina, serotonina i acetylocholina, czyli składniki niezbędne do prawidłowego funkcjonowania układu nerwowego. Wyizolowano z niej także związki pobudzające wzrost komórek nerwowych takie jak destabilaza oraz inhibitory proteaz – bdelina A (bdellastazyna), bdelina B i egliny. Wykrycie w ślinie pijawki składników działających pobudzająco na wzrost komórek nerwowych daje nadzieję, że hirudoterapia może pomóc w leczeniu schorzeń neurodegeneracyjnych jak również w leczeniu zmian zwyrodnieniowych aparatu ruch koni i psów [9–10, 16, 17].

Pijawki wydzielają substancje o działaniu przeciwzapalnym jak eglina, która jest silnym inhibitorem czynników zapalnych (np. proteaz). Enzymy należące do proteaz biorą czynny udział w patogenezie zaburzeń zakrzepowych [18], chorób płuc, jak również innych procesów zapalnych, dlatego jest stosowana do wspomagania leczenia chorób płuc i oskrzeli, urazów miejscowych i innych [19]. Istnieją dowody na to, że pijawki uśmierzają ból w chorobie zwyrodnieniowej stawów oraz poprawiają aktywność ruchową zwierząt. Ponadto leczenie z ich udziałem przynosi ulgę w bólu, m.in. w zapaleniu korzeni nerwowych, w chorobach kręgosłupa, w reumatoidalnym zapaleniu stawów, w chorobie zwyrodnieniowej stawów [20–23]. Jest skuteczne także przy bólu wątroby, w leczeniu chorób woreczka żółciowego, w paradontozie, w stanach zapalnych oka, krtani, zatok oraz ostrym zapaleniu ucha środkowego.

Literatura

[1] Abal'masov D.V., Pozharitskaia M.M., Starosel'tseva L.K. i wsp.: Study of free-radical processes and antioxidant defense parameters during hirudotherapy of patients with diseases of salivary glands. Stomatologiia (Mosk). 2004, 83 (1), 27–29.

[2] Adamiak D.: Na odcięty palec i ból głowy. Zdrowy styl. 2007, listopad-grudzień, 51, 28–29.

[3] Ahmad R., Baharuddin K.A., Aidin H., Mohidin M.A. i wsp.: An unusual case of urethral hiriduniasis. Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health. 2008, Mar, 39 (2), 319–323.
[4] Andereya S., Stanzel S., Maus U. i wsp.: Assessment of leech therapy for knee osteoarthritis: a randomized study. Acta Orthop. 2008, Apr, 79 (2), 235–243.
[5] Baskova I.P., Zavalova L.: Polyfunctionality of destabilase, a lysozyme from a medicinal leech. Bioorg. Khim. 2008, May-Jun, 34 (3), 337–343.
[6] Baskova I.P., Zavalova L.: Proteinase inhibitors from the medicinal leech Hirudo medicinalis. Biochemistry (Moscow). 2001, 66, 7, 703–714 (12).
[7] Baskova I.P., Iusupova G.I., Nikonov G.I.: Lipase and cholesterol-esterase activity in the salivary gland secretions of the medical leech Hirudo medicinalis. Biokhimiia. 1984, Apr, 49 (4), 676–678.
[8] Baskova I.P., Zavaalova L., Berezhnov S. i wsp.: Inhibition of induced and spontaneous platelet aggregation by destabilase from miedicinal leech. Platelets. 2000, Mar, 11 (2), 83–86.
[9] Bio farma. Hodowla pijawek lekarskich. Kurs Hirudoterapii u zwierząt 14.09.2023–17.09.2023.
[10] Bobula M. Pijawki? Pijawki, czyli o hirudoterapii słów kilka. 2018. Hayloft. https://hayloft.pl/pijawki.
[11] Brzozowska M. Hirudoterapia w medycynie weterynaryjnej. 2022. WWT 4/2021 https://vetkompleksowo.pl/vet-w-terenie/konie/hirudoterapia-w-medycynie-weterynaryjnej/.
[12] Brzozowska M. Fizjoterapia zwierząt w praktyce Hirudoterapia. 2024. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http:/fizjoterapia-zwierzat.pl/publikacje/malina_brzozowska-hirudoterapia.pdf.
[13] Budzynski A.Z.: Interaction of hementin with fibrinogen and fibrin, Blood Coagul Fibrinolysis. 1991, Feb, 2 (1), 149–152.
[14] Chalisova N.I., Baskova L.P., Zavalova L.L. i wsp.: The neurite-stimulating influence of components of medicinal leech salivary gland secretions in organotypic culture of spinal ganglia. Neuroscience and behavioral physiology. 2003, 33, 1, 85–88, 2003.
[15] Cheng S.P., Liu J.L., Yuan J.: Study of the effect of leeching on plasma endothelin and soluble interleukin-2 receptor in patients with systemic lupus erythematosus. Chin. J. Integr. Med. 2005, Mar, 11 (1), 65–68.
[16] Chudzinski-Tavassi A.M., Kelen E.M., de Paula Rosa A.P. i wsp.: Fibrino(geno)lytic properties of purified hementerin, a metalloproteinase from the leech Haementeria depressa. Thromb. Haemost. 1998, Jul, 80 (1), 155–160.
[17] Dippenaar R., Smith J., Goussard P. i wsp.: Meningococcal purpura fulminans treated with medicinal leeches. Pediatr. Crit. Care Med. 2006, Sep, 7 (5), 476–478.
[18] Dunwiddie C., Thornberry N.A., Bul H.G. i wsp.: Antistasin, a leechderived inhibitor of factor Xa. Kinetic analysis of enzyme inhibition and identification of the reactive site. J. Biol. Chem. 1989, Vol. 264, Issue 28, 16694–16699, Oct.
[19] Dynowski Z. Podstawy hirudoterapii. Jak się leczyć przy pomocy pijawek. Wydawnictwo dr inż. Zygmunt Dynowski. ISBN 978–83–924812–0-1.
[20] Eldor A., Orevi M., Rigbi M.: The role of the leech in medical therapeutics. Blood Rev. 1996, Dec, 10 (4), 201–209.

[21] Etemadi, Ardalan, Motavali, Tubus, Shoja.: Thrombotic micrangiopathy as a complication of medicinal leech therapy. Southerm medical journal. 2008, Jul, 9 PMID: 18622333.
[22] Gasic G.J., Viner E.D., Budzynski A.Z. i wsp.: Inhibition of lung tumor colonization by leech salivary gland extracts from Haementeria ghilianii. Cancer Res. 1983 Apr, 43 (4), 1633–1635.
[23] Gronwald W., Bomke J., Maurer T. i wsp.: Structure of the leech protein saratin and characterization of its binding to collagen. J. Mol. Biol. 2008, Sep 12, 381 (4), 913–927.
[24] Hyson J.M., Leech therapy: a history. J Hist Dent. Mar, 2005, 53 (1), 25–27.
[25] Jura Cz., Bezkręgowce: Podstawy morfologii funkcjonalnej, systematyki i filogenezy. 2004, PWN, Warszawa.
[26] Knobloch K., Gohritz A., Busch K. i wsp.: Hirudo medicinalis – leech applications in plastic and reconstructive microsurgery – a literature review. Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 2007, Apr, 39 (2), 103–107.
[27] Komiyama T., VanderLugt B., Fugère M. i wsp.: Optimization of protease-inhibitor interactions by randomizing adventitious contacts. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2003, Jul, 8, 100 (14), 8205–8210.
[28] Kose A., Zenqin S., Kose B. i wsp.: Leech bites: massive bleeding, coagulation profile disorders, and severe anemia. Am. J. Emerq. Med. 2008, Nov, 26(9), 1067, e 3–6.
[29] Kuplewska L., Adamowski M. Hirudoterapia t.1 Podstawy leczenia pijawkami. ISBN 9788393135905.
[30] Kumar N., Mohindra R., Mohan B. i wsp.: Gastrointestinal bleed after leeching in a patient on aspirin therapy. Indian J. Gastroenterol. 2005, Jul-Aug, 24 (4), 170.
[31] Laufer A.S., Siddall M.E., Graf J.: Characterization of the digestive-tract microbiota of Hirudo orientalis, a european medicinal leech. Appl. Environ. Microbiol. 2008, Oct, 74 (19), 6151–6154.
[32] Michalsen A., Lüdtke R., Cesur O. i wsp.: Effectiveness of leech therapy in women with symptomatic arthrosis of the first carpometacarpal joint: a randomized controlled trial. Pain. 2008, Jul 15, 137 (2), 452–459.
[33] Munshi Y., Ara I., Rafique H., Ahmad Z.: Leeching in the history-a review. Pak J. Biol. Sci. 2008, Jul, 1, 11(13), 1650–1653.
[34] Mutschler E., Geisslinger G., Kroemer HK., Schäfer-Korting M.: Farmakologia i toksykologia. 2004. Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław, Wydanie I polskie pod redakcją Andrzeja Danysza., str. 526.
[35] Paruzel M., Gazeta Wyborcza, Wrocław, 07.10.2007.

LEECH THERAPY. THE PRACTICE OF THE ANIMAL SENSORY AND REHABILITATION CLINIC AT UWS

Abstract

Hirudotherapy is a natural method of treating various health ailments using leeches (*Hirudo*). Leech therapy is successfully employed in, among others, psychosomatic diseases in animals, circulatory system disorders, respiratory system disorders. Leeches most commonly assist in postoperative conditions, thrombosis, replantations, and phlegmon. It is recommended for vascular diseases in animals – any thromboses, stagnations, and swellings, lymphatic stasis in vessels. Neurological diseases are next on the list. A separate category is ophthalmology, especially glaucoma, cataracts, and injuries. This paper presents selected cases of leech therapy application for animals, which were carried out for educational purposes in the stationary and fieldwork of the Animal Sensory and Rehabilitation Clinic at UWS from 2022 to 2024.

Keywords: leech therapy, hirudotherapy, *Hirudo verbana*

Opiekun pracy
dr inż. Elżbieta Horoszewicz

Recenzenci:
prof. dr hab. Dorota Banaszewska
dr hab. inż. Katarzyna Andraszek

BADANIE PARAZYTOLOGICZNE I MIKROBIOLOGICZNE KAŁU PSÓW POBRANEGO NA TERENACH ZIELONYCH WROCŁAWIA, W CELU DOKONANIA OCENY POTENCJALNEGO ZAGROŻENIA ZOONOTYCZNEGO

Julia Horla*, Paulina Eitelthaler, Julia Rafalska, Katarzyna Szulczyńska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, SKN Chorób Zakaźnych AnthraX,
ul. C.K. Norwida 31, 50-375 Wrocław

* e-mail: 120309@student.upwr.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

W ramach projektu naukowego przeprowadzono badania parazytologiczne oraz mikrobiologiczne na 50 próbkach świeżego kału pobranych z terenów zielonych w pobliżu osiedli mieszkalnych Wrocławia. Badania ukierunkowane były na wykrycie pasożytów oraz bakterii kałowych. Badania na obecność pasożytów przeprowadzono przy użyciu metody flotacji kału oraz mikroskopii, a w przypadku badania w kierunku *Giardia* spp. wykorzystano również test ELISA na obecność antygenu Giardia Lamblia. Jednocześnie oceniono częstość występowania bakterii kałowych (*Salmonella* spp., *Yersinia* spp., *Escherichia coli* i *Enterococcus faecalis*) na podstawie posiewów mikrobiologicznych. Przeprowadzono analizy statystyczne w celu oceny potencjalnego zagrożenia chorobami odzwierzęcymi w różnych lokalizacjach poboru próbek. W toku badań parazytologicznych w jednej z próbek kału stwierdzono występowanie jaj *Toxocara canis* oraz w dwóch próbkach obecność antygenu Giardia. Wyniki badań wykazały obecność bakterii *Escherichia coli* i *Enterococcus faecalis* w odpowiednio 44 i 43 próbkach. Analiza statystyczna nie wykazała istotnej korelacji między miejscem pobrania próbki a uzyskanymi wynikami, co sugeruje, że zanieczyszczenie środowiska bakteriami jest powszechne w różnych obszarach miasta.

Badania zrealizowano i sfinansowano w ramach programu Funduszu Aktywności Studenckiej FAST 2023.

Słowa kluczowe: bakterie kałowe, pasożyty kałowe, prewalencja, pies

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się coraz większe zainteresowanie posiadaniem zwierząt towarzyszących, w tym psów. Warto zauważyć, że duże znaczenie mogą tutaj również mieć media, w tym filmy, w których jedną z ról gra pies. Stwierdzono, że nawet do pięciu lat po premierach takich produkcji wzrastała chęć na adopcję lub kupno psa właśnie o takiej samej rasie jak pies-aktor [17]. Poza tym ludzie diametralnie zmienili swoje podejście do zwierząt, aktualnie na porządku dziennym jest traktowanie psów jak członków najbliższej rodziny. Z pewnością wynika to z ich korzystnego wpływu na zdrowie psychiczne

opiekunów, a także z coraz częstszego wykorzystania psów w leczeniu zaburzeń behawioralnych u dzieci (dogoterapia). Skutkuje to zmniejszoną, w kwestii higieny osobistej, czujnością, przez co ludzie nie zwracają uwagi na konieczność mycia rąk po kontakcie z pupilem (do 85% właścicieli), unikanie lizania po twarzy (aż do 50% badanych) czy też spania razem w łóżku (do 30%) [10]. Trzeba jednak mieć na uwadze, że oprócz istotnych benefitów wynikających z posiadania psa istnieją także pewne niebezpieczeństwa, z których na pierwszy plan wysuwają się choroby odzwierzęce. Właściciele mogą zakazić się od psów m.in. grzybicami (dermatofitozami), chorobami bakteryjnymi (np. bartonellozą, leptospirozą, salmonellozą) i chorobami wirusowymi (np. wściekliznа) oraz licznymi chorobami pasożytniczymi, wywoływanymi przez ekto- (np. świerzb, nużyca) i endopasożyty (np. toksoplazmoza, giardioza). Choroby te mogą przenosić się na człowieka m.in. drogą kropelkową, przez ugryzienie lub kontakt ze śliną, kontakt bezpośredni, drogą wektorową, a także przy spożywaniu pokarmów bez uprzedniego umycia rąk, które miały kontakt z przedmiotami i powierzchniami zanieczyszczonymi przez chorego pupila. Należy pamiętać, że pies niewykazujący żadnych objawów chorobowych lub gdy objawy kliniczne są słabo widoczne lub nieznaczne, również może być nosicielem wielu drobnoustrojów patogennych bądź pasożytów [3]. W celu ograniczenia szerzenia się chorób, ważna jest współpraca właścicieli z lekarzami weterynarii, a także edukacja opiekunów na temat właściwej higieny, co zwiększy ich świadomość w zakresie zapobiegania i/lub ograniczenia zagrożeń [3, 10].

Kolejnym problemem epizootiologicznym jest znaczny brak odpowiedzialności części opiekunów psów, wyrażający się m.in w braku sprzątania odchodów po swoich pupilach, co przyczynia się do krążenia różnych mikroorganizmów w przestrzeni miejskiej [8]. Psy mogą być nosicielami drobnoustrojów opornych na aktualnie znane nam i szeroko stosowane środki przeciwdrobnoustrojowe, zaś narastający problem lekooporności, a nawet wielolekooporności patogenów jest niezwykle istotny z punktu widzenia zdrowia i życia ludzkiego. Bliski kontakt z pupilami oraz nieprzestrzeganie podstawowych norm higienicznych może być przyczyną zakażenia się nimi przez ludzi [6, 8].

Celem niniejszej pracy było określenie częstości występowania wybranych pasożytów wewnętrznych i bakterii występujących w świeżym kale psów zebranego na terenach zielonych Wrocławia. Ponadto przeprowadzona była analiza, czy organizmy te stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi w warunkach miejskich.

2. Materiał i metody

Materiał do badań stanowiło 50 próbek świeżego kału losowo wybieranych na terenach zielonych Wrocławia (m.in. park Szczytnicki, park Południowy, park Północny, park Zachodni, park Tysiąclecia, a także osiedla, chodniki i place zabaw w ich pobliżu). Próbki były pobierane w okresie od 25 sierpnia do 6 października 2023 roku. Kał do badania parazytologicznego pobierano szpatułkami do sterylnych pojemników w taki sposób, aby uniknąć jego kontaminacji mikroorganizmami środowiskowymi. Natomiast do badań mikrobiologicznych materiał pobierano wymazówką sterylną, którą umieszczano w probówce z podłożem transportowym Amies z węglem (Vacutest Kima S.R.L, Arzergrande, Włochy). W ciągu maksymalnie 2 godzin od pobrania próbki były poddane badaniu parazytologicznemu oraz wysianiu na podłoża mikrobiologiczne. Badania przeprowadzono

w pracowni parazytologicznej i laboratorium mikrobiologicznym EPI-VET Katedry Epizootiologii z Kliniką Ptaków i Zwierząt Egzotycznych Wydziału Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Badania parazytologiczne przeprowadzono pod kątem występowania w świeżym kale stadium jednego z wymienionych pasożytów: *Toxocara canis* (glista psia), pasożyta wywołującego toksokarozę (glistnicę), stanowiącego największe zagrożenie zoonotyczne; *Echinococcus granulosus* (tasiemiec bąblowcowy) odpowiedzialnego za zagrażającą życiu tasiemczycę – bąblowicę oraz *Giardia* spp. – pierwotniaka wywołującego giardiozę (lambliozę). Wykonano następujące analizy: badanie mikroskopowe kału w celu poszukiwania całych pasożytów lub ich dużych fragmentów oraz badanie kału metodą flotacji w kierunku obecności jaj, oocyst lub cyst pasożytów jelitowych, z wykorzystaniem zestawu Vetoquinol Fecalyzer/ Fecasol® (Biowet, Gorzów Wielkopolski, Polska), zawierający roztwór saletry chińskiej. Ponadto do określenia prewalencji zakażeń pasożytem z rodzaju *Giadia* zastosowano test Giardia Ag (VetExpert, Łomianki, Polska) oparty na metodzie immunochromatograficznej (IC), który charakteryzuje się wysoką czułością i specyficznością sięgającą 99,9%.

Badania mikrobiologiczne koncentrowały się na ocenie występowania bakterii kałowych, takich jak *Salmonella* spp., *Yersinia* spp., *Escherichia coli* i *Enterococcus faecalis*, które mają największe znaczenie epidemiologiczne jako zoonozy. Materiał zostały wysiany wstępnie na podłoża mikrobiologiczne MacConkey Agar z fioletem krystalicznym (Graso, Starogard Gdański, Polska) oraz Columbia Agar z dodatkiem 5% krwi baraniej (Graso, Starogard Gdański, Polska). Następnie w celu uzyskania czystych kultur bakterii materiał przesiewano na nieselektywne chromogenne podłoże hodowlane przeznaczone do bezpośredniego, jakościowego wykrywania, różnicowania i przypuszczalnej identyfikacji bakterii *E. coli* oraz *Enterococcus* spp. CHROMagar™ Orientation (CHROMagar, La Plaine St-Denis, Francja) oraz na selektywne chromogenne podłoże hodowlane przeznaczone do bezpośredniego, jakościowego wykrywania, różnicowania i przypuszczalnej identyfikacji bakterii z rodzaju Salmonella CHROMagar™ Salmonella (CHROMagar, La Plaine St-Denis, Francja) i podłoże wybiórcze do namnażania *Salmonella* spp. Selenite F Broth (BD, Franklin Lakes, Stany Zjednoczone). Dodatkowo uzyskane szczepy poddano jakościowej manualnej mikrometodzie wykorzystującej konwencjonalne i chromogenne substraty do identyfikacji ważnych z medycznego punktu widzenia pałeczek kałowych z rodziny *Enterobacteriaceae* przy wykorzystaniu zestawu RapID ONE System (ThermoFisher Scientific, Waltham, Massachusetts, Stany Zjednoczone).

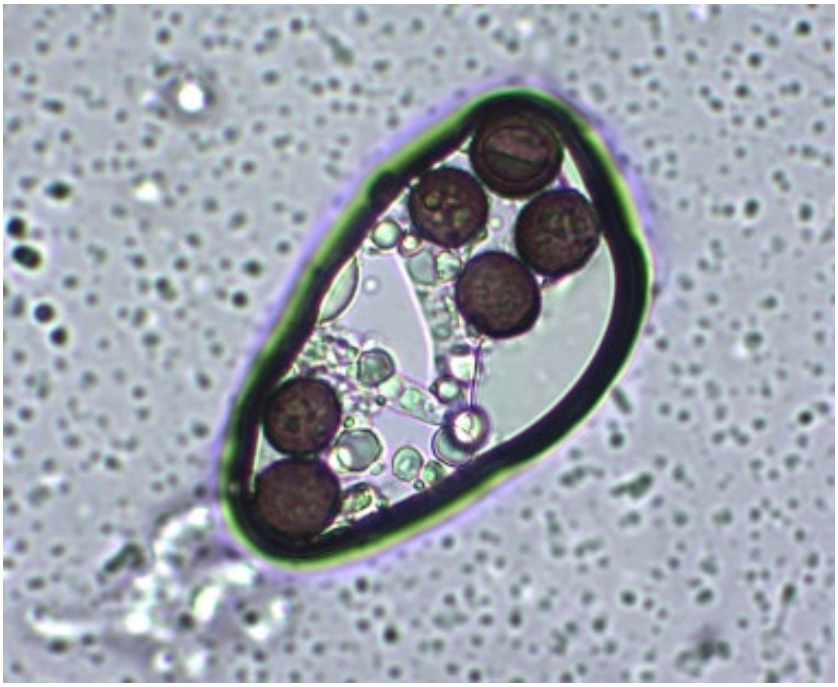
Końcowym etapem badań było przeprowadzenie analizy statystycznej z użyciem programu PQStat w celu znalezienia korelacji pomiędzy miejscem pobierania próbki kału a uzyskanymi wynikami badań mikrobiologicznych. Analiza korelacji była wykonana z użyciem testu Fishera z korektą Yatesa.

