

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska

Tom 5

Środowisko - Roślina - Zwierzę - Produkt

WUP

Wybrane zagadnienia
z zakresu ochrony
i zagrożeń środowiska

Tom 5

Środowisko – Roślina – Zwierzę – Produkt

Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska

Tom 5

pod redakcją

Marka Babicza

Bożeny Nowakowicz-Dębek

Kingi Kropiwek-Domańskiej

Lublin 2025

Recenzenci

dr n. o zdr. Piotr Choina
dr n. wet. Rafał Ciaputa
dr n. wet. Mirosław Kalicki
dr hab. inż. Maciej Kamaszewski, prof. uczelni
dr n. med. i n. o zdr. Martyna Kasela
dr hab. Beata Seremak, prof. uczelni
dr inż. Ewa Stamirowska-Krzaczek

Redaktor prowadzący
Magdalena Marcewicz

Opracowanie redakcyjne
Aneta Panasewicz

Projekt okładki
Jacek Pałyszka



Ten utwór jest dostępny na licencji
[Creative Commons Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowa](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

ISBN 978-83-7259-486-0 on-line
<https://doi.org/10.24326/mon.2025.8>



Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
<https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo/>
8,4 ark. wyd.

Spis treści

Aleksandra Basiewicz, Olga Deresiewicz, Zbigniew Belkot

- Znieczulenie ogólne u lwów (*Panthera leo*) – przegląd metod i środków anestetycznych 7
General anesthesia in lions (*Panthera leo*) – a review of anesthetic methods and agents

Emilia Białas

- Omówienie zagrożeń środowiskowych związanych z przelłowieniem na podstawie masowych połowów rekinów i płaszczyk 15
The overview of environmental threats connected to overfishing, on the example of mass bycatch of shark and rays

Martyna Cenian, Sebastian Jaguszewski, Jakub Paszkowski, Katarzyna Karpińska, Anna Chmielowiec-Korzeniowska

- Zapylenie powietrza w pracach remontowo-budowlanych 22
Air dust in renovation and construction works

Oliwia Fischer, Aleksandra Janczarek, Zuzanna Hałaczekiewicz, Zbigniew Belkot, Agnieszka Chalabis-Mazurek

- Zając europejski (*Lepus europaeus*) jako bioindykator środowisk polnych 29
European hare (*Lepus europaeus*) as a bioindicator of field environments

Maria Grzegorzek, Katarzyna Wiceńciak, Zbigniew Belkot

- Obieg mikroplastiku w środowisku: od paszy do talerza – akumulacja w mięsie i organizmie człowieka 37
The circulation of microplastics in the environment: from feed to plate – accumulation in meat and the human body

Daria Haraf, Martyna Gumółka, Zbigniew Belkot

- Koproskopia diagnostyka inwazji kokcydiów i nicieni przewodu pokarmowego u zająca europejskiego (*Lepus europaeus*) 44
Coproscopic diagnosis of coccidia and nematode invasion in the gastrointestinal tract of the European hare (*Lepus europaeus*)

Krzysztof Kościelniak

- Ocena efektywności ekorozwiązań projektowych stosowanych w zagospodarowaniu terenów zieleni 55
An assessment of the functional effectiveness of design solutions in accordance with nature

Iwona Kwapińska, Kamila Adamczyk-Mucha

- Koncepcja powiązań rekreacyjno-przyrodniczych Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie z systemem zieleni miejskiej 63
The concept of natural and recreational connections of the “Botanik” Academic Park in Lublin with the city’s green space system

Kacper Lewikowski, Kacper Siwiak, Alicja Szot, Piotr Listos	
Neoplasms in forensic veterinary medicine in a case study of hemangiosarcoma (HSA)	72
Nowotwory w weterynarii sądowej na przykładzie naczyńiakomięsaka (HSA)	
Kacper Lewikowski, Kacper Siwiak, Alicja Szot, Piotr Listos	
Examination of injuries and blood patterns in forensic veterinary medicine	79
Opiniowanie ran i śladów krwawych w weterynarii sądowej	
Katarzyna Łukanty, Maja Szelażewicz, Jacek Rechulicz	
Preferencje występowania inwazyjnego sumika karłowatego (<i>Ameiurus nebulosus</i>) w jeziorach o różnych głębokościach.....	86
Occurrence preferences of the invasive brown bullhead (<i>Ameiurus nebulosus</i>) in lakes of different depths	
Jakub Paszkowski, Sebastian Jaguszewski, Maciej Wilk, Katarzyna Karpińska, Bożena Nowakowicz-Dębek	
Poziom hałasu w trakcie pracy kierowcy taksówki.....	93
Noise level during the work of a taxi driver	
Grzegorz Peczka, Mateusz Sobczak, Roman Kujawa	
Oddziaływanie chlorków na wybrane właściwości wód różnego pochodzenia	101
The impact of chlorides on selected properties of water of various origins	
Maciej Wilk, Jakub Paszkowski, Sebastian Jaguszewski, Katarzyna Karpińska, Piotr Maksym, Mateusz Ossowski	
Obciążenie statyczne pracownika w wybranym gospodarstwie doświadczalnej uprawy zbóż podczas ręcznego zbioru ziarna	112
Static load of a worker at a selected cereal experimental farm during manual grain harvesting	
Karolina Wolek, Barbara Zaborowska, Alicja Wiktorek, Zbigniew Belkot	
Afrykański pomór świń (ASF) w Polsce: stan epidemiologiczny w latach 2020–2024	124
African swine fever (ASF) in Poland: epidemiological analysis in 2020–2024	

Znieczulenie ogólne u lwów (*Panthera leo*) – przegląd metod i środków anestetycznych

General anesthesia in lions (*Panthera leo*) – a review of anesthetic methods and agents

Wstęp

Od 1996 r. lwy (*Panthera leo*) znajdują się na czerwonej liście Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody (IUCN). Większość dzikich gatunków kotowatych żyje obecnie w rzadko rozmieszczonych populacjach. Sytuacja ta zwiększa prawdopodobieństwo chowu wsobnego i nie rokuje dobrze dla podtrzymania gatunku. Przetrwanie dzikich kotowatych w dużej mierze zależy od hodowli tych zwierząt w niewoli [Rabbani i in. 2021]. W porównaniu z innymi gatunkami, *Panthera leo* wykazują wysoki sukces hodowlany, przebywając pod kontrolą człowieka w ogrodach zoologicznych i rezerwach [Ekrami i in. 2024]. Ze względu na bezpieczeństwo zwierząt i personelu, różne zabiegi medyczne muszą być u tych zwierząt przeprowadzane pod wpływem środków anestetycznych. Chemiczna sedacja lwów jest niezbędnym narzędziem wykorzystywanym także przy dziko żyjących osobnikach. Pozwala ona na immobilizację zwierząt w celu przemieszczania kotowatych pomiędzy izolowanymi populacjami celem utrzymania różnorodności genetycznej, pobierania próbek biologicznych, zakładania urządzeń do śledzenia radiowego, a także leczenia rannych osobników [Donaldson i in. 2023b]. Coraz większą uwagę poświęca się dobrostanowi zwierząt, w tym ich fizjologicznej reakcji na leki, synergii między różnymi substancjami, a także zarządzaniu bólem podczas procedur oraz zapobieganiu powikłaniom. Różnorodne zastosowanie anestezji u dużych kotowatych wskazuje, jak bardzo istotne jest podniesienie bezpieczeństwa oraz minimalizacja skutków ubocznych. Zaburzenia oddechowe uważane są za jedną z głównych przyczyn śmierci lwów poddanych narkozie. Jednakże wpływ różnych kombinacji leków służących immobilizacji na układ oddechowy dużych kotowatych nie został jeszcze dokładnie zbadany [Donaldson i in. 2023c].

Anestezja dzikich zwierząt, wykonywana w wielu przypadkach w terenie, wymaga prostego, wysokiej jakości, bezpiecznego sprzętu oraz odpowiednich technik aplikacji. Dlatego też większość biologów i lekarzy weterynarii zajmujących się dziką fauną stosuje jedynie środki iniekcyjne [Lewis 2004]. Powszechną metodą podawania leków u tego typu zwierząt jest w pierwszym etapie użycie broni Palmera i zastrzyk domięśniowy. Powyższa metoda może mieć pewne ograniczenia. Wybór środków farmakologicznych

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Chorób Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących, deresiewiczolga.1@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia

i dobranie ich dawki odbywa się na podstawie oględzin zwierzęcia, nie tylko bez wykonania poprzedzającego narkozę podstawowego badania stanu zdrowia, lecz nawet bez sprawdzenia jego masy ciała. Kolejnym ograniczeniem może być stosunkowo niewielka pojemność wystrzeliwanej strzykawki i ewentualny brak dostępności odpowiednio stężonych substancji, co wymusza stopniowe podawanie dodatkowych dawek środków znieczulających w celu pogłębienia lub przedłużenia anestezji. Może to znacząco wydłużyć czas rekonwalescencji, co stanowi zagrożenie dla zwierzęcia, a także utrudnienie dla osób pracujących przy jego opiece [Lewis 2004]. W dalszej kolejności, w celu podtrzymania działania leków, anestetyki zwykle podaje się we wlewach dożylnych lub poprzez aparaturę wziewną. Użycie stosunkowo prostych urządzeń do podawania wziewnych środków anestetycznych w terenie miałoby wiele zalet, szczególnie przy pogłębieniu znieczulenia u niebezpiecznych gatunków zwierząt, takich jak lwy [Lewis 2004].

Celem pracy był przegląd metod i środków anestetycznych na podstawie doniesień naukowych oraz analiza badań dotyczących optymalizacji protokołów znieczulenia u *Panthera leo*.

Opis środków anestetycznych stosowanych u lwów i metody ich podawania

Wśród wielu substancji stosowanych w anestezjologii lwów na szczególną uwagę zasługuje kilkanaście z nich. Szczególnie często wykorzystywana jest ketamina będąca antagonistą receptorów NMDA. Stosowana jest w weterynarii powszechnie u wielu różnych zwierząt, w tym dużych i małych kotowatych [Donaldson i in. 2023c]. Nie jest ona natomiast zalecana do stosowania jako samodzielny środek uspokajający lub anestetyczny, lecz tylko w połączeniu z silnym środkiem sedatywnym. Wykazano, że może ona powodować pewne działania niepożądane, takie jak ataksja, nadmierne ślinienie, dysorfia lub hipotalgia zarówno podczas indukcji, jak i wybudzania z narkozy [Rabbani i in. 2021].

Kolejnym środkiem jest medetomidyna, czyli łatwo odwracalny lek uspokajający, agonista receptorów α_2 -adrenergicznych [Donaldson i in. 2023c]. W anestezji lwów chętnie stosowany jest również butorfanol – syntetyczny agonista receptora κ -opiodowego i antagonist receptoru μ -opiodowego [Wells i in. 2008].

Często stosowanym preparatem jest także ksylazyna (agonista receptora adrenergicznego α_2), która jest tania i łatwo dostępna, oraz tiletamina i zolazepam [Fahlman i in. 2005, Jacquier i in. 2006]. Rzadziej stosowane, jednak równie przydatne środki, to między innymi midazolam, diazepam, deksmedetomidyna, azaperon oraz metadon. Czasami podczas zabiegów chirurgicznych znajdują też zastosowanie propofol i remifentanyl.

Najczęściej wykorzystywaną metodą podawania anestetyków u dużych kotowatych pozostaje zastrzyk domięśniowy podany zdalnie przy pomocy broni Palmera, a następnie włączane są wlewy dożylnie w celu pogłębienia bądź przedłużenia immobilizacji. Do znieczuleń miejscowych, koniecznych przy niektórych zabiegach, używane są lidokaina oraz bupiwakaina. Według Lewisa wiele zalet ma stosowanie izofluranu w aparaturze wziewnej [2004]. Często w takim rodzaju znieczulenia stosowany jest również halotan oraz sevofluran [Shin i in. 2024]. Według Stegmanna i in. [2000] utrzymywanie znieczulenia halotanem podczas długotrwałych zabiegów pozwala na stosunkowo szybkie wybudzenie w porównaniu z technikami dożylnego znieczulenia.

Bardzo istotnym elementem w sedacji kotowatych jest wybór odpowiedniego środka antagonistycznego, który zapewni szybkie wybudzenie, szczególnie w celu uniknięcia niestabilności sercowo-naczyniowej [Rabbani i in. 2021]. Warto zwrócić uwagę na antagonistów receptorów adrenergicznych alfa-2 stosowanych u dzikich kotowatych, wśród nich wyróżniamy johimbinę i tolazolinę, a także atipamezol. Środki te według badań skracają czas rekonwalescencji po sedacji. Podczas stosowania należy uwzględnić konieczność przechowywania tolazoliny w ciemnym i chłodnym miejscu, ponieważ jest ona światłoczuła i ulega rozkładowi w wyższych temperaturach otoczenia [Rabbani i in. 2021].

Naltrekson jest antagonistą receptorów opioidowych, który można stosować w połączeniu z johimbiną lub atipamezelem. Jednakże według Semjonov i in. [2017] wykazuje on lepsze działanie w kombinacji z atipamezelem, który jest lekiem nowszej generacji i wyparł stosowanie johimbiny. Rekonwalescencja lwów po zastosowaniu tych antagonistów przebiegała płynnie i trwała krócej niż przy mieszance naltreksonu i johimbiny. Domięśniowe podanie naltreksonu i atipamezolu zastosowano także w badaniach Donaldson i in. [2023a], w których wybudzenie po podaniu leków również zachodziło bezproblemowo, a niewielki odsetek lwów wykazywał umiarkowaną ataksję.

Wpływ mieszanek środków anestetycznych na układ krwionośny oraz oddechowy

Jedną z kluczowych umiejętności lekarza weterynarii zajmującego się dzikimi zwierzętami jest znajomość technik monitorowania znieczulenia [Chinnadurai 2023]. Do najczęściej kontrolowanych parametrów należą częstość akcji serca, częstotliwość oddechów oraz temperatura ciała. Niezbędna jest również znajomość obsługi urządzeń do pomiaru saturacji, wentylacji i ciśnienia tętniczego. Stale poszukuje się kombinacji leków, dzięki którym możliwe byłoby osiągnięcie dobrych rezultatów w anestezjologii dzikich zwierząt. Mieszaniny leków dobierane są i dostosowywane do specjalistycznych schematów oraz indywidualnie do znieczulanego gatunku [Raath i in. 2023].

W badaniach Donaldson i in. [2023c] analizowano wpływ różnych substancji anestetycznych na układ oddechowy 36 wolno żyjących lwów, które podzielono na 3 grupy badawcze. Dla każdej grupy stosowano różne mieszanki znieczulające: TZM (tiletamina-zolazepam-medetomidyna), KM (ketamina-medetomidyna) i KBM (ketamina-butorfanol-medetomidyna). Lwy zwabiano tuszą zebry, a leki podawano domięśniowo za pomocą broni Palmera. U wszystkich badanych zwierząt zaobserwowano wzrost częstotliwości oddechów, szczególnie nasilony w grupie TZM (27,2–35,1 oddechów/min), oraz objętości oddechowej (1800–2380 ml/oddech). Za pomocą cewnika wprowadzonego do tętnicy grzbietowej stopy oceniano ciśnienie wewnątrz tętnicze. Krew tętniczą pobrano do próbek heparynizowanych, a wyniki uzyskano niemal natychmiast za pomocą przenośnego analizatora. W grupie KBM odnotowano szczególny wzrost ciśnienia parcjalnego CO₂ (34,5 mmHg). Podczas 30-minutowej obserwacji we wszystkich grupach wystąpiło nadciśnienie, najwyższe w grupie KM (237,3 mmHg). Zauważono, że w każdej badanej grupie lwów podanie wyżej wymienionych środków spowodowało zmiany w parametrach układu oddechowego [Donaldson i in. 2023b]. Te same osobniki zostały opisane w badaniach dotyczących serca i układu krwionośnego. Wzrost ciśnienia i spadek tętna podczas znieczulenia wskazywały na konieczność dalszych badań nad jego wpływem na układ sercowo-naczyniowy. Mieszanka KBM, stosowana wcześniej u kotów domowych,

sprawdziła się również u lwów, co uzasadnia dalsze badania nad jej wpływem na anestezję tych zwierząt.