3. Wyniki

3.1. Wyniki badań parazytologicznych

W toku badań z wykorzystaniem metody flotacji oraz mikroskopii stwierdzono w jednej próbce obecność jaj glisty psiej (ryc. 1) oraz w pojedynczych próbkach obecność jaj komarów, śluzowców, a także grzybów z rodzaju *Aspergillus spp.* i *Candida spp.*, czego nie brano

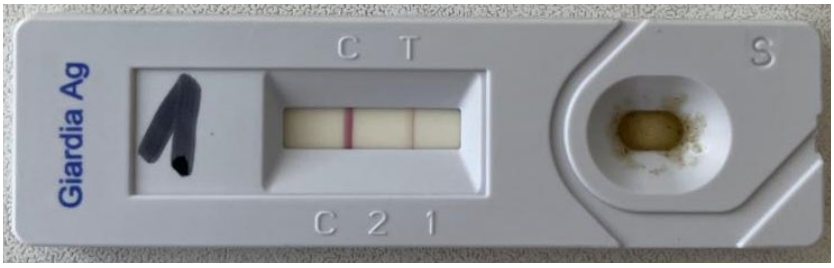
w niniejszym opracowaniu pod uwagę (brak znaczenia klinicznego). Nie stwierdzono obecności żadnych form rozwojowych tasiemca bąblowcowego w badanym materiale.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 1. Jaja *Toxocara canis* pod mikroskopem świetlnym

Analiza z wykorzystaniem szybkich testów kasetkowych (ryc. 2) wykazała w dwóch badanych próbach obecność antygenów *Giardia* spp., co oznacza, że prewalencja występowania tego pasożyta w kale psów z terenów miasta Wrocławia wynosi 4%. Oba pozytywne wyniki pochodziły z terenów zielonych zlokalizowanych na terenie osiedli. W próbkach pobranych z parków nie wykryto poszukiwanego antygenu.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 2. Przykładowy pozytywny wyniki RAPID TEST-u na obecność antygenu *Giardia* spp.

3.2. Wyniki badań mikrobiologicznych

Przeprowadzone badania mikrobiologiczne wykazały, że w żadnej badanej próbce kału nie występowały bakterie z rodzaju *Salmonella* oraz *Yersinia*. Jednakże obecność gatunku *Eschericha coli* została potwierdzona w 44 wymazach kałowych, podczas gdy *Enteroccocus fecalis* w 43 badanych próbkach, co stanowi odpowiednio 88 oraz 86%. Liczba kolonii bakterii różniła się w zależności od próbki, z której został wykonany posiew (tab. 1).

Tabela 1. Obecność oraz liczebność bakterii *E. coli* i *E. faecalis* w poszczególnych próbkach badanego kału

Numer próbki	Lokalizacja	Wzrost kolonii *E. coli*	Wzrost kolonii *E. faecalis*
1.	Plac zabaw na ul. Jaracza	bardzo liczne	nieliczne
2.	Plac zabaw na ul. Jaracza	liczne	liczne
3.	Plac zabaw na ul. Jaracza	bardzo liczne	pojedyncze
4.	Park Tołpy	nieliczne	bardzo liczne
5.	Park Tołpy	bardzo liczne	bardzo liczne
6.	Park Tołpy	nieliczne	bardzo liczne
7.	Park Tołpy	nieliczne	liczne
8.	Park Tołpy	pojedyncze	nieliczne
9.	Park Tołpy	liczne	bardzo liczne
10.	Plac zabaw na ul. Łukasiewicza	nieliczne	bardzo liczne
11.	Park Szczytnicki (od ul. Kochanowskiego)	nieliczne	bardzo liczne
12.	Park Szczytnicki (od ul. Kochanowskiego)	nieliczne	liczne
13.	Park Szczytnicki (od ul. Kochanowskiego)	bardzo liczne	brak
14.	Park Szczytnicki (od ul Kochanowskiego)	liczne	bardzo liczne
15.	Skwer św. o. Damiana de Veuster (plac zabaw)	liczne	liczne
16.	Na Niskich Łąkach (przystanek autobusowy)	bardzo liczne	brak
17.	Na Niskich Łąkach (chodnik)	bardzo liczne	brak
18.	Żabia Ścieżka (chodnik)	pojedyncze	pojedyncze
19.	Na Niskich Łąkach (park)	liczne	brak
20.	Żabia Ścieżka (park)	pojedyncze	brak
21.	Żabia Ścieżka (plac zabaw)	pojedyncze	pojedyncze
22.	Żabia Ścieżka (park)	bardzo liczne	brak

Tabela 1. cd.

Numer próbki	Lokalizacja	Wzrost kolonii *E. coli*	Wzrost kolonii *E. faecalis*
23.	Żabia Ścieżka (park)	nieliczne	nieliczne
24.	Żabia Ścieżka (park)	bardzo liczne	pojedyncze
25.	Wały nad Odrą przy blokach na Wybrzeżu Pasteura	liczne	nieliczne
26.	Garaże pod domem przy alei Kochanowskiego	nieliczne	bardzo liczne
27.	Trawnik pod szkołą przy ul. Parkowej	brak	bardzo liczne
28.	Skwerek przy ul. Dawida	bardzo liczne	bardzo liczne
29.	Skwerek przy ul. Dawida	liczne	bardzo liczne
30.	Trawnik przed blokiem przy ul. Dawida od strony parku dla psów	liczne	liczne
31.	Kampus na Grunwaldzkiej	pojedyncze	pojedyncze
32.	Kampus na Grunwaldzkiej	pojedyncze	pojedyncze
33.	Kampus na Grunwaldzkiej	liczne	liczne
34.	Wały przy mostach Warszawskich	nieliczne	nieliczne
35.	Wały przy mostach Warszawskich	bardzo liczne	nieliczne
36.	Wały przy mostach Warszawskich	liczne	liczne
37.	Wały przy mostach Warszawskich	nieliczne	nieliczne
38.	Wały przy mostach Warszawskich	pojedyncze	pojedyncze
39.	Ołbin, trawnik przy blokach na ul. Damrota	pojedyncze	nieliczne
40.	Ołbin, trawnik przy blokach na ul. Damrota	liczne	nieliczne
41.	Ołbin, trawnik przy blokach na ul. Damrota	liczne	nieliczne
42.	Ołbin, trawnik przy blokach na ul. Damrota	bardzo liczne	nieliczne
43.	Ołbin, trawnik przy blokach na ul. Damrota	nieliczne	pojedyncze
44.	Ołbin, trawnik przy blokach na ul. Damrota	brak	liczne
45.	Ołbin, trawnik przy blokach na ul. Damrota	brak	bardzo liczne
46.	skwer Ludzi ze Znakiem „P”	brak	brak

Tabela 1. cd.

Numer próbki	Lokalizacja	Wzrost kolonii *E. coli*	Wzrost kolonii *E. faecalis*
47.	skwer Ludzi ze Znakiem „P”	bardzo liczne	nieliczne
48.	skwer Ludzi ze Znakiem „P”	pojedyncze	nieliczne
49.	skwer Ludzi ze Znakiem „P”	brak	pojedyncze
50.	skwer Ludzi ze Znakiem „P”	brak	nieliczne

Źródło: opracowanie własne

Analiza statystyczna nie wykazała istotnej korelacji pomiędzy częstością występowania oraz liczebnością wyhodowanych kolonii bakterii *E. coli* czy *E. faecalis* a miejscem pobrania próbki.

4. Dyskusja

Uzyskane wyniki badań przedstawiają obraz najliczniejszych bakterii stanowiących naturalną mikrobiotę psich jelit, co jednak nie wyklucza ich potencjału zoonotycznego szczególnie niebezpiecznego dla dzieci oraz osób z obniżoną odpornością [12].

Rezultaty badań pokrywają się z tymi przeprowadzonymi przez badaczy z Uniwersytetu w Bari (Cinquepalmi i wsp.), w których również nie wykryto obecności *Salmonella* spp., co może świadczyć o braku spożywania surowego mięsa zanieczyszczonego tą bakterią przez psy z badanych terenów [2]. Zakażenia wywoływane m.in. przez bakterie takie jak *E. faecalis* czy *E. coli*, których obecność została stwierdzona w większości badanych próbek, przez swoją niską częstotliwość nie stanowią zwykle istotnego obiektu badań, co może być błędem ze względu na problem oporności tych mikroorganizmów na wiele popularnie stosowanych antybiotyków m.in. β-laktamowych, np. ampicyliny [4]. Bakterie *E. coli* mogą powodować objawy ze strony układu pokarmowego takie jak biegunki (szczepy patogenne jelitowe, ang. intestinal pathogenic *E. coli*, IPEC), ale również zespoły pozajelitowe np. hemolityczno-mocznicowy, posocznicę oraz noworodkowe zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (szczepy ExPEC, ang., extraintestinal pathogenic *E. coli*) [11]. Z kolei bakterie *Enterococcus* spp., choć są powszechnie uważane za mało chorobotwórcze, mogą być przyczyną np. zakażenia dróg moczowych, zapalenia wsierdzia, bakteriemii, posocznicy noworodków, a rzadziej zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych (szczególnie gatunki *E. faecalis* i *E. faecium*) [15].

Giardia lamblia jest szeroko rozpowszechnionym pasożytem jelitowym u ludzi i innych ssaków, którego zakażenie manifestuje się biegunkami, skurczami i bólem brzucha, utratą masy ciała, a także zaburzeniem wchłaniania składników odżywczych [5]. Pasożyt ten w zależności od struktury genomu jest klasyfikowany do 8 grup genetycznych, z czego grupa A i B występuje zarówno u człowieka, jak i psa, co niesie za sobą jego potencjał zoonotyczny [13]. Pomimo niskiej prewalencji giardiozy nie jest ona całkowicie nieobecna wśród populacji psów z terenu Wrocławia. Może być to powód oraz inspiracja do przeprowadzenia szerszych badań, z większą grupą badanych próbek, która dałaby bardziej reprezentatywne

wyniki. Kolejną przyczyną dalszych badań mogłoby stanowić porównanie rozpowszechnienia *Giardia spp.* na terenach podmiejskich i określenie korelacji pomiędzy świadomością właścicieli a zakażeniem psów tym pasożytem. Znalezienie w jednej próbce kału jaj *Toxocara canis* potwierdzają istniejące ryzyko przeniesienia nicieni odzwierzęcych na ludzi, mimo istniejących na rynku skutecznych preparatów przeciwrobaczych [9].

Ponadto jaja komarów znalezione w próbkach kału świadczą o dogodnych warunkach rozwoju, jakie stanowią dla nich psie odchody. Komary występujące we Wrocławiu, np. *Aedes caspius*, *Aedes vexans*, *Culex pipiens* oraz *Anopheles maculipennis*, mogą być wektorami licznych patogenów dla ludzi i zwierząt, takich jak: wirus gorączki Zachodniego Nilu, wirus Sindbis czy *Dirofilaria repens* [1, 14, 16, 18]. Warto podkreślić fakt zmian klimatycznych, które mogą spowodować zwiększenie się populacji oraz bioróżnorodności komarów w Polsce. Niesie to ryzyko wystąpienia nowych ognisk chorób poprzez pojawienie się odpowiednich dla nich wektorów [7].

Wyniki badań zostały również wykorzystane do rozpowszechniania wiedzy na temat zoonoz, w postaci pogadanek i prezentacji podczas lekcji biologii lub lekcji wychowawczych przeprowadzanych w szkołach podstawowych. Poruszono temat dotyczący obecności patogenów w kale psów oraz ich potencjalnego wpływu na organizm człowieka. Lekcje te miały przekonać młodych mieszkańców, jak ważnym aspektem są higiena osobista oraz sprzątanie po swoich psach.

5. Podsumowanie

Stwierdzona w niniejszych badaniach niska prewalencja występowania pasożytów jelitowych u psów utrzymywanych we Wrocławiu może świadczyć o przestrzeganiu przez właścicieli czworonogów zasad regularnego ich odrobaczania. Nie stanowi przesłanki do lekceważenia obowiązku sprzątania psich odchodów przez ich opiekunów. Obecność niejednokrotnie obfitego lub bardzo obfitego wzrostu bakterii kałowych wskazuje na potencjalne zagrożenie zdrowia ludzi, szczególnie tych z osłabioną odpornością.

Podziękowania

Uprzejme podziękowania dla dr n. wet. Małgorzaty Klimowicz-Bodys za wsparcie merytoryczne w procesie pisania publikacji oraz przeprowadzonych badaniach, laboratorium Epi-Vet za możliwość przebadania próbek pod kątem mikrobiologicznym, a także dla lek. wet. Zuzanny Czekaj oraz Magdaleny Szortyki za współudział w tworzeniu projektu badawczego.

Literatura

[1] Alsarraf M., Dwużnik-Szarek D., Hildebrand J., Mierzejewska E. J., Kloch A., Kot K., Kurek K, Nowak S., Mysłajek R. W., Myśliwy I.,Popiołek M., Rodo A., Mohammed Alsarraf M., Tołkacz K., Topolnytska M., Wężyk D., Bajer A.: Occurrence of Dirofilaria repens in wild carnivores in Poland, Parasitology Research, 2023, Vol. 122 (5), s. 1229–1237.

[2] Cinquepalmi V., Monno R., Fumarola L., Ventrella G., Calia C., Greco M.F., De Vito D., Soleo L.: Environmental Contamination by Dog's Faeces: A Public Health Problem? International Journal of Environmental Research and Public Health, 2013, Vol. 10, s. 72–84.
[3] Day M. J.: Pet-Related Infections, Am Fam Physician. 2016, Vol. 94 (10), s. 794–802.
[4] Espinosa-Gongora C., Shah S.Q., Jessen L.R., Bortolaia V., Langebæk R., Bjørnvad C.R., Guardabassi L.: Quantitative assessment of faecal shedding of β-lactam-resistant Escherichia coli and enterococci in dogs, Veterinary microbiology, 2015, Vol. 181 (3–4), s. 298-302.
[5] Feng Y., Xiao L.: Zoonotic Potential and Molecular Epidemiology of Giardia Species and Giardiasis, Clinical Microbiology Reviews, 2011, s. 110–140.
[6] Leonard E. K., Pearl D. L., Finley R. L., Janecko N., Reid-Smith R. J., Peregrine A. S., Weese J. S.: Comparison of antimicrobial resistance patterns of Salmonella spp. and Escherichia coli recovered from pet dogs from volunteer households in Ontario (2005–06), J Antimicrob Chemother, 2012, Vol. 67, s. 174–181.
[7] Ogden N. H., Gachon P.: Climate change and infectious diseases: What can we expect? Canada Communicable Disease Report, 2019, Vol. 45 (4), s. 76–80.
[8] Ortega-Paredes D., Haroc M., Leoro-Garzónc P., Barbae P., Loaiza K., Mora F., Fors M., Vinueza-Burgosb C., Fernández-Moreira E.: Multidrug-resistant Escherichia coli isolated from canine faeces in a public park in Quito, Ecuador, Journal of Global Antimicrobial Resistance, 2019, Vol. 18, s. 263–268.
[9] Overgaauw P. A., van Knapen F.: Veterinary and public health aspects of Toxocara spp., Veterinary parasitology, 2013, Vol. 193 (4), s. 398–403.
[10] Overgaauw P. A., van Zutphen L., Hoek D., Yaya F. O., Roelfsema J., Pinelli E., van Knapen F., Kortbeek L. M.: Zoonotic parasites in fecal samples and fur from dogs and cats in The Netherlands, Veterinary Parasitology, 2019, Vol. 163 (1-2), s. 115–122.
[11] Riley L. W.: Distinguishing Pathovars from Nonpathovars: Escherichia coli, Microbiology spectrum, 2020, Vol. 8 (4).
[12] Robinson R.A., Pugh R. N.: Dogs, zoonoses and immunosuppression, The Journal of The Royal Society for the Promotion of Health, 2002, Vol. 122 (2), s. 95–98.
[13] Ryan U., Cacciò S. M.: Zoonotic potential of Giardia, International journal for parasitology, 2013, Vol. 43 (12-13), s. 943–956.
[14] Rydzanicz K. Kącki, Z. Jawień, P.: Environmental factors associated with the distribution of floodwater mosquito eggs in irrigated fields in Wrocław, Poland, Journal of vector ecology : journal of the Society for Vector Ecology, 2011, Vol. 36 (2), s. 332–342.
[15] Sood S., Malhotra M., Das B.K., Kapil A.: Enterococcal infections and antimicrobial resistance, The Indian journal of medical research, 2008, Vol. 128 (2), s. 111–121.
[16] Wagner E.: Mosquito fauna (Diptera: Culicidae) of five different towns in Poland with special reference to the occurrence of human disease vectors, Fragmenta Faunistica, 2008, Vol. 51 (1), s. 15–22.
[17] Weir S., Kessler S. E.: The making of a (dog) movie star: The effect of the portrayal of dogs in movies on breed registrations in the United States, Public Library of Science, 2022, Vol. 17 (1).
[18] Weitzel T., Jawień P., Rydzanicz K., Lonc E., Becker N.: Culex pipiens s.l. and Culex torrentium (Culicidae) in Wrocław area (Poland): occurrence and breeding site preferences of mosquito vectors, Parasitology research, 2015, Vol. 114, s. 289–295.

PARASITOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF DOG FECOL COLLECTED IN THE GREEN AREAS OF WROCŁAW IN ORDER TO ASSESS THE POTENTIAL ZOONOTIC THREAT

Abstract

As part of the scientific project, parasitological and microbiological tests were carried out on 50 samples of fresh feces collected from green areas near residential estates in Wrocław. The studies were aimed at detecting parasites and fecal bacteria. The presence of parasites was examined using fecal flotation method and microscopy, and in the case of testing for Giardia spp., an ELISA test for the presence of Giardia Lamblia antigen was also used. At the same time, the presence of fecal bacteria (*Salmonella* spp., *Yersinia* spp., *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis*) was assessed based on bacteriological cultures. Statistical analyses were performed to assess the potential risk of zoonotic diseases at the different sampling locations. During parasitological analysis, *Toxocara canis* eggs were found in one stool samples and the presence of Giardia antigen in two samples. The bacteriological test results showed the presence of *E. coli* and *E. faecalis* bacteria in 44 and 43 samples, respectively. Statistical analysis did not show a significant correlation between the place of sample collection and the results obtained, which suggests that environmental contamination with bacteria is common in various areas of the city. The project was implemented and financed under the FAST 2023 Student Activity Fund program.

Keywords: fecal bacteria, fecal parasites, prevalence, dog

Opiekun pracy
dr Małgorzata Klimowicz-Bodys

Recenzenci:
dr Kamila Bobrek
lek. wet. Marek Bykowy

CO W KARMIE PISZCZY? OCENA ZBILANSOWANIA KARM DLA PSÓW ZAWIERAJĄCYCH OWADY JADALNE

Weronika Jacuńska

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Biotechnologii i Hodowli Zwierząt
Koło Naukowe Żywieniowców, ul. K. Janickiego 32, 71-270 Szczecin

e-mail: jw47216@zut.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

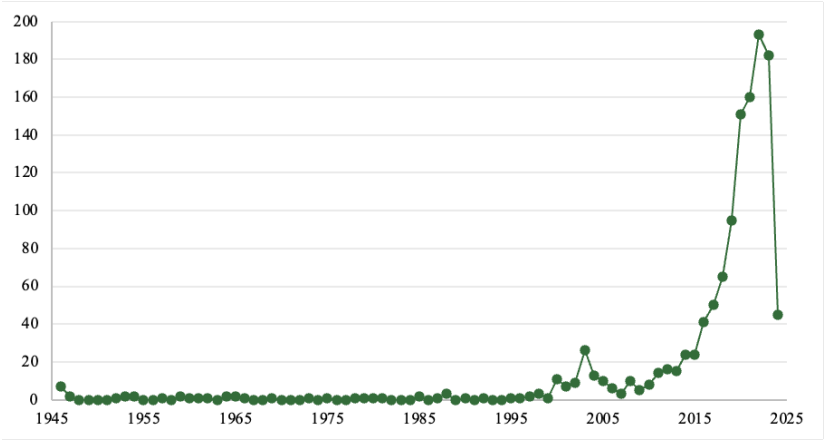
Owady dopuszczone do spożycia przez zwierzęta gospodarskie i domowe od kilku lat poddawane są ocenie ich przydatności żywieniowej. Pozytywna ocena poskutkowała wprowadzeniem ich jako atypowego białka pochodzenia zwierzęcego do produktów takich jak karma dla psów. Przeprowadzono ocenę wartości odżywczej i energetycznej czternastu produktów pełnoporcjowych dla psów zawierających owady jadalne, włączając w to skład podstawowy, zawartość składników mineralnych oraz energię metaboliczną. Karmy różniły się istotnie między sobą pod względem poszczególnych badanych cech. Wyniki wykazały, że 100% karm spełniła minimalne rekomendowane poziomy białka i tłuszczu. W jednej karmie wykazano przekroczenie maksymalnego dopuszczalnego poziomu cynku oraz niedobór wapnia i miedzi, a w innej nadmiar wapnia. Kalkulacja energii metabolicznej wykazała rozbieżności względem jej deklarowanych wartości przez producenta.

Słowa kluczowe: owady jadalne, karmy pełnoporcjowe, skład podstawowy, składniki mineralne, wartość energetyczna, adekwatność żywieniowa

1. Wprowadzenie

Owady jadalne od momentu, gdy dopuszczono je jako bezpieczne źródło białka zwierzęcego do stosowania w żywieniu zarówno zwierząt domowych, jak i gospodarskich [18, 19], są coraz częściej dodatkiem, a nawet głównym komponentem karm dla psów. Badania naukowe skierowane są ku określeniu ich wartości odżywczych, identyfikacji związków aktywnych czy też potencjalnych zagrożeń, jakimi są obarczone. Rok 2015 dla surowców owadzich był przełomowy, ponieważ to właśnie wtedy Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA, European Food Safety Authority) przedstawił swoje stanowisko w sprawie ryzyka związanego z produkcją i konsumpcją owadów jako żywności i paszy. Wyłonił przy tym piętnaście gatunków owadów, które spełniają wszystkie warunki niezbędne do uzyskania statusu żywności [8], z czego aż osiem z nich zakwalifikowano jako bezpieczny składnik paszy. Dwa lata później Komisja Unii Europejskiej [18] wydała rozporządzenie nadające siedmiu gatunkom owadów status zwierząt gospodarskich. Na liście znalazły się: czarna mucha (*Hermetia illucens*), mucha domowa (*Musca domestica*), mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*), pleśniakowiec złocisty (*Alphitobius diaperinus*), świerszcz domowy (*Acheta domesticus*),

świerszcz bananowy (*Gryllodes sigillatus*) oraz świerszcz kubański (*Gryllus assimilis*). Od tego czasu można zauważyć zwiększone zainteresowanie środowiska naukowego tematem przydatności owadów w żywieniu (rys. 1) [11].