W kolejnym badaniu Donaldson i in. [2023a] analizowali indukcję znieczulenia i działanie antagonistów. Czas indukcji wynosił od 7,5 do 14 minut, a najgłębsze znieczulenie uzyskano w grupie KM. Istotnym aspektem był również wzrost temperatury ciała u wszystkich poddanych badaniom osobników. Działanie wszystkich zastosowanych mieszanek leków uznano za zadowalające w immobilizacji lwów. Jako antagonistów zastosowano atipamezol i naltrekson, które wykazały najszybszy efekt w grupach KM i KBM, natomiast wolniejsze działanie w grupie TZM.

Znieczulenie 17 wolno żyjących lwów za pomocą medetomidyny, zolazepamu i tiletaminy opisali Fahlman i in. [2005]. Zadowalający efekt znieczulenia został zaobserwowany po 4–10 minutach i trwał godzinę. Podczas immobilizacji mierzono parametry układu oddechowego oraz krwionośnego, ciśnienie parcjalne tlenu i temperaturę ciała zwierząt. Wszystkie składowe oprócz temperatury, która zmieniała się w czasie, były stabilne. Jako antagonistę zastosowano domięśniowo atipamezol w dawce 2,5- do 5-krotnie wyższej od dawki medetomidyny. Potwierdzono, że środki użyte w badaniu można bezpiecznie stosować w protokołach anestezjologicznych u lwów.

Z kolei Jacquier i in. [2006] znieczulali lwy w Parku Narodowym Waza, stosując medetomidynę, tiletaminę i zolazepam. Pierwsze oznaki immobilizacji pojawiały się po 14 minutach. Zaliczano do nich kolejno opuszczenie ogona, ataksję, pozycję siedzącą, a następnie leżącą. Lwy poddano badaniom klinicznym, w których dokonano pomiaru tętna, temperatury i obserwowano ruchy klatki piersiowej. Osobniki zważono za pomocą przenośnej wagi i pobrano próbki krwi do dalszych badań. Odwrócenie znieczulenia przeprowadzono za pomocą atipamezolu i obserwowano zwierzęta aż do całkowitego wybudzenia. Założone obroże radiowe i monitoring przez 18 miesięcy nie potwierdził zgonów u znieczulanych kotów.

W badaniu Wegnera i in., przeprowadzonym na 33 lwach w Parku Krugera, zastosowano mieszanekę medetomidyna-butorfanol-midazolam [Wegner i in. 2010]. Substancje, które w czasie wprowadzania do medycyny weterynaryjnej dzikich zwierząt zdobyły uznanie głównie ze względu na dostępność wielu antagonistów dla tej mieszanki [Semjonov i in. 2017]. Immobilizację odwracano za pomocą naltreksonu, atipamezolu i flumazenilu, co zapewniło szybkie i bezpieczne wybudzenie [Wegner i in. 2010].

Wybór środków anestetycznych do poszczególnych zabiegów przeprowadzanych u lwów

Większa świadomość ekologiczna ludzi oraz wydłużający się wiek zwierząt w rezerwatach i ogrodach zoologicznych stawiają przed lekarzami weterynarii nowe wyzwania. Rośnie również zapotrzebowanie na wykonywanie zabiegów medycznych u dzikich zwierząt. W konsekwencji tych zmian pojawia się pilna potrzeba opracowywania i stosowania nowych schematów anestezjologicznych.

Okulistyka weterynaryjna dzikich zwierząt bywa niekiedy pomijana, a jej znaczenie niedoceniane. Tymczasem wzrok, choć nie jest najważniejszym zmysłem kotowatych, odgrywa kluczową rolę w ich codziennym funkcjonowaniu. Przykładem może być 25-letni samiec lwa z jednego z ogrodów zoologicznych w Indiach, który został skierowany

do specjalisty okulistyki weterynaryjnej [Chandrasekara-Iyer i in. 2022]. W celu znieczulenia zastosowano domięśniową kombinację ksylazyny i ketaminy. Po immobilizacji zwierzęcia przeprowadzono szczegółowe badanie okulistyczne, które wykazało jednostronną zaćmę. Następnie podłączono aparaturę z izofluranem w celu podtrzymania znieczulenia i wykonano korekcję chirurgiczną metodą fakoemulsyfikacji. Po zakończeniu całej procedury dożylnie podano johimbinę, co zapewniło szybkie i bezproblemowe wybudzenie zwierzęcia.

W weterynarii dzikich kotowatych ze względu na ograniczoną pulę genetyczną coraz częściej wykonuje się procedury z zakresu wspomagania rozrodu tych zwierząt, w tym sztuczną inseminację. Metoda ta może znacząco przyczynić się do zwiększenia populacji dzikich kotowatych. W badaniu przeprowadzonym przez Ekrami i in. [2024] za pomocą cewnika pobierano nasienie od dwóch samców w znieczuleniu ogólnym. Trzy wybrane samice otrzymywały eCG w celu wywołania rui, a następnie podano gonadotropinę kosmówkową (hCG) w celu indukcji owulacji. Do znieczulenia wszystkich zwierząt zastosowano domięśniową mieszaninę ketaminy i medetomidyny. Po przeprowadzeniu laparotomii pośrodkowej wstrzyknięto nasienie do każdego rogu macicy samic. Dzięki tej procedurze, po 115 dniach ciąży, jedna z samic urodziła dwa młode. Niektóre samice lwów napotykają trudności rozrodcze dopiero na etapie porodu. W takich przypadkach dostępnym jest coraz więcej opcji postępowania. Khan i in. [2011] przeprowadzili w Safari Parku w Bangladeszu cesarskie cięcie u sześciolatniej lwicy, której wskazaniem była dystocja płodu (trudności napotkane podczas porodu). Znieczulenia dokonano mieszaniną ketaminy, ksylazyny i siarczanu atropiny, zaaplikowaną za pomocą broni Palmera. Wybudzenie zwierzęcia przebiegło bez komplikacji.

Zabiegi obejmują również owariektomię, często wykonywaną u starszych lwic lub u osobników z problemami behawioralnymi. Leclerc i in. [2018] przeprowadzili laparoskopową owariektomię u lwa, stosując do immobilizacji mieszaninę zawierającą midazolam, medetomidynę i ketaminę. Po intubacji zwierzę otrzymywało sewofluran oraz dożylny wlew ciągły z remifentanylem, ketaminą i roztworem Ringera z mleczanami. Podczas zabiegu u lwicy wystąpiło zbyt niskie ciśnienie krwi, wymagające podania dobutaminy. Podobny zabieg przeprowadzili Shin i in. [2024], którzy do immobilizacji lwicy zastosowali domięśniową iniekcję butorfanolu, midazolamu i deksmedetomidyny. Po znieczuleniu rozpoczęto dożylnie podawanie propofolu oraz zaintubowano zwierzę w celu dozowania sewofluranu.

Zwiększa się również potrzeba dostosowywania schematów znieczuleń w zabiegach stomatologicznych u lwów wynikająca z rozwoju stomatologii weterynaryjnej i rosnących możliwości wykonywania tych zabiegów. Najczęściej interwencje są konieczne w przypadku złamań zębów oraz ran w obrębie jamy ustnej. W badaniu, które przeprowadzili Gomes Ferreira Alvesa i in. [2025] u lwa wymagającego zabiegu endodontycznego dolnego kła zastosowano domięśniową mieszaninę zolazepamu i ketaminy. Następnie po przetransportowaniu zwierzęcia do lecznicy dodano deksmedetomidynę, midazolam i metadon oraz dożylnie propofol. Po intubacji znieczulenie podtrzymywano za pomocą ciągłych wlewów propofolu, deksmedetomidyny, ketaminy i remifentanylu. Konieczne było również znieczulenie miejscowe – w celu blokady nerwu bródkowego zastosowano bupiwakainę. Cały schemat anestezjologiczny wymagał użycia wielu substancji na różnych etapach procedury. Podobne postępowanie opisano w badaniu Stegmanna i in. [2000], w którym pacjentem był lew z problemami stomatologicznymi. Do znieczulenia wykorzystano ksylazynę, ketaminę, zolazepam i tiletaminę, a po intubacji podtrzymywano je przy użyciu halotanu.

Znaczenie weterynaryjnej anestezjologii jest ogromne, ponieważ obejmuje nie tylko przygotowanie do zabiegów chirurgicznych, lecz także ułatwia szczegółową diagnostykę oraz pobieranie istotnych próbek. W badaniu Vesala i Naeini [2007] znieczulono pięć lwów w Iranie w celu przeprowadzenia kastracji, opatrzenia ran oraz diagnostyki radiologicznej.

Leczenie przeciwbólowe u dzikich kotowatych

Ważnym aspektem podczas wykonywania zabiegów medycznych u lwów jest stosowanie środków przeciwbólowych, czyli analgetyków. Terapia przeciwbólowa odgrywa kluczową rolę w dobrostanie zwierząt oraz w zapewnieniu bezpieczeństwa personelu w trakcie procedur poskramiania. W terapii przeciwbólowej wykorzystywane są różne grupy leków, przede wszystkim opioidy, niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) oraz środki znieczulające miejscowo.

Działanie opioidów polega na aktywacji określonych receptorów opioidowych w błonach komórkowych, naśladując efekty endogennych opioidów. Podczas laparoskopowej owariektomii u 10-letniego lwa wykorzystano środek należący do tej grupy leków – remifentanyl, który podano przy użyciu pomp infuzyjnych [Shin i in. 2024]. W czasie badań wykonywanych przez Donaldson i in. [2023a] zastosowano kolejny z opioidów – butorfanol. Miał on na celu zmniejszenie dawki pozostałych leków oraz redukcję ich działań niepożądanych przy jednoczesnym zwiększeniu poziomu analgezji. Ten sam lek zastosowano także w kombinacji BAM podczas badań Semjonova i in. [2017] ze względu na szczególną wrażliwość dużych kotowatych na jego działanie sedacyjne. Należy jednak pamiętać, że butorfanol działa krótkotrwale i jest stosowany głównie do kontroli bólu o niskiej intensywności. Wykazuje on silne działanie przeciwbólowe dla narządów wewnętrznych, natomiast słabą analgezję skóry czy mięśni [Miller i in. 2022].

NLPZ działają zarówno centralnie, jak i obwodowo. Ich główną funkcją jest hamowanie enzymów COX, które uczestniczą w metabolizmie kwasu arachidonowego [Miller i in. 2022]. Kwas acetylosalicylowy należy do niesteroidowych leków przeciwzapalnych, jednak trzeba zachować ostrożność podczas stosowania ich u dużych kotowatych, ponieważ nie metabolizują one glukuronidów i nie wydalają dobrze salicylanów. Bezpieczniejszym wyborem jest meloksykam, przy użytkowaniu którego nie odnotowano znacznych skutków ubocznych. Środki z tej grupy sprawdzają się szczególnie dobrze przy leczeniu przewlekłego bólu [Miller i in. 2022].

Stosowanie podczas zabiegów chirurgicznych analgetyków miejscowych jako uzupełnienia znieczulenia ogólnego pozwala na zmniejszenie dawek leków podtrzymujących, co równa się zwiększeniu bezpieczeństwa procedur anestetycznych. W badaniach Millera i in. [2022] opisano znieczulenie zewnątrzoponowe jako jedną z najczęściej stosowanych technik u dzikich kotowatych. Autorzy zwracają szczególną uwagę na skuteczność tej metody przy wykonywaniu zabiegów chirurgicznych na kończynach tylnych oraz w okolicy kroczu. Podanie leków odbywa się w pozycji bocznej. Leki, które najlepiej sprawdzały się u dużych kotowatych, to lidokaina 2%, morfina oraz kombinacja lidokainy i ketaminy.

Podsumowanie

Lwy jako gatunek wymagają naszej troski oraz pracy na rzecz ich dalszej przyszłości. Dzięki zaangażowaniu wielu lekarzy weterynarii i opracowywaniu różnych metod wykorzystywanych w anestezjologii tych kotowatych możemy zapewnić ochronę tego gatunku w bezpieczny dla obu stron sposób. Anestezjologia stanowi ważny aspekt w niemal wszystkich zabiegach, którym poddawane są te zwierzęta, dlatego istotne jest, by dalej zgłębiać zagadnienia jej dotyczące. Stosowanie nowych środków anestetycznych i ich mieszanek pozwala zapewnić lwom żyjącym zarówno w niewoli, jak i na wolności komfort i zdrowie. Należy szczególnie zwrócić uwagę na wpływ tych leków na układ krążenia oraz oddechowy, aby ograniczyć ryzyko śmiertelnych powikłań podczas zabiegów.

Bibliografia

- Chandrasekara-Iyer R., Kalaka R., Lakshmanan N., Kumar A., William J., Thirumurugan R., 2022. Cataract extraction by phacoemulsification procedure in a hybrid lion (*Panthera leo persica*): A case report. *Indian J. Vet. Surg.* 2022, 37, 169–173.
- Donaldson A.C., Fuller A., Meyer L.C.R., Buss P.E., 2023a. Chemical immobilisation of lions: weighing up drug effectiveness versus clinical effects. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 2023, 94, 544, <https://doi.org/10.36303/JSAVA.544>
- Donaldson A.C., Meyer L.C.R., Fuller A., Buss P.E., 2023b. Comparison of the cardiovascular effects of immobilization with three different drug combinations in free-ranging African lions. *Conserv. Physiol.* 2023, 11, coac077, <https://doi.org/10.1093/conphys/coac077>
- Donaldson A.C., Buss P.E., Fuller A., Meyer L.C.R., 2023c. Effects of three immobilizing drug combinations on ventilation, gas exchange and metabolism in free-living African lions (*Panthera leo*). *Conserv Physiol.* 2023, 11, coad059, <https://doi.org/10.1093/conphys/coad059>
- Ekrami B., Ghasemzadeh-Nava H., Baghbadorani M.K., Nosrati F., 2024. Conducting successful artificial insemination (AI) by laparotomy in African lion (*Panthera leo*). *BMC Vet Res.* 2025, 21, 446, <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04910-w>
- Fahlman A., Loveridge A., Wenham C., Foggin C., Arnemo J.M., Nyman G., 2005. Reversible anaesthesia of free-ranging lions (*Panthera leo*) in Zimbabwe. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 2005, 76(4), 187–192, <https://doi.org/10.4102/jsava.v76i4.424>
- Gomes Ferreira Alves F., Correia A.M., Ivanski Collere A.C., Welter Nascimento J., Bresciani J., Javorouski M.L., Ribas Lange R., Costa Solak T.F., Ramos Santos T., D’Otaviano de Castro Vilan R.G., 2025. Uso de anestesia multimodal em *Panthera leo* durante tratamento endodôntico: Relato de caso. *Pubvet.* 2025, 19(2), e1723, <https://doi.org/10.31533/pubvet.v19n02e1723>
- Jacquier M., Aarhaug P., Arnemo J.M., Bauer H., Enriquez B., 2006. Reversible immobilization of free-ranging african lions (*Panthera leo*) with medetomidine-tiletamine-zolazepam and atipamezole. *J. Wildl Dis.* 2006, 42(2), 432–436, <https://doi.org/10.7589/0090-3558-42.2.432>
- Khan S.A., Hassan M.M., Uddin M.B., Rahman Z.M.M., Yasin G., Epstein J.H., 2011. Caesarean of Lion (*Panthera leo*) at Dulahajra Safari Park, Bangladesh. *Open Vet. J.* 2011, 1(1), 10–12, <https://doi.org/10.5455/OVJ.2011.v1.i0.p10>
- Leclerc A., Decambron A., Commère C., Mulot B., Viateau V., Manassero M., 2018. Laparoscopic ovariectomy with a single-port multiple-access device in seven African lionesses (*Panthera leo*). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2018, 252(12), 1548–1554, <https://doi.org/10.2460/javma.252.12.1548>
- Lewis J.C.M., 2004. Field use of isoflurane and air anesthetic equipment in wildlife. *J. Zoo Wildl Med.* 2004, 35(3), 303–311, <https://doi.org/10.1638/03-072>

- Miller E.R., Lamberski N., Calle P. P., 2022. Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy. Vol. 10. Elsevier.
- Rabbani A.H., Khan Y.R., Naseer O., Hussain K., Ali A., Waheed A., Shahid M., Afzal H., 2021. Comparative efficacy of yohimbine and tolazoline for antagonism of ketamine-xylazine induced sedation in Captive Wild Felids. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 2021, 27(3), 291–299, <https://doi.org/10.9775/kvfd.2021.25124>
- Semjonov A., Andrianov V., Raath J.P., Orro T., Venter D., Laubscher L., Pfitzer S., 2017. Evaluation of BAM (butorphanol-azaperone-medetomidine) in captive African lion (*Panthera leo*) immobilization. *Vet. Anaesth. Analg.* 44(4), 883–888, <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2017.02.001>
- Shin D., Jeong Y., Yeon S., Lee I., Son W., 2024. Perioperative dobutamine infusion in an African lion (*Panthera leo*). *J. Vet. Med. Sci.* 2024, 86(8), 915–919, <https://doi.org/10.1292/jvms.23-0436>
- Stegmann G.F., Bester L., Venter L., 2000. Halothane anesthesia in an African lion. *S. Afr. J. Wildl Res.* 2000, 30, 93-95.
- Vesal N., Naeini A.T., 2007. Immobilization and anesthesia of African lion (*Panthera leo*) 5 cases. *Iran. J. Vet. Surg.* 2007, 2(3), 77–83.
- Wegner S., Buss P., Joubert J., Steenkamp J., Purvance S., Hatt J., 2010. Evaluation of butorphanol, medetomidine and midazolam as a reversible narcotic combination in free-ranging African lions (*Panthera leo*). *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 2010, 33, 561–567, <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2010.00569.x>

Omówienie zagrożeń środowiskowych związanych z przelowieniem na podstawie masowych połowów rekinów i płaszczyk

The overview of environmental threats connected to overfishing, on the example of mass bycatch of shark and rays

Charakterystyka wybranych antropogenicznych zagrożeń środowiskowych

Działalność człowieka od stuleci stopniowo niszczy naszą planetę. Szczególnie od czasów rewolucji przemysłowej przyszło nam się mierzyć z wysoką emisją gazów cieplarnianych, nadmiernym zużyciem wody i eksploatacją surowców naturalnych [Friskien 1971]. Możliwość znacznej intensyfikacji produkcji wszelkich dóbr niejako podniosła na nie popyt, udostępniając ludziom niedostępne dla nich dotychczas produkty. Można więc powiedzieć, że był to punkt zwrotny w historii ludzkości, który choć znacznie podniósł jakość życia, zwłaszcza w krajach wysoko rozwiniętych, nieustannie prowadzi do poważnej degradacji planety. Takie surowce, jak węgiel, gaz ziemny czy ropa naftowa, stały się podstawą naszej postindustrialnej cywilizacji, stale rośnie też zapotrzebowanie na aluminium, kadm, lit oraz inne metale wykorzystywane w produkcji urządzeń elektronicznych [Wanger 2011]. Rosnące tempo wydobywania surowców wpływa nie tylko na los mieszkańców krajów rozwijających się, które dysponują cennymi złożami, ale i na środowisko. Przejawem tego jest chociażby zanieczyszczenie metalami gleby i rosnących w niej warzyw, co szczególnie niekorzystnie przekłada się na zdrowie konsumującej je ludności [Li i in. 2014].

Innym ważnym, szeroko omawianym przykładem nadmiernej eksploatacji surowców jest deforestacja – proces wycinania drzew na masową skalę, w tempie większym niż takie, które pozwalałoby na naturalną regenerację ekosystemu. Sztandarowym przykładem wylesiania jest wyspa Borneo, której powierzchnia w latach 50. ubiegłego wieku aż w 80% pokryta była lasami tropikalnymi. W roku 2007 powierzchnię zalesioną szacowano na około 50%, a wskutek nieustannej wycinki drzew ten odsetek nadal maleje [Takahashi i in. 2017]. Jest to katastrofalne w skutkach szczególnie dla lokalnej populacji orangutanów *Pongo pygmaeus*, które tracą swoje naturalne siedliska. Zwierzęta te, klasyfikowane przez IUCN jako krytycznie zagrożone, mogą na zawsze zniknąć z naszej planety przez wycinanie i wypalanie lasów, często nielegalnie przeprowadzane na terenach objętych ochroną [Voigt i in. 2022, Curran i in. 2004].

Działalność człowieka skutkująca destrukcyjnymi zmianami w środowisku lądowym oraz znacznym pogorszeniem jakości powietrza jest omawiana przez popularne media oraz piętnowana. Z podobnym rozgłosem nie spotyka się systematyczne niszczenie ekosystemów wodnych – nadmierne połowy ryb i ssaków morskich, zanieczyszczenia

¹ Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Studenckie Koło Naukowe Ekologii Zwierząt, emilia.bialas@edu.uni.lodz.pl

wód czy wprowadzanie do zbiorników gatunków inwazyjnych. Świadomość takich zagrożeń najczęściej posiadają jedynie osoby szczególnie zainteresowane biologią środowisk wodnych, nie jest to powszechnie przekazywana wiedza [Eiswerth i in. 2011].

Poniższa praca skupia się na istotnym, jednak rzadko omawianym antropogenicznym czynniku – przełowieniu, które, jako efekt nadmiernej eksploatacji zasobów, prowadzi do ciągłej degradacji ekosystemów.

Czym jest przełowienie?

Według *Słownika języka polskiego* PWN [1996] przełowienie to nadmierny połów ryb w danym zbiorniku, prowadzący do zmniejszenia się konkretnej populacji. Jak ta definicja przekłada się na codzienne realia? W dobie szybkich, długodystansowych podróży oraz rozwoju technologicznego, który dał nam takie urządzenia, jak lodówki czy zamrażarki, długoterminowe przechowywanie żywności oraz transportowanie jej na dalekie odległości nie stanowi najmniejszego problemu. Dzięki temu mamy możliwość spożywania ryb nie tylko w nadmorskich okolicach czy w pobliżu zbiorników słodkowodnych, ale właściwie w każdym miejscu na świecie. Jest to oczywista zaleta dla kulinarnego zastosowania ichtiofauny, jednak stanowi zagrożenie dla populacji ryb. Od kiedy połowami zajmują się nie tylko rodzinne kutry, ale w znacznej większości przemysłowe floty, wyławiane są wielokrotnie większe ilości ryb [Perry i in. 2011]. Stała eksploatacja zasobów jezior, rzeki, mórz i oceanów prowadzi do postępującej degradacji ekosystemów wodnych, których stabilność jest kluczowa dla utrzymania warunków niezbędnych do podtrzymania życia na Ziemi.

Celem poniższej pracy jest opisanie i popularyzacja tego istotnego tematu. Przedstawiono w niej przykłady gatunków zwierząt morskich w największej mierze ulegających przełowieniu, ze szczególnym uwzględnieniem rekinów i płaszczyk jako kluczowego przykładu tego zjawiska. Omówiono najważniejsze zagrożenia ekosystemowe, jakie niesie za sobą przełowienie, oraz możliwe sposoby niwelowania ich konsekwencji.

Sztandarowy przykład problemu przełowienia

Przełowienie stało się znaczącym problemem w czasie ostatnich kilku dekad. Idealnie ilustrującym to zjawisko przykładem jest gwałtowny spadek biomasy połowów dorsza atlantyckiego (*Gadus morhua*). W latach 1950–1970 wielkość połowów dorsza na całym świecie oscylowała w granicach od 700 tysięcy do nawet dwóch milionów ton rocznie. W roku 1970, po dekadach intensywnych połowów, roczna wielkość połowów spadła do około 500 tysięcy ton i do roku 1990 utrzymywała się na podobnym lub niewiele większym poziomie. Wtedy to nastąpił najbardziej gwałtowny spadek wielkości połowów – do około 20 tysięcy ton. Od tego czasu wciąż obserwowane były podobne dane co do masy wyławianego dorsza, aż do roku 2008, w którym nastąpiła częściowa regeneracja populacji [Rose i Rowe 2015].

Sytuacja rekinów i płaszczyk

Rekiny i płaszczyki są jednymi z najbardziej zagrożonych ryb na świecie. Zgodnie z doniesieniami Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody (IUCN), aż 30% gatunków rekinów i płaszczyk będzie zagrożonych wyginięciem [Dulvy i in. 2021]. Niestety, szczególnie ocena zmian w populacjach ryb chrzęstnoszkieletowych jest trudna, jako że brakuje danych opisujących strukturę ich populacji w ubiegłych dziesięcioleciach. Większość aktualnych prognoz co do ich przyszłości oparta jest tylko na szacowaniach naukowców. Zdaniem Bradley's i Gainesa [2014] kluczowe jest więc stałe monitorowanie populacji tych zagrożonych gatunków i zbieranie danych, które mogłyby rzucić inne światło na dotychczas rozważane scenariusze. Dodatkowo czynnikiem, który niezmiernie utrudnia określenie liczby wylawianych co roku płaszczyk i rekinów, jest fakt, że padają one często ofiarą „przyłowów”. Oznacza to, że są one przypadkowo wylawiane podczas celowych połowów innych morskich zwierząt. Tak zwane „przyłow”, choć nie stanowią celu połowów, często giną w tym procesie, a ich liczebność nie jest przy tym odnotowywana [Dulvy i in. 2014]. Przypadkowe połowy płaszczyk i rekinów nie są jednak główną przyczyną ich zagrożenia. Ryby chrzęstnoszkieletowe nadal są atrakcyjnym towarem dla człowieka. Mimo nieszczególnych walorów smakowych i niewielkich wartości odżywczych, popularność azjatyckiej zupy z płetwy rekina nie maleje. Jest to danie pożądane wyłącznie ze względu na swoją wysoką cenę, która czyni ją symbolem statusu społecznego. Niestety znaczne ilości zwierząt giną dla podtrzymania tego niehumanitarnego, jednak wciąż społecznie akceptowanego zwyczaju [Jeffereys 2016]. Badania przeprowadzone na targach w Hong-Kongu, który jest zarówno największym importerem, jak i eksporterem rekinich płetw na świecie, wykazały, jakie gatunki rekinów najczęściej giną w celach konsumpcyjnych. Około 36% zbadanych próbek należało do żarłacza błękitnego (*Prionace glauca*), 19% do narażonego na wyginięcie żarłacza jedwabistego (*Carcharhinus falciformis*), około 4% do zagrożonego wyginięciem ostronosa atlantyckiego (*Isurus oxyrinchus*) oraz kolejne 4% do krytycznie zagrożonego głowomłota tropikalnego (*Sphyrna lewini*). Inne krytycznie zagrożone gatunki, które można znaleźć na tamtejszych targach, to między innymi żarłacz białopłetwy (*Carcharhinus longimanus*), głowomłot olbrzymi (*Sphyrna mokarran*) czy rodzina *Rhinidae* [Cardenosa i in. 2020].

W równie złej sytuacji znajdują się płaszczyki. Większe osobniki łowi się w celu pozyskania ich mięsa oraz oleju z wątroby. Płaszczyki są często spożywane w Indonezji. Są one sprzedawane po niskich cenach, co sprawia, że są dostępne dla lokalnej ludności. Z kolei dla turystów są orientalnym przysmakiem, którego chcą spróbować w podróży [Nawastuti i in. 2023]. Znacznie bardziej powszechny jest jednak połów drobniejszych osobników, które następnie sprzedawane są jako ryby akwariowe. Często są to płaszczyki słodkowodne – rodziny *Paratrygon*, *Heliotrygon*, *Plesiotrygon* oraz *Potamotrygon* [Yan i in. 2021, Lucifora i in. 2022]. Dla większości z nich brakuje danych, aby ustalić ich kategorię zagrożenia, jednak niektóre z odławianych na potrzeby akwaryстики płaszczyk posiada przypisane przez IUCN kategorie zagrożenia – *Potamotrygon tigrina* to gatunek zagrożony wyginięciem, a *Potamotrygon leopoldi* jest narażony na wyginięcie [Vazquez i Lucifora 2023, de Araújo i in. 2004].

Rola płaszczyk i rekinów w ekosystemie

Jakie jest właściwie znaczenie płaszczyk i rekinów w ekosystemie? Co możemy stracić, jeśli doszłoby do ich kompletnego przełowienia i wyginięcia, oprócz pozornie niewielkiej straty w bioróżnorodności? Płaszczyki pełnią znaczącą rolę w ekosystemie. Jako że są jednymi z najważniejszych drapieżników dolnych partii zbiorników, spełniają zadanie kontrolowania liczebności populacji zwierząt bentosowych. Dodatkowo, ze względu na charakterystyczny sposób poszukiwania pożywienia – przeczesywanie dna zbiornika – poruszają podłoże i opadłe na nie osady, dzięki czemu redystrybuują zalegające tam składniki odżywcze [Flowers i in. 2020].

Podobnie ważną funkcję pełnią w środowisku rekiny. Są one drapieżnikami szczytowymi, a więc to od nich zależy cała struktura populacji w danym środowisku. W przypadku krytycznego spadku liczebności rekinów niższe ogniwa łańcucha pokarmowego kolejno zwiększałyby swoją liczebność, co w konsekwencji mogłoby prowadzić do nadmiernej eksploatacji zasobów i destabilizacji ekosystemu [Dedman i in. 2024]. Destabilizacja środowiska morskiego może mieć katastrofalne w skutkach efekty, takie jak ograniczenie produkcji tlenu przez algi morskie [Understanding Global Change].

Możliwe rozwiązania problemu przełowienia

Oczywistym wydaje się, że najłatwiejszym sposobem walki z przełowieniem byłoby ograniczenie połowów. Niestety nie jest to takie proste, zwłaszcza w społeczeństwie, które w pierwszej kolejności dba o zyski. Istnieje jednak sposób, który jednocześnie chroni zagrożone zwierzęta oraz generuje przychody – komercyjne atrakcje w okolicy terenów objętych ochroną. Jedną z takich inicjatyw jest możliwość nurkowania w towarzystwie rekinów, oczywiście za odpowiednią opłatą. Szacowane zyski z takiej „ekoturystyki” na portugalskich Azorach wynosiły niemal 2 miliony euro w 2014 r. [Torres i in. 2017]. Takie dochody mogłyby wystarczyć na pokrycie kosztów zapewnienia odpowiedniej ochrony zagrożonym gatunkom oraz utrzymania infrastruktury, która przyciągałaby kolejnych poszukujących przygód turystów. W ten sposób można byłoby zastąpić turystyczne rejsy mające na celu amatorskie poławianie ogromnych osobników ryb lub ciekawych egzotycznych gatunków, które również negatywnie wpływają na populacje ichtiofauny. Miłośników takich atrakcji jak nurkowanie z rekinami można znaleźć nawet wśród polskich podróżników. W wywiadzie z Justyną Szumacher – podróżniczką, która wielokrotnie pływała z morskimi drapieżnikami – możemy przeczytać o wartościach, jakie taka przygoda może wnieść do ludzkiego życia. Pozornie banalna atrakcja pomaga ludziom prawdziwie docenić piękno dzikiej przyrody i nauczyć się szacunku oraz podziwu dla zwierząt [Szumacher i Tymieniecka-Suchanek 2024].