Źródło: opracowanie własne

Rys 1. Liczba publikacji wg roku opublikowanych w bazie PubMed, zawierających w tytule słowa kluczowe „edible insects"

Polski rynek pet food oferuje duże zróżnicowanie produktów pełnoporcjowych w postaci karm suchych, jak i mokrych, jednak sukcesywnie z roku na rok zauważyć można coraz większą różnorodność w produktach zawierających niekonwencjonalnie źródła białka. Ten rodzaj produktu z łatwością znalazł swoje miejsce na rynku, być może dlatego że białko owadów jest stosunkowo nowym składnikiem w diecie psów i kotów. Najczęściej obserwuje się alergie pokarmowe u psów po spożyciu wołowiny, nabiału, pszenicy, jaj i drobiu [3, 33]. Białko owadzie nieznane jest układowi odpornościowemu i z tego powodu producenci oferujący pożywienie z ich dodatkiem sugerują, że może być to lepszą alternatywą dla zwierząt z alergią pokarmową w porównaniu z konwencjonalnym źródłem białka od zwierząt rzeźnych. Mimo tego wciąż ważna jest systematyczna ocena ryzyka związanego ze spożywaniem owadów, aby zapewnić bezpieczeństwo zwierzętom domowym [28].

Wiele uwagi poświęconej jest ocenie przydatności owadów, opierającej się głównie na poznaniu ich wartości odżywczych, związków aktywnych i antyodżywczych, które obecne są w owadach jadalnych. Przede wszystkim owady są bogate w białko, którego jakość i ilość przemawiają za wysokim stosunkiem wydajności w paszy w porównaniu z białkiem pochodzącym z wieprzowiny czy drobiu [16]. Poziom białka zależy od wybranego gatunku, etapu rozwoju czy metody hodowli oraz przetworzenia. Larwy *Hermetia illucens* cechują się udziałem białka na poziomie od 22 do 52% [1]. Potencjał larw *Hermetia illucens* drzemie także w ich zdolności do modulowania mikrobioty jelitowej u zwierząt, takich jak pstrąg tęczowy, co może dodatkowo umacniać ich rolę jako przydatnego źródła białka [6]. Atrakcyjnym pod kątem zawartości białka, ale także tłuszczu wydaje się być *Tenebrio molitor*, powszechnie znany jako mącznik młynarek. Larwy mącznika zawierają około 13% lipidów, z przeważającym udziałem nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym cennego kwasu oleinowego i kwasu linolowego [15]. Są bogate w białko, a jego poziom waha się

od 46 do 60% [5, 27]. Nieco wyższy poziom białka można uzyskać ze świerszcza domowego (*Acheta domesticus*), w którym jego zawartość może sięgać nawet 70% [29]. Świerszcze domowe hodowane na odpadach organicznych wykazują pewną przewagę w zawartości białka w porównaniu z innymi gatunkami owadów [25], dzięki czemu są one dość obiecującym źródłem składników odżywczych przy jednoczesnym wykorzystaniu w gospodarce odpadami organicznymi. Ciekawym aspektem, na jaki mogą wpływać sproszkowane *Alphitobius diaperinus* uwzględnione w diecie, są funkcje wydzielnicze jelit i przyjmowanie pokarmu u szczurów. Autorzy stwierdzili, że spożycie pleśniakowca złocistego może wpływać na uwalnianie enterohormonów dwunastnicy i jelita grubego, prowadząc do zwiększonego spożycia pokarmu u szczurów i u świń [20].

Minimalny rekomendowany poziom (MRL, minimum recommended level) białka wynosi w przypadku psów dorosłych 18 g·100 g^{-1} suchej masy (SM) pokarmu, a u kotów 25 g·100 g^{-1} SM [9]. Profil aminokwasowy białka owadziego jest podobny do tego, którym charakteryzują się mączka drobiowa czy rybna [30, 31, 34]. Ponadto hodowla owadów jest prowadzona w sposób odmienny od hodowli zwierząt gospodarskich, a to z kolei może się przekładać na wydalanie do środowiska mniejszej ilości szkodliwych substancji, gdyż jednym z głównych problemów towarzyszących hodowli zwierząt gospodarskich jest ich udział w emisji gazów cieplarnianych i degradacja gruntów [4]. Dodatkowo ich chów może pogarszać jakość powietrza oraz czystość pobliskich wód gruntowych i powierzchniowych, co stanowi duże obciążenie dla otaczającego środowiska.

Jedną z głównych obaw dotyczących spożywania owadów jest potencjalne narażenie na zagrożenia mikrobiologiczne [17, 21]. Wpływ na to mogą mieć niewłaściwie prowadzona hodowla, obróbka termiczna czy warunki przechowywania. Ryzyko wynikające z konsumpcji owadów jadalnych obejmuje także reakcje alergiczne, wywołane przez obecność kinazy argininowej czy tropomiozyny, które występują w krewetkach i mogą powodować niepożądane reakcje [10].

Przeprowadzona przez Inspekcję Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych w II kwartale 2023 r. kontrola karm dla zwierząt domowych wykazała m.in., że spośród 64 partii karm dla psów i kotów aż 48,40% charakteryzowało się nieprawidłowymi cechami fizykochemicznymi, które polegały na nieobecności zadeklarowanego przez producenta mięsa wołowego, dodatku nieopisanego na etykiecie mięsa drobiowego czy zafałszowania poziomów składników odżywczych [12]. Ponadto 41,70% (30 partii karmy z 72) badanych karm okazała się nieprawidłowo oznakowana, przez co nabywca mógł zostać wprowadzony w błąd. Dane te zwracają uwagę na potrzebę kontroli tego typu produktów, ponieważ stosowane długotrwale u zwierząt mogą wpłynąć na wystąpienie nadmiarów bądź niedoborów żywieniowych czy otyłości. Szczególnie zasadne wydaje się kontrolowanie tego typu produktów, gdzie owady jadalne w karmach przeznaczonych do codziennego stosowania u psów stanowią jedyne źródło białka zwierzęcego, będąc przy tym określanymi mianem pełnoporcjowych. Celem badania była ocena karm zawierających owady jadalne pod kątem zgodności z obowiązującymi wytycznymi żywieniowymi FEDIAF [9]. Zrealizowano cel poprzez przeprowadzenie analiz chemicznych podstawowych składników pokarmowych (białko surowe, tłuszcz surowy, włókno surowe, popiół surowy), kalkulację zawartości bezazotowych związków wyciągowych, oznaczenie zawartości makro- i mikroelementów oraz oszacowanie wartości energetycznej w badanych karmach.

2. Materiał i metody

Do badania wybrano 14 karm pełnoporcjowych ekstrudowanych dla psów dorosłych dostępnych na rynku polskim. Wyboru dokonywano na podstawie składu komponentowego karm – warunkiem niezbędnym były obecność owadów pod różną postacią oraz brak w składzie komponentów od innych gatunków zwierząt. Wytypowane produkty oznaczono symbolami od O_1 do O_14. Przed dokonaniem analizy chemicznej materiał zmielono dwukrotnie w młynku laboratoryjnym typu KNIETEC 1905 (Foss Tecator, Höganäs, Szwecja) (wielkość cząstek ≤ 0,3 mm). Materiał umieszczono w jałowych pojemnikach i przechowywano w warunkach chłodniczych w temperaturze 4°C.

2.1. Analiza chemiczna

2.1.1. Skład podstawowy

Podstawowe składniki odżywcze oznaczano zgodnie z Association of Official Agricultural Chemists [2]. Białko surowe (BS, N × 6,25) oznaczono metodą Kjeldahla z użyciem aparatu Raypa DNP–2000 TS, (Raypa, Terrassa, Hiszpania). Tłuszcz surowy (TS) ekstrahowano w aparacie Soxhleta eterem etylowym. Popiół surowy (PS) oznaczono, spalając materiał w piecu muflowym przez 8 godzin w 550°C. Włókno surowe (WS) oznaczono za pomocą analizatora ANKOM^{220} (ANKOM Technology, Nowy Jork, USA). Następnie węglowodany ogółem, określane dalej jako BNW (bezazotowe związki wyciągowe), oszacowano na podstawie równania (1) [26]:

$$\text{BNW (\%)} = 100 - (\text{\% wilgotność} + \text{\% BS} + \text{\% TS} + \text{\% PS} + \text{\% WS}) \quad (1)$$

2.2. Składniki mineralne

Zawartość wapnia (Ca), fosforu (P), potasu (K), sodu (Na), magnezu (Mg), miedzi (Cu), żelaza (Fe), manganu (Mn) i cynku (Zn) oznaczono z użyciem atomowego spektrometru absorpcyjnego (Thermo Fisher Scientific iCE 3000 Series, Waltham, Massachusetts, USA). Zawartość P znaczono metodą kolorymetryczną Egnera–Riehma na spektrofotometrze Specol 221 (Carl Zeiss Jena, Niemcy).

2.3. Energia metaboliczna

Wartość energetyczną karm wyrażoną w postaci energii metabolicznej (EM) obliczono na podstawie równania (2–5) [9, 22]:

$$\text{Energia brutto (EB)(kcal)} = (5{,}7 \times \text{\%BS}) + (9{,}4 \times \text{\%TS}) + (4{,}1 \times (\text{\%BNW} + \text{\%WS})) \quad (2)$$

$$\text{\% strawność energii} = 91{,}2 - (1{,}43 \times \text{\%WS w SM}) \quad (3)$$

$$\text{Energia strawna (ES)(kcal)} = (\text{EB (kcal)} \times \text{strawność energii}) / 100 \quad (4)$$

$$\text{Energia metaboliczna (EM)(kcal)} = \text{ES (kcal)} - (1{,}04 \times \text{\%BS}) \quad (5)$$

Otrzymane wyniki wyrażono w 100 g^{-1} SM, a następnie porównano je z deklarowanymi przez producenta, określając tolerancję zgodnie z Rozp. 767/2009 [7] oraz z wytycznymi FEDIAF [9].

2.4. Analiza statystyczna

Wyniki przedstawiono jako wartości średnie w przeliczeniu na 100 g^{-1} suchej masy (SM). Poddano je analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego STATISTICA v13.30 software (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA) [32]. Jednoczynnikową analizę wariancji przeprowadzono, przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$ oraz test t-Tukeya.

3. Wyniki

3.1. Skład podstawowy

Zawartość suchej masy w analizowanym materiale wynosiła średnio od 94 do 96% (tab. 1). Istotnie najmniej białka (23,35 g·100 g^{-1} SM) stwierdzono w karmie O_2, a najwięcej (35,75 g·100 g^{-1} SM) w karmie O_11. Wszystkie oceniane karmy spełniały minimalny zalecany poziom (MRL, minimum recommended level) dla tego składnika, który u psa dorosłego przy bytowym zapotrzebowaniu na energię MER = 110 kcal·$(kg^{0,75})^{-1}$ wynosi 18 g·100 g^{-1} SM [9]. Zawartość tłuszczu wynosiła istotnie najmniej od 7,58 do 13,20 g·100 g^{-1} SM. Składnik ten także spełnił MRL ustanowione przez FEDIAF. Najmniejszy istotny udział włókna pokarmowego uzyskano w przypadku karmy O_11 – 2,21 g·100 g^{-1} SM, a istotnie najwyższy udział tego składnika przypadł karmie O_7 z zawartością 7,16 g·100 g^{-1} SM. Najmniejszą pozostałość nieorganicznej części, a więc popiołu surowego, pozostawiła po sobie karma O_3, dając wynik istotny statystycznie w wysokości 4,90 g·100 g^{-1} SM, a największą karma O_8 z zawartością popiołu istotną statystycznie na poziomie 7,48 g·100 g^{-1} SM. Karmą charakteryzującą się istotnie najwyższym poziomem węglowodanów okazała się karma O_5, w której to węglowodanów było 57,75 g·100 g^{-1} SM, natomiast najniższą zawartość miała karma O_7 z zawartością 43,46 g·100 g^{-1} SM. Minimalny zalecany poziom włókna surowego, popiołu surowego oraz BNW nie jest regulowany normami FEDIAF [9].

Tabela 1. Zawartość podstawowych składników odżywczych w ocenianych karmach

Dane	SM	BO	TS	WS	PS	BNW	EM
	g·100 g^{-1} SM						kcal·100 g^{-1} SM
O_1	95,92	26,08^{c}	11,75^{d}	5,36^{e}	6,05^{c}	50,77^{b}	381,70^{e}
O_2	95,73	23,35^{a}	11,67^{cd}	3,33^{b}	7,43^{c}	54,22^{d}	389,59^{d}
O_3	95,39	23,45^{a}	12,04^{e}	5,56^{c}	4,90^{a}	54,05^{d}	384,23^{c}
O_4	94,62	26,45^{d}	11,63^{cd}	3,40^{b}	5,85^{bc}	52,67^{c}	403,52^{f}
O_5	94,88	24,56^{b}	7,58^{a}	4,03^{bc}	6,11^{c}	57,72^{g}	371,11^{b}
O_6	94,00	23,54^{a}	10,43^{b}	4,18^{c}	6,67^{d}	55,18^{e}	380,32^{c}
O_7	94,69	29,23^{e}	13,20^{f}	7,16^{g}	6,96^{d}	43,46^{a}	373,10^{b}
O_8	94,67	25,68^{c}	10,22^{b}	6,39^{f}	7,48^{e}	50,23^{b}	362,70^{a}

Tabela 1. cd.

Dane	SM	BO	TS	WS	PS	BNW	EM
	g·100 g^{-1} SM						kcal·100 g^{-1} SM
O_9	94,41	33,19^{f}	11,40^{c}	4,89^{d}	5,21^{a}	45,32^{a}	388,19^{d}
O_10	95,71	24,17^{a}	11,24^{c}	5,65^{e}	7,15^{e}	51,79^{c}	372,82^{b}
O_11	95,84	35,75^{g}	11,22^{c}	2,21^{a}	6,69^{d}	44,13^{a}	402,16^{f}
O_12	94,73	24,62^{b}	10,45^{b}	3,35^{b}	5,58^{b}	56,00^{f}	391,09^{d}
O_13	96,06	25,19^{bc}	11,77^{cd}	3,83^{b}	5,72^{b}	53,50^{c}	393,13^{e}
O_14	94,23	26,71^{d}	12,86^{ef}	4,34^{c}	6,79^{d}	49,30^{b}	391,54^{e}
MRL*	–	18,00	5,50	–	–	–	–

Źródło: opracowanie własne

*MRL/Minimum Recommended Level – minimalna zalecana zawartość rekomendowana przez FEDIAF dla psów dorosłych [9] przy bytowym zapotrzebowaniu na energię MER = 110 kcal·(kg^{0,75})$^{-1}$; a,b,c średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie według testu t-Tukeya na poziomie istotności p = 0,05 (dla wszystkich kolumn osobno)

3.2. Składniki mineralne

Oznaczone składniki mineralne przedstawiono w g·100 g^{-1} SM oraz mg·100 g^{-1} SM (tab. 2). Zawartość składników mineralnych w analizowanym materiale była istotnie zróżnicowana. Najniższa zawartość wapnia oznaczona została na poziomie 0,38 g·100 g^{-1} SM w karmie O_9 i nie spełniła ona MRL dla Ca wynoszącego 0,50 g·100 g^{-1} SM – pokrywała jedynie 76% MRL dla Ca. Najwyższą zawartość Ca zawierała karma O_1 (2,53 g·100 g^{-1} SM), przekraczając przy tym maksimum żywieniowe rekomendowane przez FEDIAF u psów dorosłych (NMaxRL, nutritional maximum recommended level). MRL w przypadku fosforu zalecane przez FEDIAF wynosi 0,40 g·100 g^{-1} SM i pod tym kątem każda z analizowanych karm była zgodna z zaleceniami, nie przekraczając przy tym maksymalnego dopuszczalnego poziomu wynoszącego 1,60 g·100 g^{-1} SM. Podobnie kompletne pod względem zawartości potasu, sodu i magnezu okazały się wszystkie karmy.

W jednej z 14 ocenianych karm (O_9) stwierdzono o 32% mniej miedzi niż zalecane MRL wynoszące 0,72 mg·100 g^{-1} SM. Poziom żelaza oraz manganu znajdował się w zakresie minimum jak i maksimum żywieniowego. Wszystkie karmy poza karmą O_9 zawierały optymalną ilość cynku. Zawartość przekraczającą maksymalny zalecany poziom cynku stanowiący 22,70 mg·100 g^{-1} SM uzyskano w karmie O_9, który wynosił średnio 54,28 mg·100 g^{-1} SM.

Tabela 2. Zawartość składników mineralnych w ocenianych karmach

Dane	Ca	P	K	Na	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g·100 g^{-1} SM					mg·100 g^{-1} SM			
O_1	2,53^{f}	0,66^{a}	1,69^{e}	0,47^{d}	0,37^{c}	2,26^{f}	17,11^{d}	6,86^{cd}	12,82^{c}
O_2	1,56^{e}	0,78^{b}	1,74^{e}	1,09^{e}	0,57^{d}	2,50^{f}	48,01^{i}	9,31^{e}	18,71^{g}
O_3	0,78^{c}	1,16^{e}	0,82^{a}	0,22^{b}	0,13^{a}	1,55^{d}	13,34^{b}	1,84^{a}	15,46^{e}
O_4	0,88^{c}	1,03^{d}	0,81^{a}	0,23^{b}	0,20^{ab}	1,33^{c}	21,94^{f}	5,69^{b}	17,47^{f}
O_5	0,87^{c}	1,16^{e}	0,78^{a}	0,49^{d}	0,15^{a}	1,59^{d}	23,26^{f}	4,58^{b}	13,29^{cd}
O_6	0,84^{c}	1,02^{d}	1,14^{c}	0,49^{d}	0,16^{a}	1,74^{e}	19,91^{e}	5,91^{bc}	12,36^{c}

Tabela 1. cd.

Dane	Ca	P	K	Na	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g·100 g^{-1} SM					mg·100 g^{-1} SM			
O_7	0,68^{b}	0,76^{b}	1,25^{cd}	0,34^{c}	0,16^{a}	0,96^{b}	22,65^{f}	6,60^{c}	14,97^{de}
O_8	1,07^{d}	0,90^{c}	0,86^{ab}	0,34^{c}	0,28^{bc}	1,68^{d}	36,04^{h}	12,01^{g}	15,62^{e}
O_9	0,38^{a}	0,87^{bc}	1,47^{d}	0,17^{a}	0,19^{ab}	0,49^{a}	12,17^{a}	4,42^{b}	54,28^{h}
O_10	0,95^{d}	1,05^{d}	1,01^{c}	0,50^{d}	0,22^{b}	0,86^{b}	26,71^{g}	5,94^{c}	9,42^{b}
O_11	1,15^{d}	1,26^{e}	0,97^{b}	0,14^{a}	0,23^{b}	1,48^{cd}	14,77^{c}	13,08^{h}	13,61^{d}
O_12	0,52^{b}	1,01^{d}	0,88^{b}	0,20^{b}	0,30^{c}	1,80^{e}	27,43^{g}	9,84^{f}	8,60^{a}
O_13	0,56^{b}	1,09^{d}	0,94^{b}	0,20^{a}	0,24^{b}	1,77^{e}	24,30^{f}	9,41^{e}	7,99^{a}
O_14	0,90^{cd}	1,25^{e}	0,99^{bc}	0,22^{b}	0,22^{b}	1,77^{e}	21,18^{f}	8,79^{e}	8,30^{a}
MRL	0,50	0,40	0,50	0,10	0,07	0,72	3,60	0,58	7,20
NMaxRL	2,50	1,60	–	–	–	2,80	68,18	17,00	22,70

Źródło: opracowanie własne

*MRL/Minimum Recommended Level – minimalna zalecana zawartość rekomendowana przez FEDIAF dla psów dorosłych [9] przy bytowym zapotrzebowaniu na energię MER = 110 kcal·(kg^{0,75})$^{-1}$; NMaxRL/Nutritional Maximum Recommended Level – maksimum żywieniowe rekomendowane przez FEDIAF dla psów dorosłych [9]; a,b,c średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie według testu t-Tukeya na poziomie istotności p = 0,05 (dla wszystkich kolumn osobno)

Stosunek wapnia do fosforu jest regulowany przez normy żywieniowe FEDIAF [9] i powinien on wynosić 1:1, maksymalnie 2:1. Karmami ze stosunkiem Ca:P mieszczącym się w tym zakresie były jednie O_2 i O_8. Odsetek karm, w których stosunek Ca:P został przekroczony, wynosił 7,14%. Poniżej zalecanego stosunku z kolei znalazło się 78,57% analizowanych karm. Pozostałe 14,29% zawierało odpowiedni stosunek Ca:P.

Składniki mineralne zestawiono względem siebie na podstawie MRL dla tych elementów, obliczając tym sposobem najmniejszy zalecany stosunek (MRRL, minimum recommended ratio level) (tab. 3).

Minimalny rekomendowany stosunek obliczony na podstawie MRL dla Ca i Mg nie został osiągnięty w żadnej z czternastu karm. 21,43% karm charakteryzowało się stosunkiem K:Mg wyższym niż obliczone MRRL, a 14,29% karm miało zbyt niski stosunek Na:K, aby spełnić przyjęte MRRL. Minimalny rekomendowany stosunek K:(Ca+Mg) spełniło 42,86% karm, w 35,71% stosunek K:Ca był niższy niż rekomendowany, a w przypadku stosunku Fe:Mn żadna z czternastu karm nie spełniła MRRL. Stosunek Mn:Zn tylko w jednej karmie był niewystarczający. 71,43% karm wykazało niższy niż MRRL dla P:Zn.