Warto byłoby również uświadomić ludziom, jak ważne dla człowieka funkcje pełnią w morskich ekosystemach ryby. Niewiele mówi się o tym, że stanowią one niezwykle ważny wskaźnik w badaniach monitoringowych mających na celu określenie stanu środowiska morskiego. Na podstawie zmieniających się stosunków w populacjach różnych gatunków zamieszkujących jeden zbiornik można wiele dowiedzieć się o zmianie jakości wody, która ma bezpośredni wpływ na panujące w niej warunki do życia [Cieśla i Śliwiński 2011]. Niestety poważne skażenia wód można dostrzec w pierwszej kolejności przez masowo umierające w nich ryby i inne wodne zwierzęta.

Wszystkie możliwe rozwiązania problemu przełowienia zaczynają się od zwiększenia świadomości społecznej. Niestety, nie wszyscy wierzą naukowcom, a część ludzkości zaczyna zauważać postępujące zmiany klimatyczne dopiero wtedy, gdy samodzielnie doświadczy ich katastrofalnych skutków [Sloggy i in. 2021]. Należy więc budować w społeczeństwie zaufanie do nauki i informacji przekazywanych przez naukowców. Najłatwiej takie przyzwyczajenia byłoby wpajać młodym ludziom. Tematy związane z ekologią są jednak w szkołach traktowane „po macoszemu” – nie są istotną częścią egzaminów maturalnych, a więc nie kładzie się nacisku na gruntowne ich przyswojenie. Lekcje o tematyce związanej z ochroną przyrody zostawia się na koniec roku szkolnego, kiedy frekwencja przed wakacjami spada, a gorące temperatury utrudniają skupienie na lekcjach. Teoretycznie przekazuje się uczniom wartości i kształtuje postawy szacunku wobec przyrody, jednak żeby spełniać swoją funkcję, takie lekcje musiałyby zawierać tematy interdyscyplinarne, opierać się na współpracy z organizacjami zajmującymi się ochroną środowiska i zawierać aspekt praktyczny [Hołbił 2010]. Tego jednak wciąż brakuje w edukacji.

Podsumowanie

Przełowienie to problem, który już niedługo może poważnie zagrażać naszej planecie. Masowe połowy ryb, często niepodlegające odpowiednim kontrolom, dziesiątkują populacje morskich zwierząt i mogą w efekcie doprowadzić do znacznych ubytków w bioróżnorodności. Ludzie odpowiedzialni za przełowienia, kierując się w znacznej mierze pobudkami finansowymi, mogą nie być świadomi szkód, jakie ich działania powodują w środowisku. Widać to między innymi na azjatyckich targach, gdzie można kupić płetwy krytycznie zagrożonych gatunków rekinów. Takie nieprawidłowości dałoby się chociaż częściowo zniwelować, podnosząc świadomość społeczną. Należałoby także rozważyć popularyzację alternatyw dla szkodliwych dla środowiska atrakcji – takich jak pływanie z rekinami, zamiast poławiania ich dla rozrywki. Takie działania mogłyby podtrzymać stabilność ekonomiczną lokalnych przedsiębiorców, jednocześnie łagodząc negatywne aspekty turystyki. Ważne jest również przekazywanie wiedzy ekologicznej młodym ludziom, których moralne postawy można jeszcze łatwo ukształtować.

Bibliografia

- Bradley D., Gaines S.D., 2014. Counting the cost of overfishing on sharks and rays. *eLife* 3, e02199, <https://doi.org/10.7554/eLife.02199>
- Cardenosa D., Fields A.T., Babcock E.A., Shea S.K.H., Feldheim K.A., Chapman D.D., 2020. Species composition of the largest shark fin retail-market in mainland China. *Sci. Rep.* 10(1), 12914, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69555-1>
- Cieśla M., Śliwiński J., 2011. Od rybołówstwa do salonu piękności, czyli o roli ryb jako zwierząt towarzyszących człowiekowi. *Prz. Hod.* 11, 18–21.
- Curran L.M., Trigg S.N., McDonald Pittman A., Astiani D., Hardiono M., Siregar P., Caniago I., Kasischke E., 2004. Lowland Forest Loss in Protected Areas of Indonesian Borneo. *Science* 303(5660), 1000–1003, <https://doi.org/10.1126/science.1091714>
- de Araújo M.L.G., Charvet-Almeida P., Almeida M.P., Pereira H., 2004. Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges. *Cites Org. Doc.* AC 20, 1–6.

- Dedman S., Moxley J.H., Papastamatiou Y.P., Braccini M., Caselle J.E., Chapman D.D., Cinner J.E., Dillon E.M., Dulvy N.K., Dunn R.E., Espinoza M., Harborne A.R., Harvey E.S., Heupel M.R., Hauveneers C., Graham N.A.J., Ketchum J.T., Klinard N.V., Kock A.A., Lowe C.G., MacNeil M.A., Madin E.M.P., McCauley D.J., Meekan M.G., Meier A.C., Simpfendorfer C.A., Tinker M.T., Winton M., Wirsing A.J., Heithaus M.R., 2024. Ecological roles and importance of sharks in the Anthropocene Ocean. *Science* 385(6708), adl2362, <https://doi.org/10.1126/science.adl2362>
- Doroszewski W., 1996. Słownik języka polskiego. PWN, Warszawa.
- Dulvy N.K., Fowler S.L., Musick J.A., Cavanagh R.D., Kune P.M., Harrison L.R., Carlson J.K., Davidson L.N.K., Fordham S.V., Francis M.P., Pollock C.M., Simpfendorfer C.A., Burgess G.H., Carpenter K.E., Compagno L.J.V., Ebert D.A., Gibson C., Heupel M.R., Livingstone S.R., Sanciangco J.C., Stevens J.D., Valenti S., White W.T., 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife* 3, e00590, <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>
- Dulvy N.K., Pacoureau N., Rigby C.L., Pollom R.A., Jabado R.W., Ebert D.A., Finucii B., Pollock C.M., Cheok J., Derric D.H., Herman K.B., Sherman C.S., VanderWright W.J., Lawson J.M., Walls R.H.L., Carlson J.K., Charvet P., Bineesh K.K., Fernando D., Ralph G.M., Matsushiba J.H., Hilton-Taylor C., Fordham S.V., Simpfendorfer C.A., 2021. Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. *Curr. Biol.* 31(21), 4773–4787, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.062>
- Eiswerth M.E., Yen S.T., van Kooten G.C., 2011. Factors determining awareness and knowledge of aquatic invasive species. *Ecol. Econ.* 70(9), 1672–1679, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.012>
- Flowers K.I., Heithaus M.R., Papastamatiou Y.P., 2020. Buried in the sand: Uncovering the ecological roles and importance of rays. *Fish Fish.* 22(1), 105–127, <https://doi.org/10.1111/faf.12508>
- Frissen W.R., 1971. Extended industrial revolution and climate change. *Eos. Trans. AGU.* 52(7), 500–508, <https://doi.org/10.1029/EO052i007p00500>
- Hołbił A., 2010. Edukacja ekologiczna w praktyce szkolnej. *Rocz. Ochr. Sr.* 12, 277–298.
- Jeffereys E., 2016. Translocal celebrity activism: shark-protection campaigns in mainland China. *Environ. Commun.* 10(6), 763–776, <https://doi.org/10.1080/17524032.2016.1198822>
- Li Y., Wang H., Wang H., Yin F., Yang X., Hu Y., 2014. Heavy metal pollution in vegetables grown in the vicinity of a multi-metal mining area in Gejiu, China: total concentrations, speciation analysis, and health risk. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 21(21), 12569–12582, <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3188-x>
- Lucifora L.O., Scarabotti P.A., Barbini S.A., 2022. Predicting and contextualizing sensitivity to overfishing in Neotropical freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Rev. Fish Biol. Fish.* 32, 669–686, <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09696-2>
- Nawastuti D., Darwanto D.H., Mulyo J.H., Suadi, 2023. Consumer perceptions of stingrays in coastal areas of Indonesia. *Biodiversitas* 24(12), 6844–6851, <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241245>
- Perry R.I., Ommer R.E., Barange M., Jentoft S., Neis B., Sumalia U.R., 2011. Marine social-ecological responses to environmental change and the impacts of globalization. *Fish Fisher.* 12(4), 427–450, <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2010.00402.x>
- Rose G.A., Rowe S., 2015. Northern cod comeback. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 72(12), 1789–1798, <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0346>
- Sloggy M.R., Suter J.F., Rad M.R., Manning D.T., Goemans C., 2021. Changing opinions on a changing climate: the effects of natural disasters on public perceptions of climate change. *Clim. Change* 168, 25, <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03242-6>
- Szumacher J., Tymieniecka-Suchanek J., 2024. Nie taki rekin straszny, jak go malują... Wywiad z Justyną Szumacher – polską podróżniczką i miłośniczką nurkowania z rekinami. *Zoophilologia* 2(14), 1–14, <https://doi.org/10.31261/ZOOPHILOLOGICA.2024.14.01>

- Takahashi A., Kumagai T., Kanamori H., Fujinami H., Hiyama T., Hara M., 2017. Impact of Tropical Deforestation and Forest Degradation on Precipitation over Borneo Island. *J. Hydrometeor.* 18(11), 2907–2922, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0008.1>
- Torres P., Bolh  o N., da Cunha R.T., Vieira J.A.C., dos Santos Rodriguez A., 2017. Dead or alive: The growing importance of shark diving in the Mid-Atlantic region. *J. Nat. Conserv.* 36, 20–28, <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.01.005>
- Understanding Global Change. Oxygen levels, <https://ugc.berkeley.edu/background-content/oxygen-levels/> [dostęp: 02.04.2025].
- Vazquez D.M., Lucifora L.O., 2023. Estimating intrinsic susceptibility to extinction when little ecological information is available: The case of Neotropical freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygoninae). *Fish Fish.* 24, 1084–1102, <https://doi.org/10.1111/faf.12786>
- Voigt M., K  hl H.S., Ancrenaz M., Gaveau D., Meijaard E., Santika T., Sherman J., Wich S.A., Wolf F., Struebig M.J., Pereira H.M., Rosa I.M.D., 2022. Deforestation projections imply range-wide population decline for critically endangered Bornean orangutan. *Perspect. Ecol. Conserv.* 20(3), 240–298, <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2022.06.001>
- Wanger T.C., 2011. The lithium future – resources, recycling and the environment. *Conserv. Lett.* 4(3), 202–206, <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00166.x>
- Yan H.F., Kyne P.M., Jabado R.W., Leeney R.H., Davidson L.N.K., Derrick D.H., Finucci B., Freckleton R.P., Fordham S.V., Dulvy N.K., 2021. Overfishing and habitat loss drive range contraction of iconic marine fishes to near extinction. *Sci. Adv.* 7(7), <https://doi.org/10.1126/sciadv.abb6026>

Zapylenie powietrza w pracach remontowo-budowlanych

Air dust in renovation and construction works

Wstęp

Sektor remontowo-budowlany należy do działów gospodarki o szczególnie wysokim ryzyku zawodowym. Zarówno w Polsce, jak i w całej Europie, od lat odnotowuje się w tej branży jedne z najwyższych wskaźników dotyczących wypadków przy pracy oraz chorób zawodowych. Taka sytuacja wynika przede wszystkim z bardzo złożonego charakteru pracy w tej branży oraz występujących licznych zagrożeń, stwierdzanych na placach budowy i w miejscach wykonywanych remontów czy konserwacji. Długotrwała ekspozycja na wiele czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych, może negatywnie wpływać na zdrowie i bezpieczeństwo pracowników. Pośpiech, hałas, podnośzenie ciężkich przedmiotów, wymuszona pozycja pracy, przemęczenie, kontakt z substancjami chemicznymi, organicznymi to zagrożenia, które zwiększają ryzyko poważnych wypadków, często prowadzących do wystąpienia stanów chorobowych narządu ruchu, trwałego kalectwa lub nawet śmierci [Wieczorek 2011].

W prawie budowlanym remont zdefiniowano jako *wykonywanie w istniejącym obiekcie budowlanym robót budowlanych polegających na odtworzeniu stanu pierwotnego, a niestanowiących bieżącej konserwacji, przy czym dopuszcza się stosowanie wyrobów budowlanych innych niż użyto w stanie pierwotnym*. Przykładem remontu jest np. odrestaurowanie elewacji budynku. Remontu nie będą stanowić prace mające na celu utrzymanie obiektu budowlanego w dobrym stanie techniczno-użytkowym, jak np. malowanie ścian, wymiana płytek. Wszystkie wyżej wymienione roboty należy zakwalifikować jako konserwację [Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414].

Jednym z najbardziej powszechnych i istotnych czynników szkodliwych w tym środowisku pracy jest zapylenie. Zarówno skład biologiczny, jak i chemiczny oraz wielkość drobin pyłów unoszących się w trakcie pracy może mieć negatywny wpływ na zdrowie pracowników. Pył tworzą różnej wielkości cząstki ciał stałych, które przez pewien czas unoszą się w powietrzu. Norma PN-ISO 4225:1999 mówi, że pył to zawiesina cząstek stałych, ciekłych lub ich mieszaniny w fazie gazowej, charakteryzująca się pomijalną prędkością opadania. W skład pyłu wchodzi zarówno substancje organiczne, jak i nieorganiczne, które mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia osób przebywających

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Studenckie Koło Naukowe Zagrożeń Zawodowych i Środowiskowych, martynacenia@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska

w zapylonym środowisku pracy [Czekaj 2011]. Elementy składowe pyłu wynikają bezpośrednio z rodzaju wykorzystywanych materiałów budowlanych, a także ze stosowanych technologii oraz używanych narzędzi w trakcie realizacji prac budowlanych. W pyłach w budownictwie można znaleźć substancje szczególnie niebezpieczne dla zdrowia, takie jak krzemionka, cement, beton, gips, azbest, drewno oraz włókna mineralne pochodzenia syntetycznego. Pyły unoszące się w powietrzu mogą przedostawać się do organizmu człowieka zarówno przez układ oddechowy, jak i pokarmowy.

W zależności od rodzaju i składu chemicznego, pyły mogą wykazywać działanie drażniące, alergizujące, zwłókniające, a nawet kancerogenne [Czekaj 2011, Adams i in. 2015, Kopiec i in. 2021]. To czyni je istotnym zagrożeniem dla zdrowia w środowisku pracy [Szadkowska-Stańczyk i in. 2006]. Podział pyłów oparty na ich zdolności do wnikiwania do organizmu pozwala wyróżnić kilka frakcji. Wśród nich wymieniana jest pył wdychalny, respirabilny oraz inhalabilny. Pył wdychalny obejmuje wszystkie cząsteczki o różnych wielkościach zawieszone w powietrzu. Cząstki pyłu, które są wdychane, dzielimy na frakcję pozachawiczną (cząstki, które zatrzymują się w krtani) oraz tchawiczną (cząstki docierające do tchawicy). Dalszy podział obejmuje frakcję tchawiczno-oskrzelową, w której cząstki przechodzą przez krtani, ale nie docierają do pęcherzyków płucnych. Pył inhalabilny to cząstki, które mają średnicę mniejszą niż 10 µm. Najbardziej niebezpieczny jest pył respirabilny, którego cząstki są na tyle małe, że może docierać do pęcherzyków płucnych. Ze względu na działanie pyłów na płuca, wyróżnia się pyły zwłókniające, które powodują uszkodzenia pęcherzyków płucnych i prowadzą do rozwoju pylic, oraz pyły niezwołkniające, które również powodują łagodne w przebiegu choroby płuc [Czekaj 2011, Adams i in. 2015]. Wśród grup zawodowych najbardziej narażonych na występowanie zapylenia w środowisku pracy oraz przekroczenie obowiązujących norm wymienić należy malarzy, murarzy, pracowników remontowo-budowlanych, spawaczy, górników, rolników itd. [Szadkowska-Stańczyk i Bujak-Pietrek 2009].

W przypadku tych grup zawodowych niejednokrotnie stwierdzane są choroby zawodowe płuc. *Za chorobę zawodową uważa się chorobę, wymienioną w wykazie chorób zawodowych, jeżeli w wyniku oceny warunków pracy można stwierdzić bezspornie lub z wysokim prawdopodobieństwem, że została ona spowodowana działaniem czynników szkodliwych dla zdrowia występujących w środowisku pracy albo w związku ze sposobem wykonywania pracy, zwanych „narażeniem zawodowym”* [Dz.U. 1974 nr 24 poz. 141 ze zm.].

Rozpoznanie choroby zawodowej u pracownika lub byłego pracownika może nastąpić w okresie jego zatrudnienia w narażeniu zawodowym albo po zakończeniu pracy w takim narażeniu, pod warunkiem wystąpienia udokumentowanych objawów chorobowych w okresie ustalonym w wykazie chorób zawodowych. Pracownikowi, który uległ wypadkowi przy pracy lub zachorował na chorobę zawodową określoną w wykazie, przysługują świadczenia z ubezpieczenia społecznego [Dz.U. 1974 nr 24 poz. 141 ze zm.].

W 2023 r. pylice płuc były drugą pod względem zgłaszanych chorób. Najczęściej występowały pylice górników kopalń węgla, które stanowiły 316 przypadków (54,7% tej grupy). Na drugim miejscu znalazła się pylica azbestowa z 195 przypadkami (33,7%), a następnie pylica krzemowa, odnotowana w 54 przypadkach (9,3%) [Dz.U. 2022 poz. 1836, Świątkowska i Hanke 2024].

Zgodnie z *Kodeksem pracy* pracodawca ma kluczowe obowiązki w zakresie ochrony zdrowia pracowników, szczególnie w kontekście ryzyka zawodowego i chorób zawodowych. Przede wszystkim jest zobowiązany informować pracowników o potencjalnych zagrożeniach związanych z wykonywaną pracą oraz o zasadach ochrony przed

nimi. Jeśli u pracownika pojawią się objawy sugerujące rozwój choroby zawodowej, pracodawca musi zapewnić mu pracę, która nie naraża go na dalszy kontakt z czynnikiem wywołującym te objawy. W przypadku stwierdzenia choroby zawodowej pracodawca powinien we współpracy z odpowiednim inspektorem sanitarnym ustalić przyczyny jej powstania, charakter i skalę zagrożenia oraz podjąć niezwłoczne działania eliminujące czynniki ryzyka. Ponadto pracodawca ma obowiązek wdrożyć zalecenia lekarskie i zastosować środki zapobiegawcze, a także prowadzić rejestr przypadków rozpoznanych chorób zawodowych i podejrzeń ich wystąpienia. Te działania mają na celu ochronę zdrowia pracowników oraz minimalizowanie ryzyka zapadalności na chorobę zawodową [Dz.U. 1974 nr 24 poz. 141 ze zm.].

Kluczowym elementem ochrony zdrowia pracowników są działania prewencyjne i profilaktyczne, mające na celu przede wszystkim przeciwdziałanie przypadkom pylicy krzemowej, pylicy azbestowej oraz zmianom nowotworowym. Pierwszy etap zapobiegania to wykonywanie badań lekarskich wstępnych i okresowych, które pozwalają sprawdzić stan zdrowia przyszłego lub zatrudnionego pracownika. Nie jest wskazane, aby zatrudniać osoby z chorobami wrodzonymi lub nabytymi zmianami układu oddechowego i układu krążenia, gdzie ryzyko wystąpienia zapylenia jest wysokie. W przypadku narażenia na pył azbestowy szczególną uwagę należy zwrócić na nawyk palenia papierosów u pracownika. Palenie znacząco podnosi ryzyko rozwoju pylicy azbestowej. Opracowano różne sposoby na ograniczenie oddziaływania lub eliminację pyłu ze środowiska pracy. Można wyróżnić środki ochrony zbiorowej oraz indywidualnej [Ignac-Nowicka 2013]. Środki ochrony zbiorowej (ŚOZ) to rozwiązania, które chronią grupę ludzi przed zagrożeniami w miejscu pracy (wyciągi, filtry). Środki ochrony indywidualnej (ŚOI) to różne metody ochrony osobistej pracownika, sprzęt filtrujący, taki jak maski gazowe (z filtrami, które pochłaniają toksyczne substancje i pyły), oraz sprzęt izolujący, w tym aparaty tlenowe z doprowadzeniem powietrza (np. z butli) i kombinezony hermetyczne. Środki ochrony indywidualnej powinny być używane, gdy nie można uniknąć zagrożeń lub nie można ich wystarczająco ograniczyć za pomocą środków ochrony zbiorowej, lub innych środków (np. automatyzację procesów) [Dz.U. 1997 nr 129 poz. 844]. Używanie środków ochrony osobistej wiąże się z dodatkowymi obciążeniami pracownika, takimi jak zwiększony wysiłek energetyczny. Może to prowadzić do zmniejszenia koncentracji, wywoływać dyskomfort i pewne ograniczenia, co w rezultacie prowadzi do większego zmęczenia, obniżenia wydajności oraz może doprowadzić do sytuacji potencjalnie wypadkowych lub wypadku. Należy zatem dołożyć wszelkich starań, aby sprzęt ochrony osobistej był stosowany tylko w wyjątkowych przypadkach, w sytuacjach gdy użycie kosztownych i skomplikowanych systemów wentylacyjnych jest niepraktyczne i nieopłacalne.

Wentylacja to proces usuwania zanieczyszczonego powietrza z pomieszczeń i dostarczanie w jego miejsce świeżego strumienia. Jej głównym celem jest poprawa jakości powietrza poprzez zwiększenie ilości tlenu, regulację temperatury, wilgotności oraz zapewnienie odpowiedniego przepływu powietrza, a przede wszystkim wpływa na redukcję stężenia zanieczyszczeń. Wentylacja działa na dwóch płaszczyznach: higienicznej, zapewniając ochronę zdrowia pracowników, oraz technologicznej, umożliwiając utrzymanie odpowiednich warunków dla procesu produkcji. Wentylacja miejscowa polega na wychwytywaniu pyłów bezpośrednio przy ich źródle i usuwaniu zanieczyszczonego powietrza na zewnątrz, zapobiegając ich rozprzestrzenianiu się po całym pomieszczeniu. Ma na celu usunięcie zanieczyszczeń powietrza wokół stanowiska roboczego pochodzących z określonych źródeł, takich jak opary i dymy z warsztatu spawalniczego czy pyły gene-

rowane podczas cięcia lub szlifowania. Z kolei wentylacja ogólna stosowana jest w przypadku, gdy zanieczyszczenia rozprzestrzeniają się równomiernie w całym pomieszczeniu (np. w magazynach z substancjami emitującymi gazy lub trujące pary) i nie ma możliwości ich lokalizacji lub uchwycenia w jednym miejscu. Instalacjami odpowiedzialnymi za jakość i wymianę powietrza we wspomnianych rozwiązaniach są dostosowane systemy oczyszczające wyposażone w odpowiednie filtry [Ignac-Nowicka 2013, Małecki i in. 2012].

Celem pracy była ocena środowiska pracy pracowników remontowo-budowlanych podczas 5-miesięcznych robót, ze szczególnym uwzględnieniem poziomu zapylenia powietrza. Badania skoncentrowano na monitorowaniu stężenia pyłów w powietrzu, aby ocenić potencjalne zagrożenia zdrowotne w trakcie wykonywania tych prac.

Material i metody

Badania zapylenia powietrza przeprowadzono na przestrzeni trwającego 5-miesięcznego remontu w budynku użyteczności publicznej. Do badania koncentracji pyłu w powietrzu wykorzystano pyłomierz DustTrak™ DRX Aerosol Monitor 8534 (ryc. 1). Zastosowanie tego miernika pozwoliło na pomiar stężenia pyłu z podziałem na frakcje PM1, PM2.5, PM10, pył respirabilny oraz pył całkowity, tzw. frakcję wdychalną. Badania były prowadzone podczas typowych dni pracy w ciągu 5 miesięcy prac. Wykonywano po 3 pomiary dziennie (obejmując 75% czasu pracy) przez średnio 20 dni w miesiącu, co dało 60 pomiarów w miesiącu, które zostały uśrednione w tabeli 1. Narzędzie pomiarowe posiadało aktualne dopuszczenie do pomiarów i jest kalibrowane zgodnie z zaleceniami producenta. Pracownicy nie posiadali ochron układu oddechowego przy wykonywanych czynnościach.



Ryc. 1. Pyłomierz DustTrak™ DRX Aerosol Monitor 8534 (fot. M. Cenian)

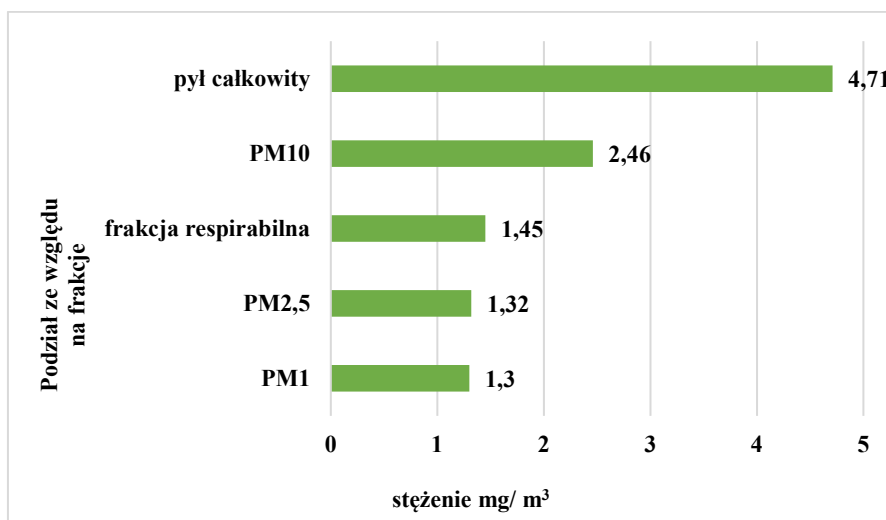
Wyniki badań

Pracownicy firmy remontowo-budowlanej realizowali usługę remontu budynku. Ich zadaniem była wymiana płytek na powierzchni podłogi, wygładzenie i pomalowanie ścian, naprawa i wykonanie nowych instalacji elektrycznych w ścianach. Tym zadaniom towarzyszyły następujące czynności: skuwanie i cięcie płytek, skuwanie starych ścian i pokrywanie ich nowym tynkiem oraz wygładzenie, wykuwanie nowych otworów w ścianach. Pomiary były wykonywane dla stanowiska pracy, bez podziału na konkretne czynności. Warunki atmosferyczne wynosiły średnio 24°C i 48% RH. Wykonywanym czynnościom towarzyszyło widoczne zapylenie powietrza. Wyniki z prowadzonych pomiarów pyłu z podziałem na frakcje w trakcie 8-godzinnej zmiany roboczej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki pomiarów stężeń pyłów

Nr pomiaru	Wartości mierzone z podziałem na frakcje	Wyniki (mg/m ³)
1	PM1	1,83
	PM2,5	1,84
	Respirabilny	1,90
	PM10	2,53
	Pył całkowity	6,97
2	PM1	0,61
	PM2,5	0,62
	Respirabilny	0,66
	PM10	1,18
	Pył całkowity	2,49
3	PM1	1,13
	PM2,5	1,14
	Respirabilny	1,15
	PM10	1,17
	Pył całkowity	1,24
4	PM1	2,51
	PM2,5	2,60
	Respirabilny	3,13
	PM10	6,79
	Pył całkowity	12,1
5	PM1	0,41
	PM2,5	0,42
	Respirabilny	0,45
	PM10	0,65
	Pył całkowity	0,80

Uzyskane wartości zostały porównane z obowiązującą normą zawartą w rozporządzeniu w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [Dz.U. 2018 poz. 1286 ze zm.]. Dla pyłów nieklasyfikowanych ze względu na toksyczność wynosi ona 10 mg/m^3 dla frakcji wdychalnej. Z analizy uzyskanych wyników wynika, że stężenie pyłu całkowitego w trakcie 4. pomiaru ($12,1 \text{ mg/m}^3$) przekroczyło wartość graniczną NDS (najwyższe dopuszczalne stężenie). W tym samym pomiarze stężenia pyłu respirabilnego i PM10 wynosiły odpowiednio $6,79 \text{ mg/m}^3$ i $3,13 \text{ mg/m}^3$, co wskazuje na zwiększone zapylenie powietrza. Dla pozostałych pomiarów stężenia pyłu całkowitego utrzymywały się poniżej normy, osiągając wartości od $0,8 \text{ mg/m}^3$ (pomiar nr 5) do $6,97 \text{ mg/m}^3$ (pomiar nr 1). Wartości dla frakcji drobnych, takich jak PM1 i PM2,5, wynosiły odpowiednio od $0,41 \text{ mg/m}^3$ do $2,51 \text{ mg/m}^3$ oraz od $0,42 \text{ mg/m}^3$ do $2,6 \text{ mg/m}^3$, co nie stanowiło zagrożenia w świetle obowiązujących norm. Najniższe wartości PM1 i PM2,5 odnotowano podczas pomiaru 5, a najwyższe podczas pomiaru 4. Wcześniej wspomniane przekroczenia wskazują na potencjalne zagrożenie zdrowia pracowników w danych warunkach pracy. Średnie stężenie pyłu dla frakcji PM1 wynosiło $1,30 \text{ mg/m}^3$, PM 2,5– $1,32 \text{ mg/m}^3$, dla frakcji respirabilnej $1,45 \text{ mg/m}^3$, PM10 – $2,46 \text{ mg/m}^3$, a średnia pyłu całkowitego wyniosła $4,71 \text{ mg/m}^3$. Warunki środowiska pracy pracowników remontowo-budowlanych często zmieniają się wraz z nową lokalizacją i nowym charakterem zleconych prac. Zatrudnieni nie mają stałego miejsca pracy, które można łatwo modyfikować i dostosowywać do obowiązujących norm.



Ryc. 2. Średnie stężenia pyłów podczas wykonywanych prac

Podsumowanie

Przeprowadzone badania koncentracji pyłu w trakcie wykonywanych prac remontowo-budowlanych umożliwiły ocenę warunków panujących w tym środowisku pracy.

Średnie wartości pyłów dla poszczególnych frakcji wynosiły: dla PM₁ – 1,30 mg/m³, dla PM_{2,5} – 1,32 mg/m³, pył respirabilny – 1,45 mg/m³ oraz dla PM₁₀ – 2,46 mg/m³. Użyte wartości były znacznie poniżej normy, jednak mogą wpływać negatywnie na zdrowie pracownika zwłaszcza przy długotrwałym narażeniu. Przekroczenie wartości dopuszczalnej NDS w pomiarze 4 wskazuje na naruszenie bezpiecznych granic ustalonych w celu ochrony zdrowia pracownika. Praca w zmieniających się warunkach i lokalizacjach, charakterystyczna dla branży remontowo-budowlanej, utrudnia stałe monitorowanie oraz optymalizację warunków środowiska pracy.

Wyniki badań wskazują na potrzebę regularnej kontroli zapylenia, zwłaszcza podczas prac generujących wysokie stężenia pyłów. Wprowadzenie dodatkowych działań prewencyjnych może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa i komfortu pracy. Stosowanie środków ochrony zbiorowej tj. instalacje i urządzenia wentylacji mechanicznej miejscowej, pochłaniacze miejscowe pyłów, zmiana metod pracy (np. gładzenie ścian na mokro) z pewnością przyczynią się do obniżenia stężenia pyłów w powietrzu oraz poprawy warunków pracy.