Tabela 3. Stosunek ilościowy wybranych składników mineralnych

Dane	Ca:P	Ca:Mg	K:Mg	Na:K	K: (Ca + Mg)	K:Ca	Fe:Mn	Mn:Zn	P:Zn
O_1	3,82	6,85	4,58	0,28	0,58	0,67	2,49	0,54	0,05
O_2	1,99	2,75	3,06	0,63	0,82	1,12	5,16	0,50	0,04
O_3	0,68	6,01	6,28	0,26	0,90	1,04	7,25	0,12	0,07
O_4	0,86	4,52	4,15	0,29	0,75	0,92	3,86	0,33	0,06
O_5	0,74	5,66	5,10	0,63	0,77	0,90	5,08	0,34	0,09
O_6	0,83	5,42	7,33	0,43	1,14	1,35	3,37	0,48	0,08
O_7	0,89	4,18	7,69	0,27	1,48	1,84	3,43	0,44	0,05

Tabela 3. cd.

Dane	Ca:P	Ca:Mg	K:Mg	Na:K	K:(Ca + Mg)	K:Ca	Fe:Mn	Mn:Zn	P:Zn
O_8	1,19	3,89	3,12	0,40	0,64	0,80	3,00	0,77	0,06
O_9	0,43	1,95	7,58	0,11	2,57	3,89	2,75	0,08	0,02
O_10	0,90	4,35	4,65	0,50	0,87	1,07	4,50	0,63	0,11
O_11	0,91	4,94	4,15	0,14	0,70	0,84	1,13	0,96	0,09
O_12	0,52	1,76	2,97	0,23	1,08	1,69	2,79	1,14	0,12
O_13	0,51	2,31	3,90	0,21	1,18	1,69	2,58	1,18	0,14
O_14	0,72	4,09	4,49	0,22	0,88	1,10	2,41	1,06	0,15
MRRL	1,00	7,10	6,50	0,20	0,90	1,00	6,20	0,10	0,10

Źródło: opracowanie własne

*MRRL – minimalny rekomendowany stosunek obliczony na podstawie MRL dla poszczególnych składników mineralnych

3.3. Energia metaboliczna

W tabeli 4 przedstawiono wartość energetyczną (EM, kcal) ocenianych karm w zestawieniu z danymi producenta oraz zakresem tolerancji regulowanym przez Rozp. 767/2009 [7]. Najwyższą wartością EM charakteryzowała się karma O_4 w przypadku której uzyskano wynik 403,52 kcal·100 g^{-1} SM, najmniejszą natomiast karma O_8 z wartością na poziomie 362,70 kcal·100 g^{-1} SM. Wykazano także odchylenia od widniejących na etykiecie deklaracji wartości energetycznych oraz minimalny i maksymalny zakres tolerancji dla energii metabolicznej.

Tabela 4. Wartość energetyczna (EM, kcal·100 g–1 SM) karm

Dane	EM[1]	EM[2]	Zakres tolerancji dla EM[3]	Zgodność z zakresem tolerancji dla EM
O_1	381,70	415,55	394,77–436,33	↓
O_2	389,59	401,11	381,06–421,17	WGT
O_3	384,23	392,63	373,00–412,26	WGT
O_4	403,52	405,71	385,42–426,00	WGT
O_5	371,11	384,10	364,90–403,31	WGT
O_6	380,32	398,00	378,10–417,90	WGT
O_7	373,09	402,2	382,09–422,31	WGT
O_8	362,70	364,50	346,28–382,73	WGT
O_9	388,19	381,00	361,95–400,05	WGT
O_10	372,82	399,00	379,05–418,95	↓
O_11	402,16	417,50	396,63–438,38	WGT
O_12	391,09	370,00	351,50–388,50	↑
O_13	393,13	382,60	363,47–401,73	WGT
O_14	391,54	392,30	372,69–411,92	WGT

Źródło: opracowanie własne

[1] wartość energii wyliczona na podstawie oznaczonego składu analitycznego; [2] deklarowana wartość energetyczna na etykiecie; [3] zakres tolerancji obliczony zgodnie z Rozp. 767/2009 [7]. ↑ wartość uzyskana z analiz własnych powyżej określonej wartości maksymalnej tolerancji; ↓ wartość uzyskana z analiz własnych poniżej określonej wartości maksymalnej tolerancji; WGT – w granicach tolerancji

4. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza chemiczna czternastu karm zawierających owady jadalne wykazała, że wszystkie spełniały MRL w przypadku białka (od 23,35 do 35,75 g·100 g^{-1} SM) oraz tłuszczu (od 7,58 do 13,20 g·100 g^{-1} SM). Węglowodany strawne, wyrażone jako BNW, we wszystkich karmach stanowiły składnik odżywczy o najwyższym udziale względem pozostałych (od 43,46 do 57,72 g·100 g^{-1} SM), co jest typowe dla tego typu karm, gdzie dodatek roślin jest niezbędny do zachowania odpowiednich właściwości organoleptycznych i procesów produkcyjnych przy ekstruzji [14 ,24].

Wszystkie karmy poza O_1 i O_9 miały odpowiednie poziomy poszczególnych pierwiastków, mieszcząc się między maksimum a minimum zalecanym przez FEDIAF [9]. Zawartość Ca w karmie O_1 przekroczyła NMaxRL o 1,20%. Karma O_9 zawartość Ca miała na poziomie 0,38 g·100 g^{-1} SM, co pokrywa 76% MRL dla tego składnika. Także zawartość Cu w tej karmie okazała się niewystarczająca, pokrywając 68,10% MRL. Poziom cynku w karmie O_9 przekroczył NMaxRL o 139,11%. Chociaż cynk jest niezbędny do pełnienia wielu funkcji biologicznych, tak duża jego ilość może być szkodliwa. Kliniczne objawy toksyczności cynku u psów obejmują ciężką niedokrwistość hemolityczną, uszkodzenie wątroby, uszkodzenie nerek, wymioty, biegunkę i ostre zapalenie trzustki [13, 25].

Stosunek Ca:P zalecany przez FEDIAF został przekroczony w 7,14% karm, poniżej zalecanego stosunku znalazło się aż 78,57% analizowanych karm, a odpowiedni stosunek Ca:P wykazano w 14,29% karm.

Po dokonaniu kalkulacji energii metabolicznej i porównaniu jej z danymi deklarowanymi przez producenta wykazano, że 14,29% karm miało energię metaboliczną niższą niż zakres tolerancji ustanowiony dla EM, a 7,14% karm zakres ten przekroczyło.

Choć wszystkie karmy pokrywały MRL w przypadku białka oraz tłuszczu, to dwie z nich (O_1 i O_9) wykazały nieodpowiednie poziomy niektórych składników mineralnych. Stosunek Ca:P był nieprawidłowy w 11 spośród 14 karm. Stosunek ten jest ważny nie tylko z uwagi na wzrost zwierząt czy budowę tkanki kostnej, ale także poprzez wzajemne oddziaływanie na wchłanianie wapnia oraz fosforu i innych składników mineralnych.

Literatura

[1] Alifian, M. D., Nahrowi, S., Sholikin, M. M.: Effect of substrate nutrient content level on nutritional expression of *Hermetia illucens:* a meta–analysis, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, Vol. 1114 (1), s. 012096.

[2] AOAC International, Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists, 2019.

[3] Banton, S., Baynham, A., Pezzali, J., Massow, M., Shoveller, A.: Grains on the brain: a survey of dog owner purchasing habits related to grain–free dry dog foods, Plos One, 2021, Vol. 16 (5), e0250806.

[4] Bassignana, C. F., Merante, P., Bellière, S. R., Vazzana, C., Migliorini, P.: Assessment of agricultural biodiversity in organic livestock farms in Italy, Agronomy, 2022, Vol. 12 (3), s. 607.

[5] Bovera, F., Loponte, R., Marono, S., Piccolo, G., Parisi, G., Iaconisi, V., Gasco, L., Nizza, A.: Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: effect

on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits, Journal of Animal Science, 2016, Vol. 94 (2), s. 639–647.
[6] Bruni, L., Pastorelli, R., Viti, C., Gasco, L., Parisi, G.: Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)* fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source, Aquaculture, 2018, Vol. 487, s. 56–63.
[7] Dz. U. UE. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 767/2009 z dnia 13 lipca 2009 r. w sprawie wprowadzania na rynek i stosowania pasz, zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1831/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady i uchylające dyrektywę Rady 79/373/EWG, dyrektywę Komisji 80/511/EWG, dyrektywy Rady 82/471/EWG, 83/228/EWG, 93/74/EWG, 93/113/WE i 96/25/WE oraz decyzję Komisji 2004/217/WE.
[8] EFSA Scientific Committee. Scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed, EFSA journal, 2015, Vol. 13(10), s. 4257.
[9] FEDIAF. Nutritional Guidelines For Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs, 2021.
[10] Francis F., Doyen V., Debaugnies F., Mazzucchelli G., Caparros R., Alabi T., Blecker C., Haubruge E., Corazza F.: Limited cross reactivity among arginine kinase allergens from mealworm and cricket edible insects, Food Chemistry, 2019, Vol. 276, s. 714–718.
[11] http://www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=edible+insects&timeline=expanded&ac=yes&cauthor_id=None&user_filter=&schema=none&page=2&whatsnew=None&show_snippets=on&sort=relevance&sort_order=desc&format=summary&size=10 (dostęp 05.03.2024).
[12] https://www.gov.pl/web/ijhars/wyniki-kontroli-karmy-dla-zwierzat-domowych (dostęp 10.03.2024).
[13] Humm, K., Tinson, E.: Supporting the intoxicated patient: toxicants affecting the haematological and renal systems, In Practice, 2020, Vol. 42 (4), s. 209–218.
[14] Kępińska-Pacelik, J., Biel, W., Witkowicz, R., Frączek, K., Bulski, K.: Assessment of the content of macronutrients and microbiological safety of dry dog foods, Research in Veterinary Science, 2023, Vol. 165, s. 105071.
[15] Kim, D., Oh, I.: The characteristic of insect oil for a potential component of oleogel and its application as a solid fat replacer in cookies, Gels, 2022, Vol. 8 (6), s. 355
[16] Kim, T.–K., Yong, H. I., Chun, H. H., Lee, M.–A., Kim, Y.–B., Choi, Y.–S.: Changes of amino acid composition and protein technical functionality of edible insects by extracting steps, Journal of Asia–Pacific Entomology, 2020, Vol. 23 (2), s. 298–305.
[17] Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. R.: Microbiological aspects of processing and storage of edible insects, Food Control, 2012, Vol. 26 (2), s. 628–631.
[18] Komisja Unii Europejskiej 2017. Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r. zmieniające załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV i XV do rozporządzenia Komisji (UE) nr 1.
[19] Komisja Unii Europejskiej 2021. Rozporządzenie Komisji (UE) 2021/1372 z dnia 17 sierpnia 2021 r. zmieniające załącznik IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 w odniesieniu do zakazu karmienia zwierząt gospodar-

skich innych niż przeżuwacze, innych niż zwierzęta futerkowe, białkiem pochodzącym od zwierząt.
[20] Miguéns–Gómez, A., Grau–Bové, C., Sierra–Cruz, M., Jorba–Martín, R., Caro, A., Rodríguez–Gallego, E., Beltrán–Debón, R., Blay, M. T., Terra, X., Ardévol, A.: Gastrointestinally digested protein from the insect *Alphitobius diaperinus* stimulates a different intestinal secretome than beef or almond, producing a differential response in food intake in rats, Nutrients, 2020, Vol. 12 (8), s. 2366.
[21] Mlček, J., Adámková, A., Adámek, M., Borkovcová, M., Bednářová, M., Kouřimská, L., Hlobilová, V.: Selected aspects of edible insect rearing and consumption - A review, Czech Journal of Food Sciences, 2021, Vol. 39 (3), s. 149–159.
[22] NRC. Nutrient Requirements of Dogs and Cats; National Research Council, 2006.
[23] Pereira, A. M., Maia, M. R. G., Fonseca, A. J. M., Cabrita, A. R. J.: Zinc in dog nutrition, health and disease: a review, Animals, 2021, Vol. 11 (4), s. 978.
[24] Pezzali, J. G., Aldrich, C. G.: Effect of ancient grains and grain-free carbohydrate sources on extrusion parameters and nutrient utilization by dogs, Journal of Animal Science, 2019, Vol. 97 (9), s. 3758–3767
[25] Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z. I., Gyuricza, C., Aleksza, L.: Evaluation of organic wastes as substrates for rearing *Zophobas Morio, Tenebrio Molitor,* and *Acheta Domesticus* larvae as alternative feed supplements, journal of central european green innovation, 2022, Vol. 10 (1), s. 143–156.
[26] Pomeranz, Y., Meloan, C.E.:Carbohydrates, Food Analysis: Theory and Practice, Springer, Boston, MA, USA, 1994.
[27] Rahmawati, T., Fuah, A. M., Arifin, H. S., Syukur, M., Dohong, S.: Influence of *Tenebrio molitor* L supplementation on egg quality and omega–3 content, Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner, 2022, Vol. 27 (1), s. 28–34.
[28] Ribeiro, J. C., Sousa-Pinto, B., Fonseca, J. A., Fonseca, S. C., Cunha, L. M.: Edible insects and food safety: allergy, Journal of Insects as Food and Feed, 2021, Vol. 7 (5), s. 833–847.
[29] Rosas–Campos, R., Meza–Rios, A., Rodriguez–Sanabria, J. S., Rosa–Bibiano, R. D. la, Corona–Cervantes, K., García–Mena, J., Santos, A., Sandoval–Rodriguez, A., Armendariz–Borunda, J.: Dietary supplementation with Mexican foods, *Opuntia ficus indica, Theobroma cacao,* and *Acheta domesticus:* Improving obesogenic and microbiota features in obese mice, Frontiers in Nutrition, 2022, Vol. 9, s. 987222.
[30] Sheppard, D. C., Newton, G. L., Thompson, S. A., Savage, S.: A value added manure management system using the black soldier fly, Bioresource technology, 1994, Vol. 50 (3), s. 275–279.
[31] Smetana, S., Spykman, R., Heinz, V.: Environmental aspects of insect mass production, Journal of Insects as Food and Feed, 2021, Vol. 7 (5), s. 553–571.
[32] TIBCO Software. TIBCO. Available online: https://www.scribd.com/document/321061529/STATISTICA-Electronic-Manual (dostęp 04.04.2024).
[33] Verlinden, A., Hesta, M., Millet, S., Janssens, G. P. J.: Food allergy in dogs and cats: a review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2006, Vol. 46 (3), s. 259–273.
[34] Van Huis, A., Oonincx, D. G. A. B.: The environmental sustainability of insects as food and feed. A review, Agronomy for Sustainable Development, 2017, Vol. 37, s. 1–14.

WHAT'S IN THE FOOD? EVALUATION OF THE NUTRITIONAL SUSTAINABILITY OF DOG FOODS CONTAINING EDIBLE INSECTS

Abstract

Insects approved for consumption by livestock and pets have been undergoing an assessment of their nutritional suitability for several years. Positive evaluation has resulted in their introduction as an atypical animal protein in products such as dog food. An evaluation of the nutritional and energy value of fourteen complete dog foods containing edible insects was carried out, including basic composition, mineral content and metabolic energy. The foods differed significantly between each other in terms of the individual characteristics tested. The results showed that 100% of the foods met the minimum recommended levels for protein and fat. One feed was found to exceed the maximum permissible level for zinc and to be deficient in calcium and copper, while another showed an excess of calcium. Calculation of metabolisable energy showed discrepancies from its declared values by the manufacturer.

Keywords: edible insects, complete feeds, basic composition, minerals, energy value, nutritional adequacy

Opiekun pracy
dr hab. inż. Wioletta Biel, prof. ZUT

Recenzenci:
prof. dr hab. Artur Niedźwiedź
dr hab. Piotr Sławuta, prof. uczelni

PARAZYTOFAUNA JELITOWA DZIKICH PRZEŻUWACZY: SARNY EUROPEJSKIEJ (*CAPREOLUS CAPREOLUS*) I KOZICY PÓŁNOCNEJ (*RUPICAPRA RUPICAPRA*) ZAMIESZKUJĄCYCH KARPATY RUMUŃSKIE

Dorota Pelan*, Marta Płoska, Gabriela Wołowiec

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Studenckie Koło Naukowe Medycyny Zwierząt Dziko Żyjących „Hubert", C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław

*e-mail: 118396@student.upwr.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

Próbki odchodów dzikich przeżuwaczy zebranych na terenie Karpat Rumuńskich na podstawie oględzin i badania makroskopowego przyporządkowano do następujących gatunków zwierząt: sarna europejska (*Capreolus capreolus*) i kozica północna (*Rupicapra rupicapra*). W sumie zebrano 13 próbek, z czego 3 należały do kozic, a 10 do saren. Próbki zostały zebrane w dniach 18–28.09.2023 z terenów górskich i leśnych, do których przylegają obszary pastwiskowe zwierząt hodowlanych, takich jak bydło domowe i owca domowa. Następnie materiał poddano flotacji z użyciem roztworu nasyconego NaCl i badaniu mikroskopowemu, uwidaczniając obecność form dyspersyjnych pasożytów z rodziny Trichostrongylidae i *Eimeria* sp. w 61,5% badanych próbek. Pozostałe próbki wykazały obecność nicieni glebowych i wstępnie przetrawionej materii roślinnej, co najprawdopodobniej świadczyło o zbyt zaawansowanym stanie rozkładu badanego materiału.

Słowa kluczowe: pasożyty, przeżuwacze, sarna, kozica, flotacja, kał

1. Wprowadzenie

Badania nad parazytofauną jelitową dzikich przeżuwaczy stanowią istotny etap w zrozumieniu kompleksowych zależności między zdrowiem zwierząt a ludzkim. Dzikie przeżuwacze takie jak jelenie, sarny czy kozice są żywicielami wielu pasożytów jelitowych, które mogą stanowić zagrożenie ich zdrowia oraz przyczyniać się do pogorszenia kondycji fizycznej [3, 9]. Jednak istotne jest także to, że te same pasożyty mogą zarażać ludzi, stanowiąc poważne zagrożenie zoonotyczne [6], a także powodując wysokie straty ekonomiczne w przypadku inwazji stad zwierząt hodowlanych.

Przenoszenie pasożytów między dzikimi zwierzętami a ludźmi może następować poprzez bezpośredni kontakt z odchodami zwierząt lub zanieczyszczoną wodą i glebą. Pasożyty takie jak pierwotniaki, robaki jelitowe czy pasożyty z rodzaju *Giardia* mogą przetrwać w środowisku przez długi czas, zwiększając ryzyko zarażenia zarówno u ludzi, jak i zwierząt gospodarskich [6].

Rosnąca penetracja ludzkiej działalności w dzikie środowiska powoduje częstsze kontakty między ludźmi a dzikimi zwierzętami, co zwiększa niebezpieczeństwo transmisji chorób związanych z pasożytami. Ludzie angażują się w aktywności takie jak polowanie, turystyka czy prace rolnicze, zwiększając ryzyko kontaktu z dzikimi zwierzętami i ich środowiskiem. Badania nad parazytofauną jelitową dzikich przeżuwaczy mają więc duże znaczenie w zapobieganiu i kontrolowaniu zoonotycznych chorób pasożytniczych u ludzi i zwierząt. Zrozumienie sposobu rozprzestrzeniania się pasożytów w populacjach dzikich zwierząt pozwala na opracowanie skutecznych strategii zarządzania ryzykiem zarażeń oraz programów profilaktycznych. Ponadto identyfikacja specyficznych pasożytów przenoszonych przez dzikie przeżuwacze może pomóc w lepszym zrozumieniu ekologii pasożytów i ich wpływu na zdrowie ekosystemów [6, 11].

Zrozumienie ekologii i dynamiki parazytofauny jelitowej dzikich przeżuwaczy jest kluczowe w zachowaniu zdrowia zarówno ludzi, jak i zwierząt dzikich czy domowych. Dalsze badania w tym obszarze mogą przynieść istotne korzyści dla ochrony zdrowia publicznego, zdrowia zwierząt oraz zachowania równowagi ekologicznej w naszych ekosystemach.

2. Badanie makroskospokowe i ocena przynależności gatunkowej

Próbki odchodów dzikich przeżuwaczy pobierano na terenie Karpat Rumuńskich. Każda odnaleziona próbka kału była identyfikowana na podstawie wyglądu i miejsca położenia [8]. Próbki znajdujące się bezpośrednio na terenach gospodarstw były pomijane celem uniknięcia błędnego zidentyfikowania odchodów owiec jako należących do zwierząt dzikich.

Odchody sarny europejskiej znalezione na terenach niskich gór zarówno na odkrytych polach, jak i w obszarze leśnym były walcowate, o długości od 10–16 mm i szerokości nieprzekraczającej 10 mm, miały barwę od ciemnobrązowej do czarnej, a po rozdrobnieniu w moździerzu uwidoczniono częściowo przetrawione składniki pożywienia zwierząt: źdźbła traw, drobne gałązki i nasiona.

Odchody kozicy północnej znaleziono na terenach górskich powyżej 1200 m n.p.m. Zbudowane były z walcowatych części o średnicy i długości około 15 mm, barwy czarnej, ich masa składała się z nieprzetrawionych elementów roślinnych.

Żadne pasożyty nie były zauważalne makroskopowo w masie kałowej, zebrane odchody określane były jako świeże – wilgotne i błyszczące lub kilkudniowe, wyschnięte, jednak dalej o zachowanej strukturze i wymiarach.

3. Badanie koproskopowe – flotacja z użyciem nasyconego NaCl i badanie mikroskopowe

Badanie próbek metodą flotacji zostało przeprowadzone zgodnie z ustalonym protokołem laboratoryjnym, w którym wykorzystuje się zjawisko wypierania cyst i jaj o ciężarze właściwym 1,05–1,15 g/cm^3 przez roztwory flotacyjne o wyższym ciężarze właściwym (np. dla nasyconego roztworu NaCl jest to 1,20 g/cm^3) [2, 4].