Bibliografia

- Adams K., Greenbaum D.S., Shaikh R., van Erp A.M., Russell A.G., 2015. Particulate matter components, sources, and health. Systematic approaches to testing effects. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 65(5), 544–558, <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.1001884>
- Czekaj A., 2011. Identyfikacja czynników występujących w środowisku pracy będących przyczyną powstawania pylic wraz z określeniem ich wpływu na wystąpienie choroby zawodowej oraz przedstawienie działań prewencyjnych w tym zakresie. *ZUS, Będzin*, 22–28.
- Ignac-Nowicka J., 2013. Ocena zagrożenia bezpieczeństwa pracy na stanowiskach zagrożonych pyłem przemysłowym oraz środki techniczne w profilaktyce. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji. STE Group. Warszawa*, 120–134.
- Kopiec D., Kuzioła K., Nowakowicz-Dębek B., 2021. Identyfikacja zagrożeń i ich analiza w środowisku pracy piekarza. Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska. *Wydawnictwo UP w Lublinie*, 55–65.
- Małecki Z.J., Małecka I., Moga M., 2012. Środki techniczne ochrony zbiorowej ograniczające skutki zapylenia. *Zesz. Nauk. Inż. Łąd. Wod. Kształt. Środ.* 5–6, 47–53.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. 1997 nr 129 poz. 844 t.j.).
- Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018 poz. 1286 ze zm.).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2009 r. w sprawie chorób zawodowych (Dz.U. 2009 poz. 1836 t.j.).
- Szadkowska-Stańczyk I., Bujak-Pietrek S., 2009. Ocena narażenia na pyły pracowników budownictwa w Polsce w latach 2001–2005. *Med. Pr.* 2009, 60(4), 247–257.
- Szadkowska-Stańczyk I., Stroszejn-Mrowca G., Mikołajczyk U., Maciejewska A., 2006. Ocena narażenia pracowników budowlanych na pył zawierający wolną krystaliczną krzemionkę (WKK). *Med. Pr.* 57(5), 405–413.
- Świątkowska B., Hanke W., 2024. Choroby zawodowe w Polsce w 2023 roku. *Instytut Medycyny Pracy. Centralny Rejestr Chorób Zawodowych, Łódź*.
- Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz.U. 1974 nr 24 poz. 141 ze zm.).
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414 ze zm.).
- Wieczorek Z., 2011. Budownictwo. Wymagania bezpieczeństwa pracy. Państwowa Inspekcja Pracy. Główny Inspektorat Pracy Departament Prewencji i Promocji, Warszawa.

Zając europejski (*Lepus europaeus*) jako bioindykator środków polnych

European hare (*Lepus europaeus*) as a bioindicator of field environments

Wstęp

Zając szarak (*Lepus europaeus*) jest to mały ssak należący do rzędu zajączaków (*Lagomorpha*) oraz rodziny zającowatych (*Leporidae*). Jest to gatunek dziko żyjący, którego sposób życia, odżywianie i zdolności rozrodcze są silnie związane z warunkami środowiskowymi i mają istotny wpływ na jego funkcjonowanie. Zając preferuje środowisko polno-leśne i bytuje na stosunkowo niewielkim obszarze [Wałkulska 1999].

Zając europejski podobnie jak inne gatunki zwierząt jest narażony na kontakt ze szkodliwymi substancjami obecnymi w powietrzu, wodzie, glebie oraz pożywieniu w miejscu ich bytowania. Szczególnie niebezpieczne są metale ciężkie, takie jak kadm (Cd), ołów (Pb) i rtęć (Hg). Metale ciężkie mogą przedostawać się do organizmu zwierząt na różne sposoby – poprzez układ pokarmowy, drogi oddechowe oraz skórę [Seńczuk 1990].

Dieta zająca składa się głównie z roślin powszechnie występujących na terenach polnych i leśnych. Główne ich pożywienie stanowią uprawy rolnicze (burak cukrowy, pszenica, koniczyna), uprawy ogrodnicze (sadzonki roślin ogrodniczych i sadowniczych), a także młode pędy drzew leśnych i wszelkiego rodzaju trawy. Rośliny te mogą akumulować metale ciężkie, które po spożyciu odkładają się w organizmach zwierząt [Beuković 2011]. Szczególnie narażone są nerki, które mają zdolność magazynowania tych pierwiastków. Ich obecność w organizmie ma bardzo duży wpływ i może prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych, wpływając zarówno na funkcjonowanie narządu, jak i ogólną kondycję zwierzęcia [Bonda i in. 2007, Bridges i Zalups 2005, Klassen i in. 1999]. Zwierzęta te ze względu na sposób pobierania pokarmu i dietę pełnią rolę bioindykatorów skażenia środowiska.

Zając europejski jest gatunkiem łownym zaliczanym do zwierzyny drobnej, natomiast mięso pochodzące od tych zwierząt jest powszechnie uznawane za wartościowy

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Chorób Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących, aleksandrajanczarek7@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Farmakologii, Toksykologii i Ochrony Środowiska

i zdrowy produkt spożywczy [Frunzã i in. 2023]. Jednak z uwagi na zdolność do kumulowania metali ciężkich pochodzących ze środowiska jego spożycie może stanowić potencjalne źródło narażenia człowieka na toksyczne pierwiastki.

Metale ciężkie wykazują szkodliwy wpływ na organizm człowieka. Wchłaniane są głównie drogą pokarmową. Negatywnie oddziałują na płodność, charakteryzują się właściwościami kancerogennymi, teratogennymi i mutagennymi. Długotrwałe spożywanie żywności skażonej tymi pierwiastkami może prowadzić do ich przewlekłej akumulacji w narządach wewnętrznych, zwłaszcza w nerkach i wątrobie. W konsekwencji dochodzi do zakłócenia licznych procesów biochemicznych, co może przyczyniać się do rozwoju schorzeń układu sercowo-naczyniowego, kostnego, nerkowego oraz nerwowego [Chmielewski 2020, Wilk i in. 2013].

Celem badań była analiza toksykologiczna metali ciężkich (kadm, ołów, rtęć) w nerkach zająca europejskiego (*Lepus europaeus*) pochodzącego z zachodniej części Wyżyny Lubelskiej.

Material i metody

Badania przeprowadzono na 49 sztukach zająca, pozyskanych na terenie dwóch obwodów łowieckich w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, usytuowanych w Nadleśnictwie Kraśnik. Badaniami objęto zwierzęta martwe, czyli odstrzelone zgodnie z polskim prawem łowieckim; nie było zatem konieczności uzyskiwania zgody komisji etycznej na przeprowadzenie badania. Do badań przeznaczono 32 samce (w tym: 8 młodych i 24 starych) i 17 samic (5 młodych, 12 starych). Za osobniki młode uznawano zające nieprzekraczające roku życia. Wiek zwierząt określano na podstawie masy ciała oraz metodą Stroha, która polega na badaniu palpacyjnym zgrubienia chrząstki po zewnętrznej stronie kości łokciowej w odległości około 1 cm od stawu nadgarstkowego, ponieważ zgrubienie to zanika w wieku 8–9 miesięcy. Metoda ta pozwala na różnicowanie zwierząt młodych oraz dorosłych (powyżej 1. roku życia).

Próbki nerek pobrane od zająca płukano w wodzie redestylowanej, osuszano na bibule filtracyjnej, a następnie poddawano homogenizacji. Ujednolicony materiał (oddzielnie dla każdego osobnika) zebrano w sterylnych torebkach polietylenowych i przechowywano w laboratoryjnej lodówce w temperaturze -20°C do czasu przeprowadzenia analizy.

Próbki nerek (około 5,0 g reprezentatywnej próbki) zmineralizowano w piecu muflowym w temperaturze 450°C . Otrzymany popiół rozpuszczono w mieszaninie spektralnie czystego kwasu azotowego (V) z wodą redestylowaną w proporcji 1:1 do objętości 25 ml. Jednocześnie certyfikowany materiał referencyjny (CRM, BCR-185R) poddany został tej samej procedurze analitycznej i przetestowany pod kątem dokładności analizy.

Poziom Cd określono, stosując technikę płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej z użyciem spektrometru Avanta PM, GBC, Australia.

Zawartość Pb oznaczano techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej (GFAAS) z atomizacją elektrotermiczną i zeemanowską korekcją tła (SpektrAA 220Z, Varian, Australia). W każdym przypadku dokładność procedury określono na 95%. Natomiast granica wykrywalności Cd i Pb wynosiła odpowiednio 0,12 $\mu\text{g/g}$ i 3,2 $\mu\text{g/g}$.

Całkowitą zawartość Hg oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej i techniką zimnych par z wykorzystaniem analizatora rtęci MA-2000 (NIC – Japan),

w którym rtęć oznaczano bez wstępnej obróbki próbek. Homogenizowane próbki były bezpośrednio ważone (10–100 mg z dokładnością 0,1 mg) do wstępnie oczyszczonych łożek do spalań i umieszczane w analizatorze rtęci. W celu usunięcia wpływu substancji zakłócających (generowanych podczas termicznego rozkładu próbek) przeprowadzono oczyszczanie gazów. Wszystkie pomiary przeprowadzono w trzech powtórzeniach dla każdej próbki. Metoda była kontrolowana przez analizowanie serii próbek z certyfikowanego materiału referencyjnego (wątroby bydłowej BCR-185R, IRMM, Geel, Belgia). Poprawność i limit wykrywalności metody (LOD) wynosiły odpowiednio 96% i 0,096 ng.

Wyniki oznaczeń poddano ocenie statystycznej testem t-Studenta, otrzymując średnie odchylenia jakościowe i istotności różnic na poziomie $p \leq 0,05$.

Wyniki badań

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich – kadmu, ołowiu i rtęci w nerkach badanych zajęcy w przeliczeniu na mokrą masę nerek w $\mu\text{g/g}$ ($n = 49$)

Wartość [$\mu\text{g/g}$]		Średnia	Minimalna	Maksymalna	P (dla $p \leq 0,05$)
Kadm (Cd)	młode	3,5542	0,253	11,070	0,01
	stare	7,5058	0,448	27,757	
	samce	6,1320	0,448	27,757	0,66
	samice	7,0700	0,253	26,901	
Ołów (Pb)	młode	0,0723	0,018	0,135	0,49
	stare	0,0800	0,036	0,178	
	samce	0,0727	0,040	0,154	0,22
	samice	0,0876	0,018	0,178	
Rtęć (Hg)	młode	0,0041	0,001	0,008	0,01
	stare	0,0065	0,002	0,020	
	samce	0,0061	0,002	0,020	0,46
	samice	0,0053	0,001	0,015	

Kadm (Cd)

Badanie wykazało znaczące różnice w zawartości kadmu w nerkach zajęcy w zależności od wieku. Średnie stężenie kadmu w nerkach starych zajęcy wynosiło 7,51 $\mu\text{g/g}$,

natomiast w grupie młodych osobników było istotnie niższe – 3,55 µg/g. Testem t-Studenta potwierdzono istotność statystyczną tej różnicy ($t = 2,76$, $p = 0,008$), co oznacza, że zaobserwowane różnice nie są przypadkowe i wynikają z rzeczywistego procesu biologicznego. Mediana, czyli wartość środkowa rozkładu, wynosiła 14,08 µg/g w grupie zajęcy starszych i 3,02 µg/g w grupie młodszych. Oznacza to, że co najmniej połowa osobników starszych miała zawartość kadmu powyżej 14,08 µg/g, co sugeruje akumulację tego metalu wraz z wiekiem. W przypadku młodych zajęcy mediana była znacznie niższa, co wskazuje, że większość z nich miała relatywnie niskie stężenia kadmu w nerkach.

Zakres otrzymanych wyników (tab.1) również różnił się pomiędzy grupami – wśród starszych zajęcy zawartość kadmu wahała się od 0,45 do 27,76 µg/g, podczas gdy wśród młodych od 0,25 do 11,07 µg/g. Starsze osobniki wykazywały większą zmienność wyników, co potwierdza wysoki współczynnik zmienności (97,8%) w porównaniu z młodszą grupą (72,63%). Wynik taki może wskazywać na to, że akumulacja kadmu u zajęcy nie przebiega w sposób jednorodny i może zależeć od indywidualnych różnic w diecie, metabolizmie czy środowisku życia. Wyniki te jednoznacznie sugerują, że starsze zajęce gromadzą więcej kadmu w nerkach niż młodsze osobniki, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami dotyczącymi bioakumulacji metali ciężkich u zwierząt dziko żyjących [Beuković i in. 2023]. Może to mieć konsekwencje ekologiczne i zdrowotne, ponieważ wysoka zawartość kadmu w organizmach zwierząt może wskazywać na poziom skażenia środowiska oraz stanowić zagrożenie dla drapieżników znajdujących się wyżej w łańcuchu pokarmowym oraz dla ludzi spożywających dziczyznę.

Zawartość kadmu w nerkach nie różniła się istotnie statystycznie pomiędzy grupą samic i samców ($p = 0,656$), co oznacza, że płeć nie miała wyraźnego wpływu na poziom akumulacji tego metalu.

Ołów (Pb)

Zawartość ołowiu w nerkach badanych osobników nie wykazała istotnych różnic statystycznych ani ze względu na płeć ($p = 0,217$), ani na wiek ($p = 0,493$). Średnia zawartość ołowiu w nerkach wyniosła 0,08 µg/g, a przedział ufności dla tej średniej na poziomie 95% wynosił od 0,07 do 0,09 µg/g. Z uwagi na brak istotnych różnic w zależności od płci i wieku, dane o ołowiu oceniane były bez podziału na te grupy.

Zawartość ołowiu w całej badanej populacji była stosunkowo stabilna, o czym świadczy odchylenie standardowe wynoszące 0,03 µg/g, co wskazuje na stosunkowo małą zmienność w wynikach. Współczynnik zmienności dla ołowiu wyniósł 44,76%, co wskazuje na średni poziom zmienności w badanej próbce. Wartości zawartości ołowiu w nerkach wahały się od 0,018 µg/g do 0,178 µg/g mokrej masy nerek, co ukazuje zakres, w którym mieszczą się dane o tym metalu w całej populacji zajęcy.

Rtęć (Hg)

Analiza zawartości rtęci w nerkach zajęcy wykazała istotne różnice między osobnikami młodymi a starszymi na poziomie $p < 0,05$. Średnie stężenie tego pierwiastka u starszych osobników wynosiło 0,008 µg/g, podczas gdy u młodszych było dwukrotnie niższe (0,004 µg/g). W grupie starszych zajęcy stężenie rtęci w nerkach wahało się od 0,001 µg/g do 0,02 µg/g, przy odchyleniu standardowym wynoszącym 0,005 µg/g oraz współczynniku zmienności równym 62,5%. Wysoka wartość współczynnika zmienności

wskazuje na znaczne zróżnicowanie poziomów akumulacji rtęci w tej grupie, co może sugerować indywidualne różnice w ekspozycji na ten pierwiastek lub w zdolności organizmów do jego kumulacji i eliminacji. Mediana 0,004 $\mu\text{g/g}$ – wartość niższa od średniej, wskazuje na asymetryczny rozkład wyników, natomiast kilka próbek o wyjątkowo wysokich wartościach podwyższa średnią.

W grupie osobników młodych zakres poziomu rtęci w nerkach wynosił od 0,001 do 0,008 $\mu\text{g/g}$ mokrej masy próbki, natomiast odchylenie standardowe wynosiło 0,002 $\mu\text{g/g}$, przy współczynniku zmienności 50%. Mediana w tej grupie wynosiła 0,003 $\mu\text{g/g}$, co świadczy o bardziej jednorodnym rozkładzie wyników.

Uzyskane wyniki potwierdzają istotność różnicy pomiędzy osobnikami starymi a młodymi względem zawartości rtęci w nerkach oraz sugerują, że cechy osobnicze odgrywają większą rolę wobec tego pierwiastka dopiero po przekroczeniu 1. roku życia zwierzęcia. Nie wykazano natomiast istotnej różnicy w zawartości rtęci w nerkach ze względu na płeć zwierząt, która nie wpływa na akumulację tego pierwiastka w omawianym narządzie.

Pomimo tego że różnice w zawartości rtęci pomiędzy grupami młodych i starszych zajęcy są statystycznie istotne, stężenia tego pierwiastka w obu przypadkach pozostają na bardzo niskim poziomie. Może to sugerować ograniczone znaczenie biologiczne obserwowanych różnic, zwłaszcza w kontekście potencjalnego wpływu na zdrowie badanych zwierząt.

Dyskusja

W celu analizy porównawczej wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych na terenie Wojwodiny w Serbii, gdzie analizie poddano wątroby zajęcy z gatunku *Lepus europaeus* [Beuković i in. 2023]. W badaniach tych opisano średnie stężenie ołowiu na poziomie 0,85 $\mu\text{g/g}$ mokrej tkanki. W odniesieniu do wyników uzyskanych w badaniach własnych średnia zawartość tego pierwiastka w nerkach była niższa i wynosiła 0,078 $\mu\text{g/g}$ mokrej masy nerek. Innym pierwiastkiem oznaczonym w wątrobie zajęcy na terenie Serbii był kadm, którego średnie stężenie wynosiło 0,23 $\mu\text{g/g}$ i sięgało nawet do wartości 1,18 $\mu\text{g/g}$ [Beuković i in. 2023]. W porównaniu z powyższymi wynikami, w Polsce na terenie Wyżyny Lubelskiej stwierdzono obecność kadmu w nerkach na wyższym poziomie: 6,46 $\mu\text{g/g}$ mokrej masy nerek. Ze względu na porównanie zawartości metali ciężkich w różnych narządach (wątroba–nerki), wyniki te niekoniecznie muszą wskazywać na różnice w poziomach zanieczyszczenia środowiska między Serbią a Polską. Zaobserwowane różnice mogą wynikać również z różnego stopnia powinowactwa poszczególnych narządów do określonych metali ciężkich. Między innymi wątroba wykazuje większe powinowactwo do ołowiu niż nerki, na co wskazują wyniki badań innych badaczy [Wałkulska 1999].

W innym badaniu, przeprowadzonym przez Wałkuską w makroregionie śródkowoschodnim Polski, analizowano zawartość ołowiu i kadmu w nerkach zajęcy. Stężenie ołowiu było wówczas oznaczane w regionie lubelskim, chełmskim, białkopodlaskim i zamojskim. Poziom ołowiu w tych badaniach wahał się pomiędzy 0,55 $\mu\text{g/g}$ mokrej masy nerek w regionie zamojskim i 0,6 $\mu\text{g/g}$ w regionie chełmskim. Porównując powyższe wartości z wynikami otrzymanymi w badaniach własnych, możemy stwierdzić wyższy poziom ołowiu w badaniach wykonanych w latach 1986–1989. Zawartość kadmu

w nerkach wynosiła 1,07 $\mu\text{g/g}$ w regionie białskopodlaskim i lubelskim do 0,69 $\mu\text{g/g}$ w regionie zamojskim. Stężenie kadmu uzyskane w badaniach własnych było zdecydowanie wyższe i wynosiło średnio 6,46 $\mu\text{g/g}$ mokrej masy nerek. Ważną informacją jest fakt, że do powyższych badań przeprowadzonych w makroregionie środkowowschodnim Polski wykorzystano zajęce pochodzące z obszarów rolniczych, które były położone w znacznej odległości od wszelkich dróg, a tym samym od wpływu szkodliwych gazów i zanieczyszczeń, a także wykonane były one w czasach, gdy rolnictwo nie było tak zintensyfikowane pod względem wydajności produkcyjnej i chemizacji [Wałkulska 1999].

Na podstawie powyższych porównań można zatem stwierdzić, że zarówno w Serbii w 2023 r., jak i w makroregionie środkowowschodnim Polski w latach 1986–1989 zawartość ołowiu w badanych narządach była znacznie wyższa niż na terenie zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Można więc przypuszczać, że na danych obszarach występuje wyższe skażenie środowiskowe. Na potwierdzenie tej tezy można przedstawić badania osadów ściekowych przeprowadzone przez Turskiego i in. na terenie województwa lubelskiego, które wykazały stężenie ołowiu w Kraśniku na poziomie 145 mg/kg s.m. próbki [Turski i in. 1980]. Dane te korelują z wysoką zawartością Pb w nerkach zajęcy z lat 1986–1989. Poziom kadmu oznaczany w wątrobach zajęcy w Serbii w 2023 r. oraz w nerkach zajęcy w makroregionie środkowowschodnim był znacznie niższy niż obecnie na terenie Wyżyny Lubelskiej. Niższy poziom zawartości ołowiu w nerkach zajęcy w badaniach własnych w porównaniu z badaniami z lat ubiegłych należy tłumaczyć tym, że obecność metali ciężkich w środowisku nie zawsze podlega szybkim zmianom. Procesy związane z zanieczyszczeniem środowiska są często długotrwałe, a efekty kumulacji metali ciężkich mogą utrzymywać się przez dłuższy czas, nawet przy zmniejszonej emisji. Przykładowo na terenie Górnego Śląska pomimo systematycznego spadku emisji zanieczyszczeń wciąż odnotowuje się duże ilości metali ciężkich w glebie. Skutkuje to obecnością tych metali w żywności, która jest następnie spożywana zarówno przez ludzi, jak i zwierzęta [Jarosz 1995, Lidsky i in. 2003, Nordberg i in. 2012].

Badania wykazały również, że zawartość rtęci w badanych próbkach gleby i osadów zmieniała się na przestrzeni lat w bardzo szerokim zakresie. W powierzchniowej warstwie gleby stężenia rtęci wynosiły od poniżej 0,05 do nawet 66,50 $\mu\text{g/g}$. Na głębokości 0,8–1,0 m wartości te były niższe, osiągając maksymalnie 36,15 $\mu\text{g/g}$. Największe zanieczyszczenie stwierdzono w osadach rzecznych i strumieniowych, gdzie zawartość rtęci mogła sięgać aż 182,00 $\mu\text{g/g}$. Największe skupiska występują w pobliżu dawnych i obecnych zakładów przemysłowych, szybów górniczych, hałd odpadów pokopalnianych oraz innych terenów związanych z działalnością przemysłową. Najwyższe poziomy zanieczyszczenia stwierdzono w rejonach obejmujących Dąbrowę Górniczą, Katowice, Chrzanów oraz okolice granicy między Mysłowicami a Jaworzniem. W miejscach o największym skażeniu wysokie stężenia rtęci występowały nawet na głębokości jednego metra. Główne przyczyny tych zanieczyszczeń to długoletnia działalność przemysłowa, intensywne górnictwo oraz składowanie odpadów poprzemysłowych, które przyczyniły się do lokalnych, licznych skażeń środowiska rtęcią [Pasieczna 2015].

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość metali ciężkich w nerkach zajęcy europejskich różni się w zależności od wieku zwierząt, natomiast płeć nie wpływa na te

różnice. Kadm kumuluje się w nerkach zajęcy wraz z wiekiem – starsze osobniki miały średnio ponad dwukrotnie wyższe stężenie niż młodsze. Wysoka zmienność wyników sugeruje, że akumulacja kadmu może zależeć od indywidualnych cech, diety i środowiska życia.

Ołów występował w relatywnie niskich stężeniach i jego poziom nie zależał od wieku ani płci badanych zwierząt. Natomiast rtęć jako pierwiastek wykazywała tendencję do akumulacji wraz z wiekiem, czego dowodem było dwukrotnie wyższe średnie stężenie tego metalu w nerkach starszych osobników w porównaniu z młodszymi. Jednakże, ze względu na ogólnie niskie poziomy rtęci w analizowanych próbkach, zaobserwowana różnica prawdopodobnie nie ma istotnego znaczenia biologicznego.

Porównanie wyników badań z Wyżyny Lubelskiej z uzyskanymi wcześniej z Serbii oraz makroregionu środkowowschodniego Polski wskazuje na istotne różnice w poziomach metali ciężkich. Różnice te mogą wynikać nie tylko z odmiennego poziomu skażenia, ale także z różnej zdolności narządów do akumulacji metali, ponieważ wątroba wykazuje większe powinowactwo do ołowiu, natomiast nerki do kadmu. Analiza skażenia rtęcią wykazała duże zróżnicowanie jej stężeń w glebie i osadach, zwłaszcza na terenach przemysłowych, takich jak Śląsk i Małopolska. Największe zanieczyszczenia odnotowano w rejonach działalności górniczej i przemysłowej, co potwierdza, że działalność człowieka ma kluczowy wpływ na obecność metali ciężkich w środowisku.

Obecność metali ciężkich w organizmach zajęcy ma istotne konsekwencje zarówno dla badanych zwierząt, jak i zwierząt oraz ludzi spożywających ich mięso. Kadm, ołów i rtęć wykazują toksyczne właściwości, mogą negatywnie wpływać na funkcjonowanie organizmu i prowadzić do rozwoju wielu chorób.

Wyniki badań potwierdzają, że zajęc europejski (*Lepus europaeus*) może być skutecznym bioindykatorem stanu środowiska, który potwierdza, że aktualnie na Wyżynie Lubelskiej mamy skażenie środowiska polnego kadmem. Monitoring zawartości metali ciężkich w organizmach tych zwierząt pozwala na ocenę stopnia zanieczyszczenia ekosystemów i potencjalnych zagrożeń dla zdrowia ludzi oraz zwierząt żyjących na tych obszarach.

Bibliografia

- Beuković D., Vukadinović M., Polovinski-Horvatić M., Popović Z., Lavadinović V., Đorđević N., Beuković M., 2023. The brown hare (*Lepus europaeus*) as a biomonitor for the presence of lead and cadmium in Vojvodina, Serbia. *Contemp. Agric., Sciend* 72(1–2), 1–5, <https://doi.org/10.2478/contagri-2023-0001>
- Beuković M., Đorđević N., Popović Z., Beuković D., Djordjevic M., 2011. Nutrition specificity of brown hare (*Lepus europaeus*) as a cause of the decreased number of population. *Savrem. Poljopr.* 60(3–4), 403–412.
- Bonda E., Włostkowski T., Krasowska A., 2007. Metabolizm i toksyczność kadmu u człowieka i zwierząt. *Kosmos* 56(1–2), 87–97.
- Bridges C.C., Zalups R.K., 2005. Molecular and ionic mimicry and the transport of toxic metals. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 204(3), 274–308.
- Chmielewski J., 2020. Metale ciężkie w środowisku i ich wpływ na zdrowie człowieka. *Przem. Chem.* 1, 52–59, <https://doi.org/10.15199/62.2020.1.3>
- Frunză G., Murariu O.C., Ciobanu M.M., Radu-Rusu R.M., Simeanu D., Boișteanu P.C., 2023. Meat quality in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and hare (*Lepus europaeus* Pallas) – A nutritional and technological perspective. *Agriculture* 13(1), 126.

- Jarosz W., 1995. Bezpieczna produkcja warzyw i owoców w ogrodach działkowych. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach, Katowice.
- Klassen C.D., Liu J., Choudhuri S., 1999. Metallothionein: an intracellular protein to protect against cadmium toxicity. *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol* 39, 267–294.
- Lidsky T.I., Schneider J.S., 2003. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates. *Brain* 126(1), 5–19.
- Nordberg G., Jin. T., Wu X., Lu J., Chen L., Liang Y., Lei L., Hong F., Bergdahl I.A., Nordberg M., 2012. Kidney dysfunction and cadmium exposure – factors influencing dose – response relationships. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 26(2–3), 197–200.
- Pasieczna A., 2015. Zawartość rtęci w glebach oraz osadach rzecznych i strumieniowych w regionie Śląsko-Krakowskim. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 457, 69–86, <https://doi.org/10.5604/08676143.1113257>
- Seńczuk W., 1990. Toksykologia. PZWL, Warszawa.
- Turski R., Baran St., Filipek T., Kukier U., 1980. Możliwość wykorzystania w rolnictwie wybranych osadów ściekowych na przykładzie stężenia metali ciężkich w roślinach. *Rocz. Gleboznawcze* 31, 193–199.
- Wałkulska G., 1999. Wykorzystanie zająca (*Lepus europaeus* Pallas) do oceny stopnia zanieczyszczenia środowiska związkami ołowiu, kadmu, cynku i miedzi w makroregionie środkowowschodnim Polski. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin.
- Wilk A., Kalisińska E., Róžański J., Łanocha N., 2013. Kadm, ołów i rtęć w nerkach człowieka. *Med. Środow. Environ. Med.* 16(1), 75–81.

Obieg mikroplastiku w środowisku: od paszy do talerza – akumulacja w mięsie i organizmie człowieka

The circulation of microplastics in the environment: from feed to plate
– accumulation in meat and the human body

Wstęp

Mikroplastik jest jednym z kluczowych zanieczyszczeń środowiska, przenikającym do gleby, wód i organizmów żywych. Wchłaniany przez zwierzęta hodowlane, kumuluje się w ich tkankach, a wraz z pożywieniem przedostaje się do organizmu człowieka, gdzie może kumulować się w płucach, sercu i mózgu [Sofield i in. 2024]. Jego toksyczne właściwości prowadzą do stanów zapalnych, stresu oksydacyjnego oraz zaburzeń metabolicznych, a u ryb i ptaków obniżają zdolności rozrodcze i zwiększają śmiertelność [Azam 2025]. Mikroplastik jest również nośnikiem metali ciężkich, nasilając ich szkodliwość [Guo i Wang 2021].

Badania przeprowadzone przez wielu badaczy potwierdzają, że mikroplastik obecny w wodzie i żywności może przedostawać się do krwiobiegu, kumulując się w kluczowych organach. Jego zdolność do pokonywania bariery krew–mózg rodzi obawy dotyczące wpływu na układ nerwowy i ryzyko chorób neurodegeneracyjnych u ludzi [Cho i in. 2024]. Zanieczyszczenie ekosystemów mikroplastikiem przyczynia się do degradacji siedlisk, zaburzeń w łańcuchu troficznym i spadku bioróżnorodności [Sharma i in. 2023].

Celem pracy była analiza przeprowadzona na podstawie dostępnych badań naukowych obiegu mikroplastiku w ekosystemie, jego akumulacji w tkankach zwierząt hodowlanych oraz potencjalnych konsekwencji zdrowotnych dla człowieka.

Czym jest plastik?

Przez większość historii ludzkości człowiek korzystał z narzędzi pochodzących z natury, jednak wynalezienie plastiku około 100 lat temu zrewolucjonizowało sposób wytwarzania przedmiotów codziennego użytku.

Plastik jest materiałem syntetycznym, składającym się z polimerów, które są długimi, powtarzalnymi cząsteczkami. Polimery naturalne występują powszechnie w przyrodzie, na przykład w DNA, w ścianach komórkowych organizmów czy w karapaksach

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Chorób Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących, marysicaa58@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia

owadów, jednak plastik wytwarzany jest poprzez chemiczne przetwarzanie ropy naftowej, co prowadzi do powstania syntetycznego wiązania polimerowego. Materiał ten, ze względu na łatwość produkcji, lekkość, niską cenę i plastyczność, znalazł szerokie zastosowanie w wielu produktach, takich jak odzież, elektronika, meble, a także w produkcji opakowań jednorazowego użytku [Birley 2012].

Czym jest mikroplastik?

Mikroplastik to cząsteczki plastiku o rozmiarach nieprzekraczających 5 mm, które występują w środowisku naturalnym w postaci drobnych fragmentów tworzywa sztucznego. Mikroplastik pochodzi z różnych źródeł, w tym z rozkładających się większych fragmentów plastiku, które pod wpływem promieniowania słonecznego, działania wody oraz procesów mechanicznych, takich jak tarcie, ulegają degradacji na coraz mniejsze cząstki. Zanieczyszczenie środowiska mikroplastikiem ma globalny zasięg. Szacuje się, że w oceanach pływa około 51 bilionów cząsteczek mikroplastiku [van Sebille i in. 2015]. Cząsteczki te, ze względu na swój rozmiar, mogą być spożywane przez organizmy morskie, stanowiąc poważne zagrożenie dla ich zdrowia i ekosystemów wodnych. Innym istotnym źródłem mikroplastiku są opony samochodowe, których zużycie w trakcie eksploatacji prowadzi do powstawania pyłu mikroplastiku, który trafia do środowiska, a w szczególności do wód opadowych i atmosfery.