3.1. Sporządzenie roztworu flotacyjnego

W celu otrzymania nasyconego roztworu soli o ciężarze właściwym 1,20 g/cm^3 w 20°C w dużym naczyniu przygotowano wrzący przesycony roztwór chlorku sodu (NaCl), który odstawiono na około 12 godzin do osiągnięcia temperatury pokojowej i wytrącenia nadmiaru soli. Do badań pobierano klarowny płyn znad wytrąconych kryształów [2, 4].

3.2. Przeprowadzenie flotacji

Każda próbka kału została odpowiednio oznaczona, żeby uniknąć pomyłek podczas przetwarzania. Aby uniknąć błędu metody w postaci nierównomiernego rozmieszczenia form dyspersyjnych w kale, całą dostępną próbkę kału dokładnie mieszano. Następnie podobna ilość materiału odpowiadająca około 3 gramom była pobierana z każdej próbki i umieszczana w moździerzu porcelanowym, celem rozrobienia jej z roztworem flotacyjnym. Po dokładnym wymieszaniu materiału z roztworem chlorku sodu w moździerzu całość przelewana była przez metalowe sitko do zlewki o pojemności 100 ml. Zlewki wypełniano nasyconym roztworem soli do uzyskania menisku wypukłego i przykrywano szkiełkiem nakrywkowym przez 15 minut. Po tym czasie szkiełko nakrywkowe przenoszono, wraz z przylegającą kroplą zawiesiny, na odpowiednio opisane szkiełko podstawowe. Przy użyciu mikroskopu badano próbkę w celu wykrycia obecności i identyfikacji jaj pasożytów, cyst lub larw. Oceny preparatów dokonywano w przybliżeniu 100× i 400×. Każda próbka była analizowana w sposób systematyczny, zgodnie z procedurami diagnostycznymi [4]. W przypadku wyników negatywnych bądź wątpliwych powtarzano badanie danej próbki.

W trakcie analizy pewne próbki kału nie nadawały się do oceny mikroskopowej z uwagi na obecność rozwiniętych struktur grzybiczych, zwłaszcza pleśni. Takie zjawisko znacząco zakłócało dokładne ocenianie obecności form dyspersyjnych pasożytów. Niezbędne było wykluczenie tych próbek z analizy, aby uniknąć potencjalnego wpływu zanieczyszczeń na wyniki badań. Warto odnotować, że konieczność transportu próbek z terenu Rumunii do laboratorium w Polsce mogła przyczynić się do rozwoju pleśni w niektórych próbkach. Nawet przy stosowaniu odpowiednich warunków chłodniczych długotrwały transport mógł sprzyjać rozwojowi pleśni, szczególnie w przypadku próbek charakteryzujących się wyższym stopniem wilgotności.

Wszystkie obserwacje i wyniki były rejestrowane w formie notatek laboratoryjnych, zawierających informacje o rodzaju i liczbie zidentyfikowanych pasożytów w każdej próbce oraz w formie zdjęć. W przypadku znalezienia pasożytów ich identyfikacja została dokładnie udokumentowana, uwzględniając charakterystyczne cechy morfologiczne.

3.3. Wyniki badania mikroskopowego

W 8 z 13 badanych prób wykazano obecność form dyspersyjnych pasożytów, z czego 7 prób dodatnich należało do saren, tym samym 7/10 próbek zebranych od tego gatunku zwierząt wykazało obecność form dyspersyjnych, a 1 do kozicy, co odpowiada 1/3 wszystkich próbek zebranych od gatunku *Rupicapra rupicapra*.

4 badane próby wykazały obecność form dyspersyjnych nicieni żołądkowo-jelitowych (Trichostrongylidae spp.), z czego w 3 z nich wykryto również larwy inwazyjne L3. Wszystkie należały do sarny europejskiej *Capreolus capreolus*.

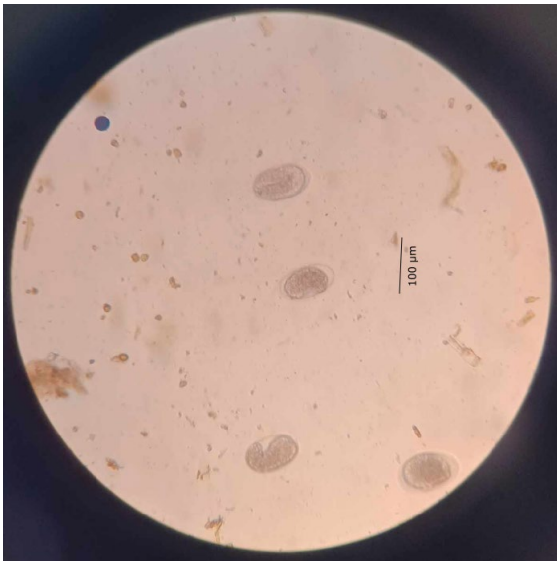
W kolejnych 4 badanych próbach uwidoczniono formy dyspersyjne *Eimeria* sp., z czego 3 próbki należały do sarny europejskiej, a 1 do kozicy północnej. W żadnej z badanych prób nie wykazano jednocześnie obecności zarówno kokcydiów, jak i nicieni żołądkowo-jelitowych.

3.4. Znaczenie wyników badań

Rodzina Trichostrongylidae to grupa nicieni żołądkowo-jelitowych występujących u wielu gatunków przeżuwaczy, zarówno domowych, jak i dzikich, takich jak owce [10], kozy, bydło, sarny, jelenie [7]. Jaja wydalane z kałem w ciągu od 2 tygodni do 2 miesięcy rozwijają się do inwazyjnej formy larwalnej L3 i stają się formą zaraźliwą dla kolejnych zwierząt. Szczyt zarażeń zazwyczaj ma miejsce jesienią, okres prepatentny w zależności od gatunku trwa 2–3 tygodnie. Objawy inwazji najsilniej widoczne są u zwierząt młodych, które po raz pierwszy trafiają na pastwiska. Mogą do nich należeć: biegunki, zaparcia, zmniejszenie apetytu, chudnięcie, osłabienie, wyniszczenie, niedokrwistość, obrzęki okolicy żuchwowej, wypadanie wełny, spadek wydajności mlecznej [11], co ma szczególne znaczenie ekonomiczne dla kraju w przypadku zwierząt hodowlanych, zwłaszcza owiec hodowanych w trybie ekstensywnym na przygórskich pastwiskach. Populacja owiec w Rumuni liczy ponad 10 milionów zwierząt i stanowi trzeci najwyższy wynik w Europie – straty związane z infestacją pasożytniczą tak znacznego pogłowia owiec mogą sięgać ogromnych kwot [12]. Niektóre gatunki z rodziny Trichostrongylidae mają również charakter zoonotyczny i mogą powodować zaburzenia jelitowe u ludzi.

Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Larwa inwazyjna z rodziny Trichostrongyloidae u sarny nr 1



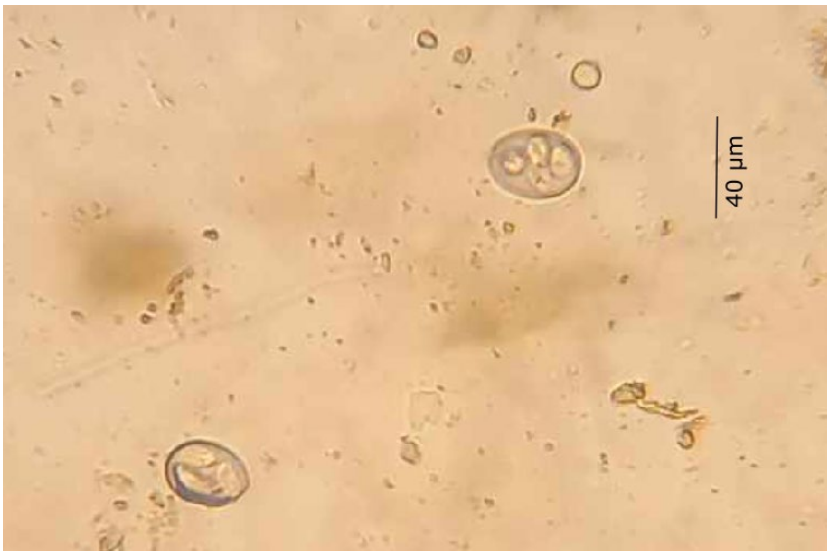
Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Jajo pasożyta z rodziny Trichostrongyloidae u sarny nr 4

Pasożyty z rodziny Trichostrongylidae obecne u dzikich przeżuwaczy mogą stanowić potencjalne zagrożenie zdrowia ludzkiego. Istnieje możliwość przeniesienia się tych pasożytów z dzikich zwierząt na ludzi, szczególnie w przypadku osób mających bezpośredni kontakt z glebą lub roślinnością zanieczyszczoną jajami pasożytów. Chociaż zdarzenia inwazji u ludzi są stosunkowo rzadkie, to ryzyko zarażenia nicieniami z rodziny Trichostrongylidae jest realne, szczególnie w społecznościach wiejskich lub u osób pracujących na terenach rolniczych. Dlatego też konieczne jest zachowanie ostrożności i stosowanie odpowiednich praktyk higienicznych, zwłaszcza w środowiskach, gdzie istnieje potencjalne ryzyko kontaktu z pasożytami związanych z dzikimi przeżuwaczami. Objawy jakie mogą wystąpić przy rarażeniu tym nicieniem to: biegunka, anemia, wzdęcia, nudności i wymioty, bóle brzucha, obniżony apetyt i osłabienie [6].

Kokcydiozy (*Eimeria* sp.) rzadko wywołują kliniczne objawy u przeżuwaczy [1, 11]. W przypadku dużych inwazji objawy rozwijają się 2–3 tygodnie od zarażenia i obejmują spadek apetytu, anemię, śluzową biegunkę (z czasem w kale może pojawić się krew), pogorszenie okrywy włosowej i zwiększenie pragnienia. U zwierząt dorosłych kokcydioza powszechnie występuje bezobjawowo, jednak na przykładzie owiec wykazano, że w obrazie sekcyjnym nawet 62% padnięć jagniąt wynika z inwazji *Eimeria* sp., tymczasem straty związane z wolniejszym przyrostem zwierząt produkcyjnych są znacznie trudniejsze do oszacowania [1, 11]. Cykl życiowy pierwotniaków z rodzaju *Eimeria* sp. obejmuje trzy etapy: schizogonię, gamogonię i sporogonię. Schizogonia i gamogonia zachodzą w żywicielu, a sporogonia w środowisku zewnętrznym. Przeżuwacze zarażają się przez połknięcie oocyst, które zawierają sporozoity. Sporozoity penetrują komórki nabłonkowe jelita, gdzie rozmnażają się, tworząc schizonty. Schizonty niszczą komórki nabłonkowe, uwalniając merozoity, które infekują kolejne komórki. Część merozoitów przekształca się w mikro- i makrogamonty, tworząc zygotę. Zygota przekształca się w oocystę, która jest wydalana z kałem. Oocysta

sporuluje w środowisku zewnętrznym, tworząc sporocysty z sporozoitami, które są inwazyjne dla nowych żywicieli. Sporulowane oocysty są bardzo odporne i mogą zarażać zwierzęta przez długi czas.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. *Eimeria* sp. u kozicy nr 1

Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. *Eimeria* sp. u sarny nr 8

Ze względu na ekstensywność chowu zwierząt hodowlanych, takich jak owca domowa w rumuńskich Karpatach oraz bliskość pastwisk zwierząt hodowlanych i terenów leśnych zasiedlonych przez pospolite zwierzęta jak sarna europejska i kozica górska, należy spodziewać się zarażeń krzyżowych między tymi gatunkami zwierząt, a w konsekwencji strat ekonomicznych.

4. Podsumowanie

Analiza materiału pobranego z terenu rumuńskich Karpat wykazała obecność form dyspersyjnych pasożytów w 61,5% badanych próbek kału. W porównaniu z ustaleniami innych badaczy, którzy odnotowali prewalencję pasożytów na poziomie 70–100% w populacji dzikich zwierząt, można stwierdzić, że badana próba była względnie ograniczona. Niemniej wyniki naszych badań sugerują, że choć wskaźnik obecności pasożytów może być niższy niż w niektórych populacjach, to obecność pasożytów jelitowych, takich jak rodzina Trichostrongylidae oraz *Eimeria* sp., jest znacząca. Te pasożyty mają potencjał przenoszenia się między różnymi gatunkami przeżuwaczy, co może być istotne dla ekologii i zdrowia zwierząt na wspólnych pastwiskach. Konieczne są jednak dalsze badania, aby lepiej zrozumieć złożone zależności między populacjami pasożytów a ich żywicielami w tym regionie.

Literatura

[1] Balicka-Ramisz A.: Kokcydioza u owiec, Pracownia Profilaktyki Parazytologicznej Katedry Higieny Zwierząl i Profilaktyki Wydziału Biotechnologii i Hodowli Zwierząl AR, ul. Doktora Judyma 6,71–455 Szczecin

[2] Bańkowskie K.: Poradnik fizykochemiczny, WNT Warszawa 1974.

[3] Biswal, D.K.; Debnath, M.; Kharumnuid, G.; Thongnibah, W.; Tandon, V. Northeast India helminth parasite information database (NEIHPID): Knowledge base for helminth parasites. PLoS ONE 2016, 11, e0157459

[4] Blagburn BL., Butler JM.: Optimize intestinal parasite detection with centrifugal fecal flotation. Vet Med 2006;101(7):455–464

[5] Chame M.: Terrestrial Mammal Feces: a Morphometric Summary and Description, Laboratório de Ecologia, Departamento de Endemias, Escola Nacional de Saúde Pública-Fiocruz, Rua Leopoldo Bulhões 1480, 21240–210 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

[6] Ghadirian, E & Arfaa, Fereydoun. (1974). First Report of Human Infection with Haemonchus contortus, Ostertagia ostertagi, and Marshallagia marshalli (Family Trichostrongylidae) in Iran. The Journal of parasitology. 59. 1144–5. 10.2307/3278661

[7] Hora F.S., Genchi C., Ferrari N., Morariu S., Mederle N., Dărăbuș Gh.: Frequency of gastrointestinal and pulmonary helminth infections in wild deer from western Romania, Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports, 2017

[8] https://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/aktualnosci/ruszaja-szkolenia-z-zakresu-szacowania-szkod-lowieckich/1-lekcja-nr-1-tropy-odr-2023.pdf

[9] Hurníková Z., Miterpáková M., Chovancová G., Jászayová A., Zwijacz-Kozica T.: Pilot research on gastrointestinal parasites of the Tatra chamois (Rupicapra rupicapra tatrica). Ann Agric Environ Med. 2022 Dec 27;29(4):513–517. doi: 10.26444/aaem/155254. Epub 2022 Oct 25. PMID: 36583317

[10] Nowosad B., Malczewski A., Skalska M., Fundalewicz-Niemczyk W., Gawor J.: Wpływ różnych systemów chowu na stan zarażenia pasożytami przewodu pokarmowego owiec w Polsce południowej, Katedra Zoologii i Ekologii, Akedemia Rolnicza, Kraków, Instytut Parazytologii im. W. Stefańskiego, Polska Akademia Nauk, Warszawa
[11] Rajský D., Forejtek P., Hanzal V., Janiszewski P.: Atlas Patologii Dzikich Zwierząt, 2014/2016
[12] Tarczyński S.: Pasożyty zwierząt przyczyną strat., Pamiętnik XII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Parazytologicznego, Wiadomości Parazytologiczne, 1976

PARASITIC FAUNA OF WILD RUMINANTS: EUROPEAN ROE DEER (*CAPREOLUS CAPREOLUS*) AND CHAMOIS (*RUPICAPRA RUPICAPRA*) INHABITING THE ROMANIAN CARPATHIANS

Abstract

Samples of wild ruminant feces collected in the Romanian Carpathians were assigned to the following animal species based on visual inspection and macroscopic examination: European roe deer (*Capreolus capreolus*) and chamois (*Rupicapra rupicapra*). In total, 13 samples were collected, with 3 belonging to chamois and 10 to roe deer. The samples were collected between September 18th and 28th, 2023, from mountainous and forested areas adjacent to grazing areas of domestic animals such as cattle and sheep. Subsequently, the material was subjected to flotation using a saturated NaCl solution and microscopic examination, revealing the presence of dispersal forms of parasites from the Trichostrongylidae and *Eimeria* sp. families in 61.5% of the examined samples. The remaining samples showed the presence of soil nematodes and partially digested plant matter, likely indicating an advanced stage of decomposition of the studied material.

Keywords: parasites, ruminants, deer, chamois, flotation, feces

Opiekunowie pracy:
prof. dr hab. Jakub Nicpoń
dr Jarosław Pacoń
dr Michał Gorczykowski

Recenzenci:
dr Michał Gorczykowski
prof. dr hab. Jakub Nicpoń
dr Jarosław Pacoń
dr hab. Karolina Bierowiec

CHARAKTERYSTYKA CECH OPORNOŚCI NABYTEJ BAKTERII GRAM-UJEMNYCH W WODACH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW WE WROCŁAWIU

Jakub Witkowski*, Adrianna Neczyńska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, SKN Anthrax, ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław

*e-mail: 120378@student.upwr.edu.pl

S t r e s z c z e n i e

Celem badań było określenie fenotypowych i genetycznych cech oporności Gram-ujemnych pałeczek jelitowych wyizolowanych z nieoczyszczonych ścieków miejskich we Wrocławiu. Materiał do badań stanowiły cztery próby chwilowe nieoczyszczonych ścieków miejskich pobranych w oczyszczalni ścieków Janówek w 2023 roku. Materiał posiewano na podłożu MacConkeya, następnie pobierano od 20 do 40 laktozo-dodatnich kolonii, które po przepasażowaniu badano na oksydazę cytochromową. Oksydazo-ujemne bakterie identyfikowano metodą MALDI-TOF MS. Do oceny cech oporności wybrano szczepy należące do rodzaju *Escherichia* i *Klebsiella*. Fenotypowo bakterie badano metodą dyfuzyjno-krążkową zgodnie z zaleceniami EUCAST. Obecność genów oporności badana była za pomocą PCR. Wyniki pozwolą ocenić stopień oraz mechanizmy oporności bakterii, co może mieć zastosowanie epidemiologiczne i kliniczne.

Słowa kluczowe: oporność bakterii, *Escherichia*, *Klebsiella*, geny oporności

1. Wprowadzenie

Antybiotykooporność można zdefiniować na kilka różnych sposobów. Oporność mikrobiologiczna opiera się na posiadaniu przez organizm jakiegokolwiek mechanizmu, który pozwala na przeciwstawienie się lekom. Oporność farmakologiczną definiuje się jako zdolność bakterii do przeżycia w stężeniach leku wyższych niż te osiągalne w organizmie. Oporność kliniczna natomiast jest to brak skuteczności leku mimo niewystępowania oporności farmakologicznej i mikrobiologicznej. Wynika ona na przykład z osobniczych cech pacjenta [16].

Wyróżnia się dwa rodzaje oporności, jakie może wykazywać bakteria. Oporność naturalna jest związana z właściwościami danego mikroorganizmu, jego rodzaju oraz gatunku, determinujących zakres preparatów, na które te drobnoustroje wykazują wrażliwość. Przykładowo bakterie z rodzaju *Klebsiella* posiadają naturalną oporność na amoksycylinę [15]. Mimo iż dotyczy ona niskich dawek leków, wciąż może stanowić problem, ponieważ nie zawsze istnieje możliwość podnoszenia dawki [8, 13, 14]. Dużo groźniejszą wydaje się być oporność nabyta. Jest ona związana z przenoszeniem genów oporności (oporność wtórna) lub spontanicznymi mutacjami, które mogą wystąpić nawet bez kontaktu bakterii z anty-

biotykiem (oporność pierwotna). Mutacje genów są kodowane chromosomalnie, natomiast za oporność wtórną odpowiedziane są koliste cząsteczki DNA – plazmidy, z których każdy może posiadać gen oporności nawet na kilka leków, a ich przenoszenie następuje przy bezpośrednim kontakcie jednej bakterii z drugą w procesie koniugacji [1, 13]. Materiał genetyczny zawierający geny oporności może być przenoszony także w procesie transdukcji i transformacji.

Istotną rolę w przenoszeniu genów oporności mogą być bakterie kałowe trafiające do ścieków, ponieważ są tam gromadzone odpady różnego pochodzenia. Co więcej, próbka pochodząca z oczyszczalni ścieków może być reprezentatywna, ukazująca skalę problemu danego miasta [15]. Celem niniejszego badania była fenotypowa i genetyczna ocena oporności bakterii należących do rzędu *Enterobacterales*, wyizolowanych z próbek pobranych z oczyszczalni ścieków Janówek we Wrocławiu.

1.1. Materiał i metody

Między styczniem a kwietniem 2023 roku w Oczyszczalni Ścieków Janówek we Wrocławiu pobrano cztery próbki nieoczyszczonych ścieków miejskich. Zebrane próbki były rozcieńczane w zakresie od 0 do 10^{-4}. Z każdej próbki nałożono 50 µl na podłoże MacConkeya z dodatkiem antybiotyku: cefotaksym w stężeniu 2 mg/l w celu wykrycia bakterii produkujących beta-laktamazy o rozszerzonym spektrum (ESBL) lub ciprofloksacynę w stężeniu 0,050 mg/l w celu wykrycia bakterii opornych na fluorochinolony [4]. Następnie inkubowano posiane podłoża przez 24 godziny w temperaturze 37°C. Po inkubacji z każdej płytki przesiewano 20–40 pojedynczych, laktozo-dodatnich kolonii na agar tryptozowo-sojowy (TSA).

Uzyskane czyste kultury bakteryjne były wykorzystywane do dalszej identyfikacji.

Bakterie były testowane za pomocą testu na oksydazę, a dodatnie izolaty przeanalizowano z wykorzystaniem spektometrii mas MALDI-TOF MS (ang. Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization – Time of Flight Mass Spectrometry) [4]. Do identyfikacji tą metodą używano oprogramowania Biotyper 3.1 (Bruker Daltonics) i bazy danych zawierającej 6904 wpisy szczepów. Zgodnie z instrukcjami producenta przyjęto następujące wartości wyników: <1,7 (identyfikacja niewiarygodna), 1,7–2,0 (prawdopodobna identyfikacja rodzaju), 2,0–2,3 (pewna identyfikacja rodzaju i prawdopodobna identyfikacja gatunku) oraz >2,3 (bardzo prawdopodobna identyfikacja gatunku).

Do dalszych badań z uzyskanej populacji zostało wybranych 50 izolatów bakteryjnych, należących albo do typowych gatunków kałowych *E. coli*, albo znanych z potencjalnej szerokiej oporności na leki bakterii z rodzaju *Klebsiella*. Bakterie zostały poddane testowaniu wrażliwości na leki za pomocą metody dyfuzyjno-krążkowej, zgodnie z zaleceniami EUCAST [10]. Zdolność produkowania beta-laktamaz o poszerzonym spektrum przez testowane bakterie była oceniana fenotypowo za pomocą metody double-disc synergy test [10].

W celu izolacji DNA, uzyskane szczepy bakteryjne były hodowane na TSA przez 24 godziny w temperaturze 37°C. Genomowe DNA było pozyskiwane z kolonii bakteryjnych przez ogrzewanie do 100°C przez 10 minut i wirowane przy prędkości 13 000 obr./min przez 2 minuty [2]. Następnie przeprowadzane były reakcje PCR mające na celu wykrycie określonych genów oporności ($bla_{\text{CTX-M}}$, bla_{TEM}, bla_{SHV}, qnr_{A}, qnr_{B}, qnr_{C}, qnr_{S}, qnr_{D}, $\text{aac(6')}_{\text{lb-cr}}$, qep_{A}, str_{AB}, aad_{A1}, aad_{A2}, aad_{A5}, tet_{A}, tet_{B}, tet_{C}, tet_{D}, tet_{E}, tet_{G}, *cat*, cml_{A}, flo_{R}, sul_1, sul_2 i sul_3). W przypadku każdej reakcji używano zarówno kontroli dodatniej, jak i negatywnej (woda destylowana).

2.1. Wyniki

Z badanych 4 próbek ścieków bieżących uzyskano 119 izolatów Gram-ujemnych, laktozo-dodatnich, oksydazo-ujemnych bakterii mających zdolność wzrostu w obecności antybiotyków: ciprofloksacyny (do wykrycia oporności na fluorochinolony) lub cefotaksymu (do wybiórczego wykrywania bakterii produkujących beta-laktamazy). Najczęściej izolowanymi bakteriami były *Escherichia coli* (43,7%) oraz *Citrobacter freundii* (18,5). Zidentyfikowano także mikroorganizmy z gatunków *Citrobacter braakii* (10,9%), *Klebsiella pneumoniae* (6,7%), *Raoultella ornitinolytica* (5%), *Klebsiella oxytoca* (4,2%), *Citrobacter gillenii* (2,5%), *Klebsiella variicola* (1,7%), *Enterobacter hormaechei* (1,7%), *Klujvera cryocrescens* (0,84%), *Enterobacter bugandensis* (0,84%), *Enterobacter kobei* (0,84%), *Enterobacter asburiae* (0,84%) i *Aeromonas veronii* (0,84%).

Do dalszych badań przeznaczono łącznie 50 izolatów z gatunku *E. coli* oraz z rodzaju *Klebsiella*. Tylko jeden z izolatów nie wykazał oporności na żaden z 6 badanych antybiotyków beta-laktamowych. Wśród antybiotyków omawianej grupy największa oporność stwierdzona była w stosunku do amoksycyliny (98% szczepów), ampicyliny (90%) oraz amoksycyliny z kwasem klawulanowym (84%).

Na cefotaksym i ceftazydym opornych było odpowiednio 54 i 48% badanych bakterii. Zgodnie z rekomendacjami EUCAST dotyczącymi fenotypowych/przesiewowych metod badania lekooporności ustalono, że 28 badanych izolatów jest potencjalnie nosicielami beta-laktamaz o rozszerzonym spektrum (ESBL), w tym jeden prawdopodobnie karbapenemaz. Na podstawie oporności na ciprofloksacynę 64% badanych izolatów uznano za potencjalnie oporne na fluorochinolony [9].

Ze względu na to, iż oporność na beta-laktamazy lub/i fluorochinolony może być związana z posiadaniem przez bakterie genów oporności przeciwko innym grupom antybiotyków/chemioterapeutyków, bakterie przebadane zostały pod kątem oporności na streptomycynę (aminoglikozydy), tetracyklinę (tetracykliny), sulfometoksazol z trimetoprimem (sulfonamidy) oraz chloramfenikol (amfenikole). Oporność na wymienione substancje wystąpiła kolejno u 44, 58, 34 i 32% izolatów. Wśród badanych sześciu grup antybiotyków oporność na jedną wystąpiła u 24%, na dwie u 14%, trzy u 16%, cztery u 22% i na pięć u 12% izolatów. Opornych na wszystkie badane grupy było 12% szczepów (wszystkie należały do gatunku *E. coli*).

Geny odpowiedzialne za pojawienie się oporności na beta-laktamazy odnotowane najczęściej w badanej populacji to $bla_{\text{CTX-M}}$. Ich obecność stwierdzono u 54% izolatów, w tym u wszystkich (z wyjątkiem jednego) szczepów zaklasyfikowanych jako posiadające beta-laktamazy o rozszerzonym spektrum. Pozostałe badane geny odpowiedzialne za omawiany rodzaj oporności izolowane były w następującym odsetku: bla_{TEM} (44%), bla_{SHV} (40%). W grupie genów związanych z opornością na fluorochinolony wykryto geny qnr_{S} (28%), qnr_{B} (26%), $aac(6')_{\text{Ib-cr}}$ (10%) oraz qnr_{A} (8%). Oporność na streptomycynę mogła być związana z obecnością genów str_{AB} (36%), aad_{A1} (22%) i/lub aad_{A5} (6%), natomiast na tetracyklinę z tet_{A} (34%), tet_{B} (16%), tet_{C} (44%), tet_{D} (8%), tet_{E} (20%), tet_{G} (5%). Geny związane z opornością na chloramfenikol takie jak *cat*, cml_{A} i flo_{R} wystąpiły odpowiednio u 16, 48 i 10% izolatów. U szczepów opornych na sulfonamidy wykryto geny sul_2 (30%) i sul_3 (24%). Geny odpowiedzialne za zjawisko oporności na dane grupy antybiotyków u poszczególnych izolatów występowały pojedynczo lub jednocześnie w większej liczbie.

3.1. Dyskusja

Antybiotykooporność jest jednym z największych wyzwań współczesnego świata medycyny. Po wielu latach masowego korzystania z antybiotyków ilość szczepów bakterii wielolekoopornych stale wzrasta. Szacuje się, że obecnie w Unii Europejskiej rocznie 25 tysięcy ludzi umiera z powodu infekcji wywołanych przez wielolekooporne szczepy bakterii. Do 2050 roku ta liczba może wzrosnąć nawet do 10 milionów ludzi w skali globalnej i oporność na chemioterapeutyki może stać się pierwszą na świecie przyczyną zgonów, przed nowotworami, cukrzycą oraz chorobami przewodu pokarmowego [7, 14].

Według raportu WHO/ECDC z 2023 roku w Europie w roku 2021 wśród zgłaszanych do badań inwazyjnych izolatów klinicznych szczepów *Escherichia coli* opornych na cefalosporyny trzeciej generacji (cefotaksym, ceftriakson, ceftazydym) było 13,8% szczepów, opornych na fluorochinolony (ciprofloksacynę, lewofloksacynę, ofloksacynę) było 21,9% szczepów, opornych na aminoglikozydy (gentamycynę, netylmycynę, tobramycynę) 9,6% szczepów, natomiast na terapię kombinowaną składającą się z leków z grupy fluorochinolonów, cefalosporyn trzeciej generacji oraz aminoglikozydów (MDR) opornych było 5,1% przebadanych szczepów [12].

Podobnie spośród szczepów bakterii *Klebsiella pneumoniae* przebadanych w kierunku oporności na te same antybiotyki taką cechę posiadało odpowiednio: na cefalosporyny trzeciej generacji 34,3% szczepów, na fluorochinolony 33,6% szczepów, na aminoglikozydy 23,7% szczepów, na terapię kombinowaną MDR opornych było 21,2% przebadanych szczepów [12].

Według raportu Europejskiego Centrum Kontroli i Prewencji Chorób (ECDC) w Polsce w roku 2021 szczepy *E. coli* izolowane z krwi oraz płynu mózgowo-rdzeniowego oporne były odpowiednio: na aminopenicyliny (60,6%), na cefalosporyny trzeciej generacji (18,7%), na fluorochinolony (33,1%), na aminoglikozydy (13,7%), natomiast oporność na trzy grupy leków (MDR) cefalosporyny trzeciej generacji, fluorochinolony i aminoglikozydy wynosiła 10,2%. W porównaniu z poprzednim badaniem z 2020 roku zaobserwowano wzrost oporności bakterii na fluorochinolony (z 27,9 do 33,1%) oraz cefalosporyny trzeciej generacji (z 11,9 do 18,7%), a także na terapię MDR (z 6,1 do 10,2%) [8].

W tym samym badaniu wykazano, że oporność szczepów *K. pneumoniae* prezentowała się następująco: na aminoglikozydy (55,1%), na fluorochinolony (70,4%), na cefalosporyny trzeciej generacji (70,0%) oraz MDR (53,5%) [8].

Dane zebrane w niniejszym badaniu mogą się różnić od danych prezentowanych przez WHO oraz ECDC ze względu na specyficzność środowiskową. Ważnym elementem badania jest również fakt, iż bakterie były od razu selekcjonowane na podłożach z dodatkiem antybiotyków, nie na podłożach podstawowych, tak jak jest to zwykle przeprowadzane w badaniach klinicznych, stad wyniki mogą się różnić. W ściekach znaleźć możemy materiały pochodzące z różnych źródeł, zarówno ze szpitali, gabinetów weterynaryjnych, jak i z domów rodzinnych, fabryk, placówek publicznych. W ściekach mikroorganizmy posiadają odpowiednie warunki pozwalające na wymianę genów oporności ze względu na różnorodność gatunkową, mnogość szczepów oraz możliwość koniugacji lub transdukcji bakterii patogennych dla człowieka, zwierząt, jak również bakterii środowiskowych [18].

Geny oporności najczęściej zlokalizowane są na plazmidach, cząsteczkach pozachromosomalnego DNA, które zdolne są do autonomicznej replikacji, co ułatwia przenoszenie genu z jednej komórki bakteryjnej na drugą w procesie transdukcji lub koniugacji. Często na

jednym plazmidzie zlokalizowanych jest kilka genów, które kodują oporność na różne antybiotyki [11]. W niniejszym badaniu genem pojawiajacym się u największej ilości szczepów jest bla_{CTX-M}, który zanotowano u 54% izolatów. Pozostałe geny odpowiedzialne za kodowanie beta laktamaz, takie jak bla_{TEM} oraz bla_{SHV}, wykryto u odpowiednio 44 oraz 40% izolatów. Beta laktamazy kodowane przez gen bla_{CTX-M} charakteryzują się wysoką aktywnością wobec cefotaksymu i ceftriaksonu, niższą wobec ceftazydymu [3].

W niniejszym badaniu wykazano, że odpowiednio 98% oraz 90% szczepów *Escherichia coli* i *Klebsiella pneumoniae* wyizolowanych z próbek nieoczyszczonej wody miejskiej ściekowej na terenie Wrocławia posiada oporność na aminopenicyliny (odpowiednio na amoksycylinę oraz ampicylinę), 84% na penicyliny potencjonowane, 54% oraz 48% na cefalosporyny trzeciej generacji (odpowiednio na cefotaksym i cefazydym), 64% na fluorochinolony, 58% na tetracykliny, 44% na aminoglikozydy, 34% na sulfonamidy potencjonowane oraz 32% na amfenikole. Należy pamiętać, że oba gatunki bakterii są patogenne i mogą powodować infekcje kończące się śmiercią, zarówno u zwierząt, jak i u ludzi, a ich obecność w środowisku oraz fakt wysokiej i wzrastającej oporności są poważnym zagrożeniem zdrowia publicznego. Ponadto podkreśla się rolę stałego zwiększania ograniczeń i kontroli w stosowaniu antybiotyków w medycynie ludzkiej oraz weterynaryjnej, a także stałe monitorowanie poziomu bakterii wielolekoopornych w ściekach miejskich.

3. Podsumowanie

Celem powyższej publikacji było sprawdzenie stanu wody miejskiej ściekowej we Wrocławiu pod kątem stopnia lekooporności bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*. Wyniki wykazały, że istnieje znaczny problem antybiotykoodporności wśród bakterii z rodziny *Escherichia coli* oraz *Klebsiella pneumoniae* na poziomie 98% szczepów opornych w przypadku amoksycyliny do 32% szczepów opornych w przypadku chloramfenikoli oraz 34% szczepów opornych w przypadku sulfonamidów. Badania pokazały, że należy prowadzić większą kontrolę nad korzystaniem z antybiotyków przez lekarzy medycyny oraz lekarzy weterynarii, jak i większą kontrolę nad poziomem antybiotykooporności mikroorganizmów w wodach ściekowych.

Literatura

[1] Bengtsson-Palme, J., Kristiansson, E., Larsson, D.G.J.: Environmental factors influencing the development and spread of antibiotic resistance, FEMS Microbiology Reviews, 2018, 42, s. 68–80

[2] Dashti A.A., Jadaon M.M., Abdulsamad A.M., Dashti H.: Heat Treatment of Bacteria: A Simple Method of DNA Extraction for Molecular Techniques, Kuwait Medical Journal, 2009, 41

[3] Franiczek R., Krzyżanowska B., Danielewski M., Mokracka-Latajka G.: Występowanie genów blaCTX-M, blaTEM i blaSHV kodujących β-laktamazy o rozszerzonym spektrum substratowym (ESBL) wśród szczepów klinicznych *Klebsiella pneumoniae,* Forum Zakażeń, 2011, 2(4), s.115–120

[4] Garner, E., Chen, C., Xia, K., Bowers, J., Engelthaler, D., McLain, J., Edwards, M.A., Pruden, A.: Metagenomic characterization of antibiotic resistance genes in full-scale

reclaimed water distribution systems and corresponding potable systems, Environmental Science & Technology, 2018, 52 (11), s. 6113–6125
[5] Gillings M.R., Gaze W.H., Pruden A., Smalla K., Tiedje J.M., Zhu Y.G.: Using the class 1 integron-integrase gene as a proxy for anthropogenic pollution, ISME J, 2015, 9 (6), s.1269–1279
[6] Hendriksen, R.S., Munk, P., Njage, P. et al.: Global monitoring of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage, Nat Commun, 2019, 10 (1124)
[7] https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf (dostęp 13.04.2024)
[8] https://antybiotyki.edu.pl/wp-content/uploads/Biuletyn/Biuletyn-Informacyjny-2_2022.pdf (dostęp 13.04.2024)
[9] https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/Disk_test_documents/2023_manuals/Manual_v_11.0_EUCAST_Disk_Test_2023.pdf (dostęp 13.04.2024)
[10] https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/Resistance_mechanisms/EUCAST_detection_of_resistance_mechanisms_170711.pdf (dostęp 13.04.2024)
[11] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/antibiotic-resistance-genes (dostęp 15.04.2024)
[12] https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289058537 (dostęp 13.04.2024)
[13] Jabłoński A., Zębek S., Mokrzycka A.: Wybrane mechanizmy oporności bakterii na chemioterapeutyki, Medycyna weterynaryjna, 2010, 66 (7), s. 449–452
[14] Nikonorow E., Baraniak A., Gniadkowski M.: Oporność bakterii z rodziny Enterobacteriaceae na antybiotyki beta-laktamowe wynikająca z wytwarzania beta-laktamaz, Postępy mikrobiologiczne, 2013, 52 (3), s. 261–271
[15] Stock I, Wiedemann B.: Natural antibiotic susceptibility of Klebsiella pneumoniae, K. oxytoca, K. planticola, K. ornithinolytica and K. terrigena strains, J Med Microbiol, 2001, 50(5), s.396–406
[16] Truszczyński M., Pejsak. Z.: Antybiotykooporność bakterii zoonotycznych występujących u ludzi i zwierząt, Życie weterynaryjne, 2010, 85 (11), s. 891–893.
[17] Truszczyński M., Posyniak A., Pejsak Z.: Mechanizmy powstawania oporności bakterii na działanie antybiotyków i środków dezynfekcyjnych, Medycyna weterynaryjna, 2013, 69 (3), s.131–135
[18] Turolla, A., Cattaneo, M., Marazzi, F., Mezzanotte, V., Antonelli, M.: Antibiotic resistant bacteria in urban sewage: Role of full-scale wastewater treatment plants on environmental spreading, Chemosphere, 2018, 191, s. 761–769

CHARACTERIZATION OF GRAM NEGATIVE BACTERIA'S ACQUIRED RESISTANCE TRAITS IN THE SEWAGE TREATMENT PLANT'S WATER IN WROCŁAW

Abstract

The aim of the study was to determine the phenotypic and genetic characteristics of Gram-negative gut bacteria isolated from untreated urban sewage in Wrocław. The material for the study consisted of four samples of untreated urban sewage collected at the Janówek sewage treatment plant from January to April 2023. The material was cultured on MacConkey agar, and then 20 to 40 lactose-positive colonies were picked and subcultured on TSA. Oxidase-negative bacteria were identified using the MALDI-TOF MS method. The resistance of Escherichia and Klebsiella strains were phenotypically tested by the disk diffusion method according to EUCAST recommendations. The presence of resistance genes for individual antibiotic groups was examined using PCR. The obtained results will allow to assess the degree and mechanisms of bacterial resistance, which may have both epidemiological and clinical implications.

Keywords: bacterial resistance, *Escherichia*, *Klebsiella*, resistance genes

Opiekun pracy
Małgorzata Klimowicz-Bodys

Recenzenci:
dr Katarzyna Kosek-Paszkowska
lek. wet. Marek Bykowy

CZY RACHUNKOWOŚĆ JEST POTRZEBNA ROLNIKOWI?

Zuzanna Cieślik*, Zofia Chałupniczak

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Studenckie Koło Naukowe Młodzi Księgowi i Finansiści
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

*e-mail: zuzia.cieslik@onet.pl

S t r e s z c z e n i e

Badanie naukowe miało na celu próbę odpowiedzi na pytanie: czy rolnikowi potrzebna jest rachunkowość? Do przeprowadzenia badania użyto narzędzia badawczego, jakim jest ankieta. Ankieta była skierowana do byłych i obecnych studentów Wydziału Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu prowadzących działalność rolną. Ankieta zawierała 17 pytań, a odpowiedzi były zbierane w okresie od 3 do 10 stycznia 2024 roku. Analiza wyników ankiety przeprowadzonej wśród właścicieli gospodarstw rolnych umożliwiła sformułowanie istotnych wniosków. Większość respondentów korzysta z usług księgowych, co wskazuje na potrzebę zewnętrznego wsparcia w tej dziedzinie. Istnieją różne formy prowadzenia księgowości, w tym ryczałt od przychodów ewidencjonowanych i pełna księgowość. Wśród respondentów panuje opinia, że rolnicy potrzebują dodatkowego wsparcia w księgowości rolniczej. Odpowiedzi są podzielone, ale wielu respondentów rozważa samodzielne prowadzenie ewidencji księgowej w przyszłości. Twierdzą oni, że studia rolnicze nie zapewniają wystarczającej wiedzy z zakresu księgowości, co wskazuje na lukę edukacyjną w tym obszarze.

Słowa kluczowe: rachunkowość rolna, działalność rolna, rolnictwo

1. Wprowadzenie

Rachunkowość, zwłaszcza rachunkowość rolnicza, ma długą i bogatą tradycję w Polsce. Sięgając do początków tego zagadnienia rachunkowości, zwróćmy uwagę na ewidencję stosowaną w rolnictwie. Profesor Moszczyński podkreślał już w 1947 roku, że „historia rachunkowości sięga bardzo daleko: niektórzy twierdzą nawet, że sięga jeszcze dalej niż historia umiejętności pisania" [4]. W przekonaniu wielu teoretyków oraz praktyków przydatność rachunkowości w prowadzeniu gospodarstwa rolniczego zarówno na potrzeby wewnętrzne, jak i zewnętrzne, jest bardzo istotna [1]. Znaczenie rachunkowości w rozliczaniu działalności rolniczej doceniono już w starożytnym Egipcie i Grecji, kiedy to właśnie przy zbiorach płodów rolnych na glinianych tabliczkach dokonywano pierwszych skrupulatnych zapisów rachunkowych [2, 3, 5].

Celem niniejszego artykułu jest odpowiedź na pytanie o potrzebę wykorzystywania rachunkowości w działalności rolnej. Do jego realizacji wykorzystano badanie ankietowe.

1.1. Metoda badawcza

Aby zrealizować cel badań, przeprowadzono przegląd literatury przedmiotu oraz przygotowano ankietę. Ankieta została przygotowana za pomocą formularza FORMS (https://forms.office.com/e/wjeK5i9t6G). W okresie od 3 do 10 stycznia 2024 roku udostępniono ankietę w mediach społecznościowych. Kwestionariusz ankietowy zawierał dwie części: metryczkę i pytania zamknięte. Ankieta zawierała łącznie siedemnaście pytań. Ankieta skierowana została do byłych i obecnych studentów Wydziału Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Kwestionariusz ankietowy został udostępniony w najpopularniejszych mediach społecznościowych. Zebrano łącznie trzydzieści pięć odpowiedzi. Do prawidłowej realizacji celu badania ankietowego opracowano etapy przygotowania badania: 1. Opracowanie strategii doboru respondentów, 2. Opracowanie pytań ankietowych, 3. Przeprowadzenie ankiety, 4. Opracowanie wyników ankiety.

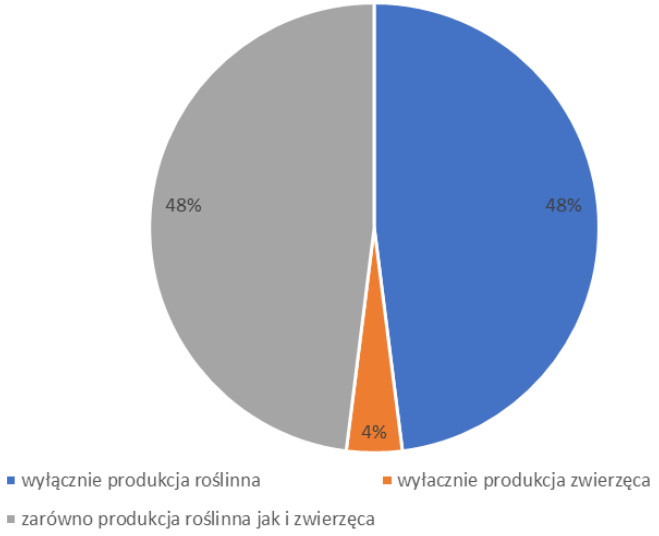
1.2. Wyniki przeprowadzonych badań ankietowych

Na pytanie dotyczące identyfikacji profilu produkcji rolnej określono, że 48% respondentów prowadzi produkcję wyłącznie roślinną oraz 48% respondentów działalność mieszaną, tj. zarówno produkcję roślinną, jak i produkcję zwierzęcą. Pozostali respondenci prowadzili produkcję wyłącznie zwierzęcą (rys. 1).

Odpowiadając na pytanie o formę organizacyjno-prawną, znacząca większość respondentów, tj. 97%, wskazała, że prowadzi działalność rolną w formie gospodarstwa indywidualnego. Aż 77% z tych osób odpowiedziało, że nie ma wiedzy na temat prowadzenia księgowości w rolnictwie. Jednak 94% respondentów prowadzących gospodarstwo rolne uważa, że rolnicy powinni otrzymywać dodatkowe wsparcie w zakresie rachunkowości w rolnictwie oraz sądzi, że księgowość jest potrzebna rolnikowi. Natomiast 3% respondentów wskazało, że prowadzi działalność rolną w formie spółki z o.o.

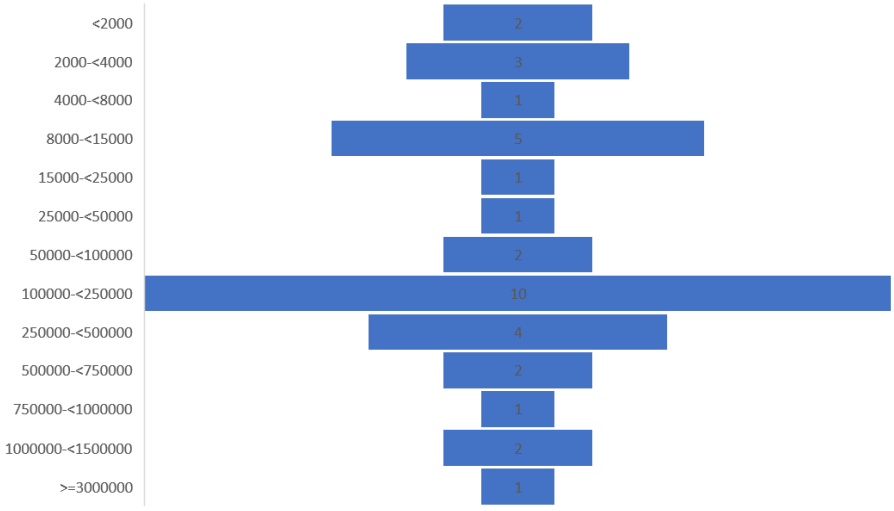
Za to 63% respondentów posiada zlokalizowaną działalność rolną na terenie Wielkopolski, 14% w województwie lubuskim, 11% w województwie zachodniopomorskim, 9% w województwie kujawsko-pomorskim i 3% w województwie dolnośląskim. Natomiast tylko 3% respondentów prowadzących działalność w formie sp. z o.o. odpowiedziało, że uzyskuje przychody o wartości >= 3 000 000 zł, a 100% osób odpowiedziało, że posiada profesjonalną wiedzę na temat rachunkowości w rolnictwie. Natomiast 98% respondentów prowadzących gospodarstwo indywidualne wskazało, że znajomość księgowości może pomóc w prowadzeniu działalności rolnej.

Kolejne pytanie dotyczące określenia wartości przychodów uzyskanych tylko z gospodarstwa rolnego wskazało, że 29% respondentów uzyskuje przychody na poziomie 100 000 =< 250 000 euro/rok. Jednocześnie respondenci uznali, że znajomość księgowości może pomóc w prowadzeniu gospodarstwa rolnego. Natomiast 12% respondentów uzyskuje przychody na poziomie 250 000 =< 500 000 euro/rok, prowadząc ewidencję w formie podatkowej książki przychodów i rozchodów. Jednakże 15% respondentów uzyskuje przychody na poziomie 8000 =< 15 000 euro/rok i 100% zaprzecza, że ukończenie studiów rolniczych daje wiedzę w zakresie księgowości. Tylko 6% respondentów uzyskujących przychody w przedziale 500 000 =< 750 000 euro/rok to klienci biur rachunkowych, a koszt usługi stanowi przedział od 501 do 1000 zł/miesiąc (rys. 2).



Źródło: Opracowanie własne

Rys. 1. Profil produkcji rolniczej

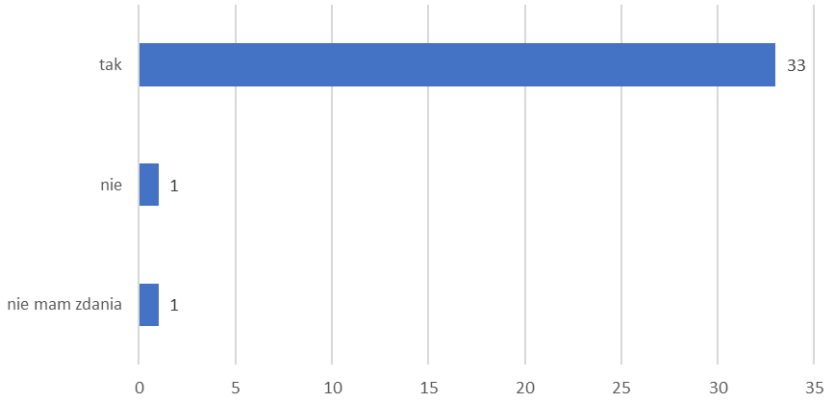


Źródło: Opracowanie własne

Rys. 2. Przychody uzyskiwane tylko z gospodarstwa rolnego [Euro/2023]

Wnioskując, 3% osób opowiedziało, że średnioroczne zatrudnienie w 2023 r. stanowiło 61 osób i więcej. Natomiast 92% osób odpowiedziało, że średnioroczne zatrudnienie w 2023 r. stanowiło od 1 do 5 osób. W 100% są to właściciele indywidualnych gospodarstw rolnych oraz osoby, które uważają, że księgowość może pomóc w prowadzeniu działalności.

Aż 100% respondentów, którzy odpowiedzieli, że księgowość jest potrzebna rolnikowi, stwierdziło, że znajomość księgowość może pomóc w prowadzeniu działalności rolniczej. Z czego 97% osób, które odpowiedziały, że księgowość jest potrzebna rolnikowi, prowadzi indywidualne gospodarstwo rolne. Natomiast 94% respondentów na pytanie o potrzebę prowadzenia księgowości w rolnictwie odpowiedziało, że rolnicy powinni dostawać dodatkowe wsparcie w zakresie księgowości w rolnictwie (rys. 3).



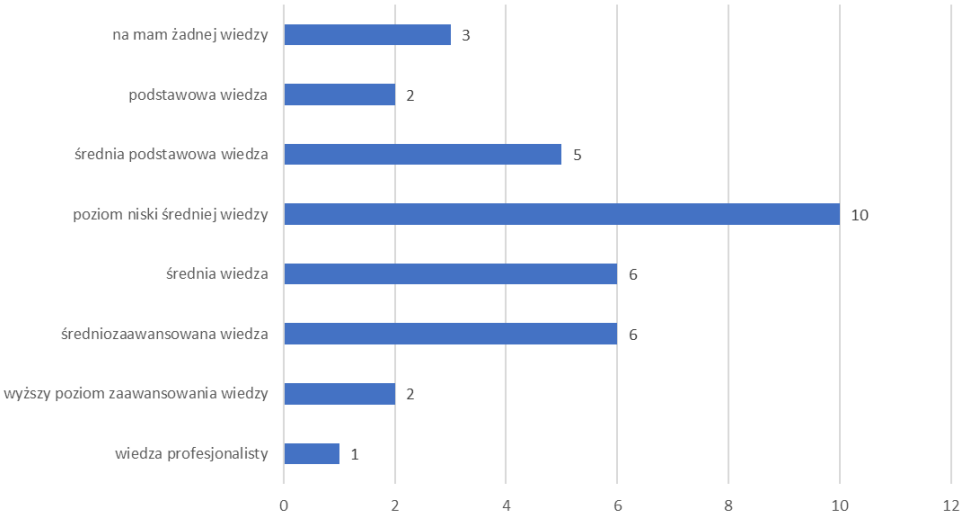
Źródło: Opracowanie własne

Rys. 3. Czy księgowość jest potrzebna rolnikowi? (liczba odpowiedzi)

Z kolei 26% respondentów odpowiedziało, że nie ma zdania na temat, czy ukończenie studiów rolniczych daje pełną wiedzę w zakresie rachunkowości w rolnictwie, z czego 89% uważa, że nie ma wiedzy na ten temat. Jednak 60% osób twierdzi, że ukończenie studiów rolniczych nie daje pełnej wiedzy z zakresu rachunkowości w rolnictwie i uważa, że znajomość rachunkowości w rolnictwie może pomóc w prowadzeniu gospodarstwa rolnego oraz uważają, że rolnicy powinni dostawać dodatkowe wsparcie w zakresie rachunkowości w rolnictwie. Ponadto 96% z nich wskazuje, że rachunkowość w rolnictwie jest potrzebna rolnikowi. Tymi osobami są rolnicy prowadzący indywidualne gospodarstwa rolne.

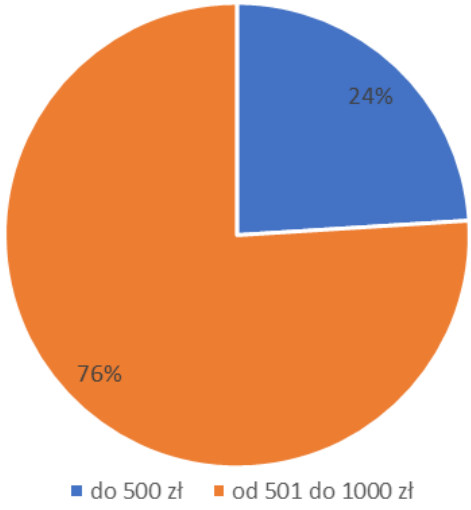
Aż 100% osób prowadzących wyłącznie produkcję zwierzęcą odpowiedziało, że nie ma żadnej wiedzy na temat księgowości w rolnictwie. Wiedza respondentów na temat księgowości rolniczej kształtuje się przeciętnie na średnim poziomie. Aż 29% respondentów sądzi, że poziom ich wiedzy na ten temat jest na względnie niskim średnim poziomie. Natomiast 17% odpowiedziało, że ich wiedza jest na średnim poziomie oraz kolejne 17% respondentów przyznaje, że posiadają wiedzę na poziomie średnio zaawansowanym. Zaledwie 3% ocenia swoją wiedzę na poziomie profesjonalnym.

63% respondentów korzysta z usług księgowej. 78% respondentów odpowiadających, że korzysta z usług księgowej, ocenia, że nie ma wiedzy z zakresu rachunkowości w rolnictwie. 100% z nich prowadzi gospodarstwo indywidualne oraz uważa, że znajomość rachunkowości w rolnictwie może pomóc w prowadzeniu działalności rolniczej. Kolejno 97% z nich sądzi, że znajomość księgowości jest potrzebna rolnikowi. Respondenci niekorzystający z usług księgowej (37%) twierdzą, że rolnicy powinni dostać dodatkowe wsparcie w zakresie rachunkowości w rolnictwie.



Źródło: Opracowanie własne

Rys. 4. W skali 1–10 jak oceniasz swoją wiedzę na temat księgowości rolniczej? (1 – nie mam żadnej wiedzy, 10 – wiedza profesjonalisty)



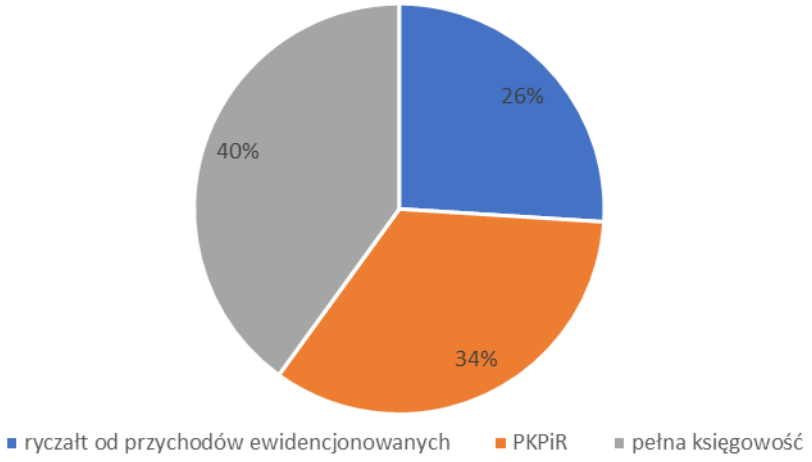
Źródło: Opracowanie własne

Rys. 5. Jeżeli jesteś klientem biura rachunkowego, ile kosztuje cię ta usługa miesięcznie?

24% respondentów odpowiedziało, że koszt usługi księgowej kształtuje się do 500 zł (rys. 5). Były to głównie osoby prowadzące działalność rolną w formie gospodarstwa indywidualnego uważające, że znajomość rachunkowości pomaga w prowadzeniu działalności rolnej i że

księgowość jest potrzebna rolnikowi. Kolejno 84% tych osób uważa, że nie posiada wiedzy na temat rachunkowości w rolnictwie. 76% respondentów odpowiedziało, że koszt prowadzenia księgowości, jaki ponoszą, stanowi przedział od 501 do 1000 zł. Z tego 15% respondentów sądzi, że rolnicy powinni dostawać wsparcie w zakresie rachunkowości w rolnictwie.

40% respondentów prowadzi ewidencji zdarzeń gospodarczych w formie pełnej księgowości, 34% podatkowej księgi przychodów i rozchodów, natomiast 26% w formie ryczałtu od przychodów ewidencjonowanych (rys. 6).



Źródło: Opracowanie własne

Rys. 6. W jaki sposób przeprowadzasz ewidencję działalności gospodarczej?

Aż 40% osób, które prowadzą ewidencje w formie pełnej księgowości sądzi, że księgowość jest potrzebna rolnikowi oraz pomaga w prowadzeniu działalności w rolnictwie. Kolejno 25% respondentów, które odpowiedziało, że prowadzi ewidencję w formie ryczałtu od przychodów ewidencjonowanych, uważa, że rolnicy powinni otrzymać wsparcie w zakresie rachunkowości w rolnictwie.

Natomiast 40% respondentów twierdzi, że rachunkowość na studiach nie daje pełnej wiedzy wystarczającej do samodzielnego prowadzenia księgowości w gospodarstwie rolnym. Z czego 43% respondentów ocenia, że nie ma wiedzy na ten temat i podkreśla, że znajomość księgowości może pomóc w prowadzeniu działalności rolnej. Kolejno 23% respondentów uważa, że wiedza przekazywana na studiach umożliwia samodzielne prowadzenie rachunkowości w gospodarstwie rolnym. 37% respondentów nie ma zdania, czy posiada umiejętność prowadzenia samodzielnego księgowość w gospodarstwie rolnym, z czego 38% respondentów uważa, że rolnicy powinni otrzymywać dodatkowe wsparcie w zakresie rachunkowości w rolnictwie.

2. Podsumowanie

Analizując wyniki ankiety przeprowadzonej wśród właścicieli gospodarstw rolnych, można zauważyć kilka kluczowych wniosków dotyczących zarządzania księgowością i profilu

produkcji w tych gospodarstwach. Większość respondentów prowadzi zarówno produkcję roślinną, jak i zwierzęcą, co wskazuje na zróżnicowanie w sektorze rolnym. Dominującą formą organizacyjną jest gospodarstwo indywidualne i sugeruje, że większość gospodarstw prowadzona jest przez pojedynczych właścicieli lub rodziny. Gospodarstwa rozmieszczone są w różnych regionach Polski, ze szczególnym naciskiem na województwo wielkopolskie, świadcząc o regionalnym skupieniu aktywności rolniczych. Przychody uzyskiwane z gospodarstw wahają się w różnych przedziałach, od dość niskich (poniżej 2000 euro) do bardzo wysokich (powyżej 3 000 000 euro), pokazując dużą różnorodność w skali działalności. W większości gospodarstw rolnych zatrudnienie oscyluje w przedziale 1–5 osób. Samoocena wiedzy z zakresu księgowości rolniczej kształtuje się na średnim poziomie wiedzy (5–7 w skali 10-punktowej). Większość respondentów korzysta z usług księgowej, wskazując na potrzebę wsparcia zewnętrznego w tej dziedzinie. Koszt takiej usługi zwykle mieści się w przedziale 500–1000 zł miesięcznie. Stosowane są różne metody prowadzenia ewidencji działalności, w tym pełna księgowość oraz książka przychodów i rozchodów. Istnieje opinia wśród respondentów, że rolnicy powinni otrzymywać dodatkowe wsparcie w zakresie księgowości rolniczej oraz że studia rolnicze nie są w tym obszarze wystarczające, co wskazuje na lukę edukacyjną. Wielu respondentów w przyszłości rozważa samodzielne prowadzenie ewidencji księgowej. Rolnicy wydają się być świadomi potrzeby posiadania kompetencji w dziedzinie księgowości i rachunkowości, choć często brakuje im pełnej wiedzy.

3. Literatura

[1] Bernacki A. (2006), Międzynarodowy Standard Rachunkowości 41 „Rolnictwo", realia jego wprowadzenia w Polsce, „Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości", tom 32 (88), SKwP, Warszawa, s. 7–14.

[2] Czerwińska-Kayzer D. (2010), Agrobiznes – podstawy rachunkowości, WSiP, Warszawa.

[3] Czerwińska-Kayzer D., Bieniasz A., Gołaś Z. (2011). Klasyfikacja i prezentacja aktywów rolniczych w sprawozdaniu finansowym według polskich i międzynarodowych regulacji rachunkowości. Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości, tom 64 (120), SKwP, Warszawa, s. 9–24.

[4] Kilar, M., Romańska, Z. (2010). Rachunkowość rolnicza w Polsce. Uczelnia dla gospodarki gospodarka dla uczelni, 145.

[5] Wyszkowska Z. (2006), Rachunkowość w przedsiębiorstwach rolniczych, Difin, Warszawa.

IS ACCOUNTING NECESSARY FOR FARMERS?

Abstract

The scientific study was aimed at answering the question whether farmers need accounting. A survey tool was used to conduct the study. The survey was addressed to former and current students of the Faculty of Agriculture, Horticulture and

Bioengineering of the University of Life Sciences in Poznań who run agricultural activities. The survey contained 17 questions and answers were collected between January 3 and 10, 2024. The analysis of the results of the survey conducted among farm owners made it possible to formulate important conclusions, which include, among others, the majority of respondents use accounting services, which indicates the need for external support in this field. There are various accounting methods, including a lump sum on recorded income and full accounting. There is an opinion that farmers need additional support in agricultural accounting. The answers are divided, but many respondents consider keeping accounting records themselves in the future. There is a belief that agricultural studies do not provide sufficient knowledge in the field of accounting, which indicates an educational gap in this area.

Keywords: agricultural accounting, agricultural activity, agriculture

Opiekun pracy
dr inż. Małgorzata Węgrzyńska

Recenzenci:
dr Jarosław Wedler
dr Marek Gałązka

ROLNICTWO PRECYZYJNE W PRAKTYCE GOSPODARSTWA ROLNEGO

Piotr Krasnodębsk*, Paweł Krasnodębski

Uniwersytet w Siedlcach, Wydział Nauk Rolniczych, Studenckie Koło Naukowe Agrobioinżynierii, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

*e-mail: piotrkrasnodebski99@gmail.com

S t r e s z c z e n i e

Obecnie produkcja rolnicza dąży do maksymalizacji plonu i poprawy jego jakości, przy jednoczesnej minimalizacji kosztów oraz nakładów pracy. Rolnicy coraz częściej interesują się rolnictwem precyzyjnym, czyli gospodarowaniem wspomaganym komputerowo.

Celem pracy była analiza rozwiązań rolnictwa precyzyjnego stosowanych w indywidualnym gospodarstwie rolnym. Analizowane w pracy gospodarstwo wykorzystuje system prowadzenia równoległego firmy John Deere, korzysta z systemu automatycznego zawracania i automatycznej kontroli sekcji w rozsiewaczu nawozów oraz opryskiwaczu. Zastosowane w gospodarstwie rozwiązania poprawiają wydajność pracy i redukują koszty. Wdrożenie technik rolnictwa precyzyjnego niesie za sobą korzyści zarówno dla samego gospodarstwa, jak i środowiska naturalnego. Rolnik ma możliwość lepszego wykorzystania potencjału pól i zwiększenia plonów oraz poprawy ich jakości.

Słowa kluczowe: gospodarstwo rolne, koszt, rolnictwo precyzyjne

1. Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach we wszystkich gałęziach gospodarki coraz większą uwagę zwraca się na wzrastające koszty pracy i innych środków produkcji, a także wymagania ekologiczne i społeczne, dotyczy to także rolnictwa. Dużym wyzwaniem dla polskiego rolnictwa, przy jednoczesnym spełnieniu określonych standardów odnoszących się środowiska naturalnego, dobrostanu zwierząt oraz jakości produktów żywnościowych, jest konieczność sprostania konkurencji międzynarodowej, głównie ze strony wysoko rozwiniętego rolnictwa państw Europy Zachodniej [1].

Produkcja rolna dąży do maksymalizacji plonu i poprawy jego jakości, przy jednoczesnej minimalizacji kosztów oraz nakładów pracy. Występujące uwarunkowania wymuszają wzrost zainteresowania systemami i technologiami produkcji gwarantującymi dużą efektywność ponoszonych nakładów. Zachodzące zmiany uwidaczniają procesy adaptacji gospodarstw do stawianych wymogów oraz uzasadniają potrzebę szukania nowych dróg ich rozwoju, których istota będzie polegać na zharmonizowaniu celów produkcyjnych, społecznych i ekologicznych przy zapewnieniu elastyczności wobec wahań koniunktury. Rozwiązań tych wyzwań można poszukiwać w różnych aspektach prowadzonej produkcji rolnej, a także

w sposobach oferowanych przez rolnictwo precyzyjne, czyli gospodarowanie wspomagane komputerowo, którymi coraz częściej interesują się rolnicy [1].

Laskowska [6] twierdzi, że w związku z coraz szybszym rozwojem technologii, która wkracza w różne dziedziny życia, informatyka znajduje coraz szersze zastosowanie w rolnictwie. Gospodarowanie wspomagane komputerowo opiera się na gromadzeniu danych o przestrzennym zróżnicowaniu plonów w obrębie pola. Na podstawie zgromadzonych danych możemy stosować selektywnie nawozy mineralne i środki ochrony roślin w odpowiednich dawkach. Zastosowanie technologii wspomagania komputerowego wiąże się z kosztami zakupu, ale w przyszłości koszty te będą malały.

Gospodarowanie wspomagane komputerowo ma na celu efektywne zarządzanie procesami produkcyjnymi poprzez osiągnięcie większych plonów o lepszej jakości, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów i nakładów pracy oraz, co ważne, ograniczeniu negatywnego oddziaływania na środowisko. Rolnictwo precyzyjne stanowi narzędzie zrównoważonej produkcji rolnej dążące do zmniejszania zużycia nawozów i środków ochrony roślin [7].

Dynamiczny rozwój systemów elektronicznych przyczynił się do ich stosowania w rolnictwie i tym samym do technicznego rozwoju ciągników i maszyn rolniczych. Nowoczesne technologie informatyczne, wykorzystywane w rolnictwie precyzyjnym, pozwalają w zależności od potrzeb dzielić pole na interesujące fragmenty i stosować odpowiednie ilości nawozów czy środki ochrony roślin. Podstawę rolnictwa precyzyjnego stanowią dokładne wyniki pomiarów własności fizykochemicznych gleby, zachwaszczenia upraw, rozwoju chorób lub szkodników itp. Tego rodzaju pomiary można obecnie wykonywać m.in. dzięki stacjonarnemu systemowi satelitów Ziemi, tworzących Globalny System Pozycjonowania (GPS) [3, 13].

Zastosowanie systemu informacji geograficznej – GIS (Geographic Information System), nawigacji satelitarnej oraz zdjęć lotniczych do wsparcia zarządzania gospodarstwem rolniczym staje się coraz powszechniejsze m.in. dzięki miniaturyzacji i spadkowi cen sprzętu technicznego i oprogramowania, wzrostowi możliwości obliczeniowych komputerów oraz dostępowi do bezpłatnych i płatnych systemów umożliwiających pozycjonowanie satelitarne. Za sprawą dronów, z zamontowanymi kamerami multispektralnymi, pozyskujemy potrzebne informacje o stanie upraw na potrzeby rolnictwa precyzyjnego [2, 8].

W literaturze można spotkać różne podejścia do rolnictwa precyzyjnego. Według A. Munacka [9] rolnictwo precyzyjne definiuje się jako prowadzenie produkcji rolniczej w sposób zapewniający wykonywanie odpowiednich zabiegów w odpowiednim czasie, z zastosowaniem odpowiedniej i możliwie minimalnej ilości środków produkcji. Zwiększa to efektywność ekonomiczną i produkcyjną, a jednocześnie obniża obciążenia środowiska naturalnego [9].

Baum i in. [1] pod pojęciem rolnictwa precyzyjnego definiują system gospodarowania rolniczego, dostosowujący wszystkie elementy agrotechniki do zmiennych, zróżnicowanych w czasie i przestrzeni, warunków na poszczególnych częściach polach, w zależności od aktualnego stanu rozwoju roślin czy właściwości glebowych. Niezbędne dane pozyskiwane i przetwarzane są przy wykorzystaniu wysoko rozwiniętych technologii nawigacyjnych i informatycznych. W swoich założeniach takie gospodarowanie umożliwia uzyskanie większych plonów, o lepszej jakości, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji i ograniczeniu zanieczyszczenia środowiska.

We wszystkich interpretacjach rolnictwa precyzyjnego przejawiają się wątki minimalizacji kosztów produkcji, poprawy efektywności ekonomicznej prowadzonej produkcji i ograniczenia negatywnych skutków dla środowiska.

Elementami rolnictwa precyzyjnego są siew ze zmienną gęstością oraz stosowanie środków ochrony roślin i nawozów w odpowiedniej dawce w miejscach, gdzie jest to wymagane, z dokładnością do kilku centymetrów. W tym celu wykorzystywane są maszyny rolnicze wyposażone w GPS oraz komputer [5].

Walaszczyk [10] zauważa, że na system rolnictwa precyzyjnego składają się następujące elementy:

- oprogramowanie komputerowe dla rolnictwa służące do pozyskiwania, przetwarzania i analizy danych,
- precyzyjne czujniki polowe pozwalające na zbieranie danych o lokalnej zmienności pod kątem jej optymalizacji wyrównania, tak aby maksymalnie podnieść efektywność produkcji roślinnej,
- monitory plonu instalowane na kombajnach rolniczych, które w czasie rzeczywistym zbierają informacje na temat jakości i lokalnej zmienności plonu na danym obszarze,
- specjalistyczny sprzęt instalowany na maszynach rolniczych np. GPS, system prowadzenia równoległego, system zmiennego dawkowania nawozów, system precyzyjnej kontroli oprysku czy też system autonomicznego sterowania ciągnikiem rolniczym z modułem kompensacji nachylenia terenu,
- wiedza konieczna do prawidłowego wykorzystania technologii oraz właściwej analizy zebranych informacji.

Doruchowski [4] twierdzi, że ochrona roślin prowadzona z wykorzystaniem instrumentów rolnictwa precyzyjnego jest tym elementem produkcji rolniczej, w którym uzyskane korzyści najszybciej bilansują poniesione nakłady inwestycyjne konieczne do korzystania z tych instrumentów. Według niego wśród zagadnień rolnictwa precyzyjnego w ochronie roślin największe znaczenie mają systemy wspomagania decyzji (ang. decision support system – DSS) do prognozowania zagrożeń powodowanych przez agrofagi, systemy charakteryzacji, detekcji i identyfikacji obiektów służące do precyzyjnego określania celu zabiegów ochronnych oraz systemy nawigacji pomocne w sterowaniu pracą narzędzi wykonawczych realizujących precyzyjną aplikację środków ochrony roślin. Wykorzystywane w precyzyjnej ochronie roślin systemy pomiarowe i informatyczne mogą służyć także do monitorowania procesów technologicznych w celu śledzenia i odtwarzania poszczególnych etapów łańcucha produkcji.

Walaszczyk [10] wśród głównych korzyści z wdrożenia technologii wykorzystywanej w rolnictwie precyzyjnym wymienia:

- maksymalizację wydajności prac i podniesienie efektywności całego procesu uprawy roślinnej,
- wymierne oszczędności w wykorzystaniu stosowanych środków nawozowych oraz środków ochrony roślin, sięgające nawet 50%,
- lepszą znajomość lokalnej zmienności polowej, która pozwala na odpowiedni dobór charakteru uprawy oraz opracowanie dokładnego harmonogramu prac w gospodarstwie,
- zapewnienie optymalnej równowagi biologicznej środowiska naturalnego,
- wyraźne zmniejszenie negatywnego wpływu gospodarki rolnej na środowisko przyrodnicze.

Wdrożenie technik rolnictwa precyzyjnego niesie za sobą korzyści zarówno dla samego gospodarstwa, jak i środowiska naturalnego. Rolnik ma możliwość maksymalnego wykorzystania potencjału pól i zwiększenia plonów oraz poprawy ich jakości.

Celem pracy była analiza stosowania rozwiązań proponowanych w ramach rolnictwa precyzyjnego w indywidualnym gospodarstwie rolnym. W pracy wykorzystano publikacje z zakresu problematyki przedmiotu oraz dane pochodzące z indywidualnego gospodarstwa rolnego.

2. Charakterystyka gospodarstwa

Analizowane w pracy gospodarstwo położone jest we wschodniej części województwa mazowieckiego, w powiecie sokołowskim w gminie Jabłonna Lacka. Ogólna powierzchnia gruntów rolnych gospodarstwa stanowiła 403,51 ha, w tym 83,3 ha były to grunty dzierżawione (tab. 1). Analizując wielkość gospodarstwa w regionie wschodniej części województwa mazowieckiego, gospodarstwo to należy do dużych. Średnia powierzchnia gospodarstwa w województwie mazowieckim w 2023 roku wynosiła 8,94 ha [11].

Tabela 1. Powierzchnia gruntów w analizowanym gospodarstwie w 2023 roku

Klasy bonitacyjne gruntów rolnych	Powierzchnia [ha]	Udział w strukturze [%]
III	91,32	22,6
IV (a i b)	257,15	63,7
V	42,74	10,6
VI	12,30	3,1
Razem	403,51	100,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z gospodarstwa

W większości były to grunty klasy IVa i IVb – prawie 64% oraz klasy III – prawie 23% (tab. 1). Najmniejszy udział w strukturze stanowiły grunty klasy VI – 3,1%.

Gospodarstwo nastawione było na produkcję roślinną. W gospodarstwie w 2023 roku uprawiane były następujące rośliny (tab. 2).

Tabela 2. Produkcja roślinna w analizowanym gospodarstwie w 2023 roku

Wyszczególnienie	Powierzchnia uprawy [ha]	Udział w strukturze [%]
Kukurydza na ziarno	123,65	30,6
Pszenica	179,42	44,5
Rzepak	100,44	24,9
Razem	403,51	100,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z gospodarstwa

Największy udział w produkcji roślinnej w analizowanym gospodarstwie stanowiła w 2023 roku uprawa pszenicy – ponad 44% w strukturze (tab. 2). Kolejnymi roślinami były kukurydza na ziarno – 30,6% oraz rzepak – 24,9%.

Gospodarstwo jest bardzo dobrze zaopatrzone w sprzęt rolniczy. Właściciel korzysta z 8 ciągników rolniczych, są to:

- John Deere 8370R,
- John Deere 7820,
- John Deere 6830 – 2 sztuki,
- John Deere 6620 – 2 sztuki,
- New Holland TM125,
- Zetor Proxima 6441.

Poza ciągnikami gospodarstwo posiada: kombajn zbożowy New Holland CX, 2 przyczepy skorupowe 14 t, 2 przyczepy 10 t, rozsiewacz Amazone ZA-V 3200, opryskiwacz Hardi Commander 4400, siewnik zbożowy Amazone – 4 m, siewnik do kukurydzy Monosem 8-rzędowy, bronę talerzową Horsch Joker RT, kultywator bezorkowy Vaderstad Cultus, 2 pługi Kverneland, rozsiewacz wapna RCW 5500 oraz agregat przedsiewny Kongskilde – 6,5 m.

Wyposażenie gospodarstwa w budynki gospodarskie w opinii właściciela jest optymalne. Znajdują się tu: stodoła 32 × 12 m, stodoła 16 × 40 m, wiata 24 × 16 m, obora 77 × 22,5 m oraz garaż 11 × 10 m. Obora nie jest używana do produkcji zwierzęcej. Wykorzystywana jest do przechowywania maszyn rolniczych. W gospodarstwie są też 4 silosy zbożowe: 130 i 160 t oraz 2 sztuki po 250 t.

Zaopatrzenie gospodarstwa w sprzęt rolniczy, budynki gospodarskie oraz inne wyposażenie jest bardzo dobre i adekwatne do wielkości i potrzeb gospodarstwa.

3. Rozwiązania rolnictwa precyzyjnego stosowane w gospodarstwie

W analizowanym gospodarstwie rolnik wykorzystywał system prowadzenia równoległego firmy John Deere z dokładnością RTK (ang. Real Time Kinematic). RTK jest najlepszym rozwiązaniem dla gospodarstwa. Uzyskuje dokładność odczytu w mniej niż minutę. Wystarczy raz zapisać granice pola. Zwiększa produktywność i komfort, pracując na całej szerokości maszyny w każdych warunkach. Urządzenie to zainstalowane było na trzech ciągnikach firmy John Deere. W dwóch ciągnikach był tylko system prowadzenia równoległego AutoTrac. Trzeci ciągnik wyposażony był dodatkowo w system automatycznego zawracania, będącym nowatorskim, inteligentnym system automatyki skrętu AutoTrac. Łączy on w sobie system automatycznego kierowania John Deere AutoTrac z systemami zarządzania pracą na uwrociach. Bez względu na ukształtowanie terenu system automatyki skrętu AutoTrac w całości przejmuje kontrolę nad nawrotem, w prosty i precyzyjny sposób sterując wszystkimi funkcjami ciągnika oraz osprzętu. Obejmuje to zmianę prędkości jazdy do przodu, przełączanie WOM (wał odbioru mocy) oraz podnoszenie i opuszczanie maszyn w najbardziej odpowiednim momencie i miejscu na polu. Uzyskujemy idealny nawrót na uwrociach przez każdego operatora, w każdych warunkach. Dzięki systemowi automatycznego zawracania zyskujemy:

- mniej zakładek i luk na uwrociach,
- niższe wydatki na nawozy, środki chemiczne i paliwo,
- minimalne ugniatanie gleby na uwrociach,
- większy komfort pracy i mniejszy stres operatora.

Na rysunku 1 przedstawiono ciągniki z urządzeniami firmy John Deere z systemem AutoTrac, wykorzystywane do prowadzenia równoległego.

Źródło: opracowanie własne (fot. Piotr Krasnodębski)

Rys. 1. Ciągniki rolnicze John Deere 8370R i John Deere 7820

Innymi rozwiązaniami rolnictwa precyzyjnego stosowanymi w analizowanym gospodarstwie są systemy automatycznej kontroli sekcji, w rozsiewaczu nawozów firmy Amazone (system Amazone) oraz opryskiwaczu firmy Hardi (system Trimble). Sterowanie sekcjami maszyny automatycznie włącza i wyłącza poszczególne sekcje maszyny w zaprogramowanych miejscach pola. Systemy te współpracują z wszystkimi systemami John Deere obsługującymi funkcję sterowania sekcjami, jak również z narzędziami innych producentów przygotowanymi do współpracy ze sterowaniem sekcji za pomocą sterownika zadań ISOBUS z certyfikatem AEF (TC-SC). Dzięki zmniejszeniu liczby nakładek i omijanych miejsc na polu funkcja sterowania sekcjami narzędzi John Deere pozwala stosować dokładnie dobrane dawki nawozów, nasion i środków ochrony roślin. W rezultacie obniża się wydatki i podnosi wydajność, minimalizując przy tym straty plonów i niekorzystny wpływ na środowisko naturalne. Ponieważ nie stosuje się nadmiernej ilości oprysków i nasion, sterowanie sekcjami narzędzi John Deere pomaga stworzyć najlepsze możliwe warunki do uprawy roślin.

Na rysunku 2 przedstawiono ciągnik z rozsiewaczem wyposażony w system automatycznej kontroli sekcji. Natomiast rysunek 3 przedstawia ekran do obsługi rozsiewacza w systemie ISOBUS oraz nawigacji zamontowanej w ciągniku John Deere.

Źródło: opracowanie własne (fot. Piotr Krasnodębski)

Rys. 2. Ciągnik z rozsiewaczem z systemem automatycznej kontroli sekcji

Źródło: opracowanie własne (fot. Piotr Krasnodębski)

Rys. 3. Ekran do obsługi rozsiewacza w systemie ISOBUS oraz nawigacji

W tabeli 3 przestawiono korzyści, jakie można uzyskać, stosując rozwiązania rolnictwa precyzyjnego w analizowanym gospodarstwie. Odniesione korzyści zostały przeliczone na powierzchnię 100 ha uprawy.

Tabela 3. Korzyści stosowania systemu rolnictwa precyzyjnego w gospodarstwie w 2023 r. [na 100 ha]

Wyszczególnienie	Oszczędności oferowane przez system	Uzyskana korzyść [w zł]
Siew zboża	Mniejsze zużycie materiału siewnego, paliwa, czasu oraz elementów roboczych	Oszczędność materiału siewnego: 1870 zł Paliwo: 320 zł Elementy robocze: 400 zł
Siew nawozów	Mniejsze zużycie nawozu, mniejsze zużycie paliwa i czasu	Oszczędność ilości nawozów: 2600 zł Paliwo: 80 zł

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z gospodarstwa

Według danych firmy John Deere stosowanie systemu rolnictwa precyzyjnego AutoTrac zmniejsza koszty o ok. 8% oraz zwiększa wydajności o ok. 14% [12]. Z danych zawartych w tabeli 3 wynika, że oszczędności, które może uzyskać właściciel w skali całego gospodarstwa przy powierzchni ok. 400 ha, mogą wynosić w sezonie ok. 35 000 zł. Przy obecnej cenie zakupu systemu prowadzenia równoległego z dokładnością RTK, z automatycznym sterowaniem sekcjami i ze zmiennym dawkowaniem, w kwocie ok. 100 000 zł można stwierdzić, że taki system zwróci się w ciągu ok. 3 lat.

4. Podsumowanie

Analizowane w pracy gospodarstwo wykorzystuje system prowadzenia równoległego firmy John Deere AutoTrac z dokładnością RTK. System ten poza poprawą komfortu pracy rolnika przynosi też wiele innych korzyści. To rozwiązanie zwiększa wydajność oraz redukuje nakładki i luki między przejazdami. Dzięki temu systemowi nastąpiły również oszczędności w zużyciu materiału siewnego, nawozów i środków ochrony roślin. Rolnik korzysta także z systemu automatycznego zawracania. Zwiększa to wydajność pracy, powoduje mniejsze ugniatanie gleby na uwrociach i poprawia wygodę pracy operatora. Natomiast wykorzystywana automatyczna kontrola sekcji w rozsiewaczu nawozów oraz opryskiwaczu redukuje nakładki oprysków i zabiegów, a co za tym idzie, redukuje koszty. Oszczędności w skali analizowanego gospodarstwa szacowane były w sezonie agrotechnicznym 2023 na kwotę ok. 35 000 zł.

Literatura

[1] Baum R., Wajszczuk K., Wawrzynowicz J.: Miejsce i rola rolnictwa precyzyjnego w koncepcji zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych. Ekonomia i Środowisko, 2012, 1(41), s. 71–83.

[2] Berner B., Chojnacki J.: Wykorzystanie dronów w rolnictwie precyzyjnym. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2016, (3).

[3] Doruchowski G.: Elementy rolnictwa precyzyjnego w ochronie roślin. Inżynieria Rolnicza, 2005, 9(6), s. 131–139.

[4] Doruchowski G.: Postęp i nowe koncepcje w rolnictwie precyzyjnym. Inżynieria rolnicza, 2008, 12(9) (107), s. 19–31.

[5] Holownicki R.: Przed agroinżynierią stoją nowe zadania. Inżynieria Rolnicza, 2008, 12, s. 13–24.

[6] Laskowska P. J.: Informatyka w rolnictwie, czyli rolnictwo precyzyjne. Materiały pokonferencyjne III Ogólnopolskiej Konferencji Interdyscyplinarnej „Współczesne zastosowania informatyki", 2017, s. 43.

[7] Lorencowicz E.: Cyfrowe rolnictwo-cyfrowe zarządzanie. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 2018, 20(4).

[8] Mazur P., Chojnacki J.: Wykorzystanie dronów do teledetekcji multispektralnej w rolnictwie precyzyjnym. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2017, (1).

[9] Munack A.: Rolnictwo w trzecim tysiącleciu – bieżące trendy i nowe wyzwania w inżynierii rolniczej. Postępy Nauk Rolniczych, 2004, (3), s. 3–12.

[10] Walaszczyk A.: Systemy informacyjne w rolnictwie precyzyjnym. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, Opole 2012, s. 875–883.

[11] www.gov.pl/web/arimr/srednia-powierzchnia-gruntow-rolnych-w-gospodarstwie-w-2023-roku (dostęp 14.04.2024)

[12] https://www.deere.pl/pl/rolnictwo-precyzyjne/rozwiazania-z-zakresu-naprowadzania/autotrac/ (dostęp 28.03.2024)

[13] Zbytek Z.: Rolnictwo precyzyjne w Polsce. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2002, 47(2), s. 42–46.

PRECISION FARMING IN AGRICULTURAL FARM PRACTICE

Abstract

Currently, agricultural production strives to maximize yield and improve its quality, while minimizing costs and labor inputs. Farmers are increasingly interested in precision farming, i.e. computer-aided farming. The aim of the work was to analyze the use of precision agriculture on farms. The work uses publications on the subject and data from an individual farm. The descriptive method was used to describe the issue. The farm analyzed in this work uses the John Deere parallel guidance system, automatic turning system and automatic section control in the fertilizer spreader and sprayer. The solutions used on the farm improve work efficiency and reduce costs. The implementation of precision farming techniques brings benefits both for the farm itself and the natural environment. The farmer has the opportunity to maximize the potential of the fields and increase yields and improve their quality.

Keywords: farm, cost, precision agriculture

Opiekun naukowy
dr inż. Marek Niewęgłowski

Recenzenci:
dr hab. inż. Jarosław Czarnecki, prof. uczelni
dr inż. Beata Cieniawska