Mikroplastik, ze względu na swoją wszechobecność i mały rozmiar, stwarza trudności w jego usuwaniu i monitorowaniu, a jego obecność w organizmach morskich stanowi poważne wyzwanie ekologiczne i zdrowotne [Ivleva i in. 2016].

Globalna produkcja plastiku a zagrożenie ekologiczne

Niestety ponad 40% produkowanego plastiku wykorzystywane jest w opakowaniach, które są przeznaczone do jednorazowego użycia [Kaiser i in. 2018]. Od lat 50. XX wieku wyprodukowano około 10 miliardów ton plastiku, co przekracza wagę wszystkich ludzi na świecie [Letcher 2020]. Zdecydowana większość tej masy stanowi zagrożenie środowiskowe. Jedynie około 10% plastiku poddano recyklingowi, około 12% zostało spalone, a reszta pozostaje w środowisku, często trafiając do oceanów, każdego roku około 8 milionów ton [Geyer i in. 2017].

Prognozuje się, że do 2050 r. masa plastiku w oceanach przekroczy wagę wszystkich ryb, stanowiąc poważne zagrożenie dla fauny morskiej [MacArthur 2017]. W wyniku obecności plastiku w środowisku morskie organizmy, w tym ptaki morskie, często spożywają cząsteczki tworzywa sztucznego. Według szacunków 90% ptaków morskich miało kontakt z plastikiem, a zwierzęta morskie cierpią z powodu zatykania ich układów pokarmowych mikroplastikiem [Law 2017]. W 2018 r. na wybrzeżu Hiszpanii znaleziono martwego humbaka, który zjadł 32 kg plastiku, w tym torby plastikowe, sieci i bęben. Zjawisko to stanowi poważne wyzwanie ekologiczne, które wymaga pilnych działań w zakresie zarządzania odpadami plastikowymi i ochrony środowiska naturalnego w tym zakresie.

Obieg mikroplastiku w przyrodzie

Obieg mikroplastiku w przyrodzie w łańcuchu troficznym rozpoczyna się od planktonu, który jest jednym z głównych składników pokarmowych wielu organizmów wodnych. Badania wykazują, że mikroplastik może być spożywany przez plankton zarówno w formie zanieczyszczonej wody, jak i w wyniku przyjmowania drobnych cząsteczek plastiku zawieszonych w środowisku. Spożycie mikroplastiku przez plankton prowadzi do jego wnikania do wyższych poziomów łańcucha pokarmowego. Małe morskie organizmy, takie jak skorupiaki, małe ryby, a także kraby, kalmary i inne bezkręgowce, konsumują plankton, a tym samym mikroplastik. W ten sposób związek ten może docierać do większych drapieżników morskich, w tym ryb drapieżnych, a także do organizmów wykorzystywanych jako surowiec w przemyśle spożywczym, takich jak ryby, skorupiaki i inne zwierzęta morskie, które następnie spożywane są przez człowieka [Goswami i in. 2022].

Zjawisko to, zwane biomagnifikacją, polega na wzroście stężenia zanieczyszczeń, w tym mikroplastiku, w organizmach znajdujących się wyżej w łańcuchu troficznym. W miarę zwiększania masy organizmów konsumpcyjnych, akumulacja mikroplastiku w ich ciałach staje się coraz wyższa. Z tego też powodu, pomimo że organizmy znajdujące się na niższych poziomach łańcucha pokarmowego mogą spożywać mikroplastik w ilościach niezagrażających ich zdrowiu, organizmy drapieżne, w tym ludzie, stają się bardziej narażone na negatywne skutki jego obecności w środowisku [Miller i in. 2020].

Mikroplastik jako związek nie tylko trafia do organizmów wodnych, ale także jest obecny w innych formach życia, w tym w zwierzętach gospodarskich, a także w ludzkim organizmie. Ludzie, będący na szczycie łańcucha pokarmowego, są szczególnie narażeni na kumulację mikroplastiku, który może wnikać do ich organizmu z różnych kierunków: poprzez spożycie zanieczyszczonego pokarmu, inhalację cząsteczek unoszących się w powietrzu oraz absorpcję przez skórę [Liu i You 2023]. Mikroplastik obecny jest w wielu produktach spożywczych, takich jak miód, cukier [Liebezeit i Liebezeit 2013], sól morską, piwo, a nawet woda pitna, zarówno kranowa, jak i butelkowana [Kosuth i in. 2018]. Obecność tego związku została również stwierdzona w pyłach i kurzu domowym, co może stanowić jedno z głównych źródeł narażenia ludzi [Zhu i in. 2022].

Skutki bioakumulacji mikroplastiku dla zwierząt

Zależnie od gatunku zwierzęcia podatność na szkodliwe działanie mikroplastiku może być różna. Bezkręgowce morskie filtrujące poprzez sposób pobierania pokarmu, czyli filtrowanie dużych ilości wody, są zdecydowanie bardziej podatne na absorpcję większych ilości mikroplastiku niż ryby. Natomiast plankton widłonogi, który odznacza się bardziej selektywnym sposobem żerowania, zawiera od 2 do 10 razy mniejszą ilość mikroplastiku w porównaniu z algami, które pozyskują pokarm w sposób niewybiórczy. Co ciekawe, badania dowiodły, że w obrębie tego samego gatunku wieloryba (doświadczeniem objęto płetwale błękitne, finwale i humbaki) w zależności od nawyków żywieniowych osobniki konsumujące kryl pobierały z nim większą ilość mikroplastiku niż osobniki żywiące się rybami [Jeong i in. 2024].

Pobieranie mikroplastiku drogą *per os* może doprowadzać do uszkodzeń nabłonka przewodu pokarmowego, a także powodować krwawienia, martwice i deformację kosmków. Ponadto mikroplastik, pokonując barierę jelitową i dostając się do krwiobiegu, migruje do innych narządów, np. jądra, powodując zmiany histopatologiczne w ich tkance. Zaobserwowano korelację pomiędzy ekspozycją na mikroplastik a obniżonym stężeniem hormonów LH, FSH i testosteronu w surowicy, które są niezbędne do inicjacji oraz przebiegu spermatogenezy. Udowodniono również spadek jakości nasienia, zmniejszenie ruchliwości plemników, ich żywotności oraz zwiększenie odsetka komórek o patologicznej budowie [Amereh i in. 2020].

Ponadto udowodniono, że mikroplastik wywołuje ogólnoustrojowy stres oksydacyjny, w którym generowane są reaktywne formy tlenu (ROS). Bioakumulacja polipropylenowych MP w *Pomacea paludosa* zaburzała homeostazę organizmu, co pośrednio rzutowało na uszkodzenie tkanek, zmniejszony wzrost, a nawet śmierć organizmu. W przypadku dżdżownic natomiast ROS wywołane obecnością mikroplastiku doprowadziły do różnego stopnia uszkodzeń DNA [Jeong i in. 2024]. Z kolei u omułka jadalnego (*Mytilus edulis*) efekty działalności polietylenu manifestują się silną odpowiedzią zapalną oraz destabilizacją błon lizosomalnych już po 6 godzinach od rozpoczęcia ekspozycji [Von Moosi in. 2012].

Interesujące są również badania potwierdzające, że mikroplastik jest w stanie zmieniać behavior zwierząt. Przeprowadzono badanie na 450 osobnikach *Carassius auratus* utrzymywanych po 15 sztuk w akwariach, do których dodawano mikroplastik. Po zakończonej ekspozycji zbadano reakcję rybek na impuls zapachowy i porównano do próby kontrolnej. Wykazano, że aktywność Ca^{2+} -ATPazy w nabłonku węchowym zwierząt wystawionych na działanie mikroplastiku zmniejszała się stopniowo do 71,7%, następnie 66,5% i aż do 53,5% w porównaniu z osobnikami z próby kontrolnej. Ponadto obniżyło się również stężenie dopaminy (o około 16,5%, 14,4% i 19,1%) oraz acetylocholiny (ACh) w zakończeniach nerwowych [Shi i in. 2021].

Badanie wpływu mikroplastiku na organizmy zwierzęce jest istotne nie tylko ze względu na źródła pokarmu dla ludzi. Tego typu badania dostarczyć mogą wiedzy, w jaki sposób potencjalnie mikroplastik będzie wpływał na człowieka i co można zrobić, żeby zmniejszyć jego szkodliwe działanie.

Skutki bioakumulacji mikroplastiku dla ludzi

Bioakumulacja mikroplastiku stanowi niepodważalny problem środowiskowy, który przynosi negatywne konsekwencje zdrowotne również dla ludzi. Toksyczny efekt, jaki wywołuje mikroplastik, zależy od kilku czynników, w tym jego właściwości fizycznych, chemicznych i czasu ekspozycji. W Holandii dowiedziono zwiększoną zapadalność na przewlekłe choroby układu oddechowego u pracowników fabryk polimerów, którzy chronicznie wystawiani byli na działanie mikroplastiku. Podobnie w Kanadzie oraz Stanach Zjednoczonych w wytwórniach wyrobów nylonowych z dużo większą częstotliwością diagnozuje się śródmiąższowe zapalenie płuc u ludzi pracujących w takich zakładach w porównaniu z innymi osobami [Li i in. 2023].

Układ pokarmowy, pomimo jego złożonej struktury i oporności na czynniki zewnętrzne, również ulega zniszczeniu przez mikroplastik. Niezwykle istotny jest mikrobiom jelit, który utrzymywany w równowadze stanowi mediator zdrowia i vitalności.

Wykazano, że obecność mikroplastiku sprzyja ekspansji określonych mikroorganizmów, co prowadzi do podwyższenia poziomu lipopolisacharydu (LPS) i wzorców molekularnych związanych z patogenami (PAMP) w surowicy. Stanowią one mediatory układowego procesu zapalnego uszkadzające organizm. Ponadto odnotowano również, podobnie jak w przypadku zwierząt, wzrost wydzielania reaktywnych form tlenu (ROS), a także zwiększoną aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), co podwyższało ekspresję genów zaangażowanych w stres oksydacyjny w jelitach. Wtórnie taka sytuacja może prowadzić do podwyższonej zapadalności na choroby nowotworowe. Mikroplastik w świetle jelit powoduje zmiany strukturalne w nabłonku i błonie śluzowej, charakteryzujące się obrzękiem, wakuolizacją, defektami rzęsek skutkującymi upośledzeniem wchłaniania substancji odżywczych [Sofield i in. 2024].

Badania wykazały również, że w organizmach 80% dzieci i niemal wszystkich dorosłych osób znajdują się ftalany – czyli związki chemiczne używane do produkcji plastiku, które mogą być szkodliwe dla zdrowia, a także BPA (bisfenol A), który jest obecny w moczu 93% ludzi. Te substancje chemiczne, związane z mikroplastikiem, mogą mieć poważny wpływ na zdrowie, w tym na układ hormonalny, oraz mogą przyczyniać się do rozwoju chorób nowotworowych i innych schorzeń [Meeker i in. 2009].

Szkody i niebezpieczeństwa spowodowane przez mikroplastik trudno jest dokładnie oszacować. Pewne jest jednak, że nie ograniczają się wyłącznie do jednej tkanki czy też układu. Niestety badanie negatywnego wpływu mikroplastiku na organizmy ludzkie jest obecnie bardzo ograniczone ze względu na czas, koszty oraz aspekty czysto etyczne.

Rozwiązania

Badacze pracują obecnie nad alternatywnymi rozwiązaniami użycia plastiku, m.in. badają unieszkodliwianie tego związku za pomocą enzymów produkowanych przez mikroorganizmy. Specyficzna hydrolaza degradująca PET produkowana jest przez bakterie *Ideonella sakaiensis* 201-F6. Ten złożony enzym wydzielany jest zewnątrzkomórkowo przez mikroby, powodując degradację cząstek polietylenu do krótszych związków pośrednich asymilowanych finalnie przez komórkę bakteryjną jako źródło węgla. Ciepło, pH, ale również dodatki znajdujące się w tworzywie sztucznym stanowią czynniki limitujące wydajność enzymu. Potwierdzono również, że inne bakterie mają też zdolności do rozkładu tworzyw sztucznych. Niestety, degradacje te nie są w 100% skuteczne i trwają dość długo. *Thermobifida fusca* w ciągu 3 tygodni jest w stanie hydrolizować jedynie 50% całego otrzymanego PET. Natomiast *Klebsiella* sp. EMBL-1 po 90 dniach usunąć może jedynie 19,57% całkowitej masy poliwinylu [Kaur i in. 2025].

Przeprowadzono również ciekawe badanie, w którym testowano możliwości *E. coli* do przekształcania polietylenu. Polimer ten ulega początkowo degradacji do produktu pośredniego (MHET), który następnie przekształcany jest do podstawowych składników: kwasu tereftalowego (TA) i glikolu etylenowego. Bakterie, przekształcając TA, wytwarzają wanilię w 79%. Wanilia z kolei mogłaby zostać użyta do produkcji lodów czy też innych wyrobów cukierniczych. Natomiast sam proces diametralnie zmienia postrzeganie odpadów jako czegoś wyłącznie złego, ale stawia je jako surowiec do dalszej produkcji w innych gałęziach przemysłu [Sadler i in. 2021].

Podsumowanie

Człowiek jest jedynym producentem plastiku na świecie. Tylko od człowieka oraz prowadzenia jego polityki wytwarzania, recyklingu i posługiwania się tym tworzywem sztucznym zależy utrzymanie się trendu kumulowania się mikroplastiku w faunie i florze. Działanie mikroplastiku na organizmy żywe jest wielowymiarowe, ale przede wszystkim szkodliwe zarówno dla zwierząt domowych, dzikich, jak i ludzi. Jeżeli nie zostanie przerwany błędny, samonapędzający się system produkcji nowych tworzyw sztucznych, zniszczone zostaną nie tylko ekosystemy naturalne, ale również zdrowie obecnych i przyszłych pokoleń ludzi. Dlatego należałoby się zastanowić nad tym problemem, biorąc do ręki plastikową torbę do pakowania i butelkę PET w supermarkecie, jedną z setek stojących na półce i jedną z miliona produkowanych każdego dnia.

Bibliografia

- Amereh F., Babaei M., Eslami A., Fazelipour S., Rafiee M., 2020. The emerging risk of exposure to nano micro plastics on endocrine disturbance and reproductive toxicity. *Environ. Pollut.* 261, 114158.
- Azam S.M., 2025. Effect of microplastic ingestion on digestive enzymes, hormones, hematology and serum biochemistry of *Gallus gallus domesticus*. *Egypt. J. Vet. Sci.* 56(6), 1317–1326, <https://doi.org/10.21608/ejvs.2024.276205.1905>
- Birley A.W., 2012. *Plastics Materials: Properties and Applications*. Springer London, Limited.
- Cho Y., Seo E.U., Hwang K.S., Kim H., Choi J., Kim H.N., 2024. Evaluation of size-dependent uptake, transport and cytotoxicity of polystyrene microplastic in a blood-brain barrier (BBB) model. *Nano Conver.* 11(1), 40, <https://doi.org/10.1186/s40580-024-00448-z>
- Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3(7), e1700782, <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Goswami P., Narasimman S., Verma P., Saha M., Suneel V., Vinithkumar N.V., Dharani G., Rathore C., Nayak J., 2022. Microplastic intrusion into the zooplankton, the base of the marine food chain. *Sci. Total Environ.* 160876, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160876>
- Guo Y., Wang J., 2021. Projecting the sorption capacity of heavy metal ions onto microplastics. *J. Hazard. Mater.* 402, 123709, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123709>
- Ivleva N.P., Wiesheu A.C., Niessner R., 2016. Microplastic in aquatic ecosystems. *Angew. Chem. Int. Ed.* 56(7), 1720–1739, <https://doi.org/10.1002/anie.201606957>
- Jeong E., Lee J.Y., Redwan M., 2024. Animal exposure to microplastics and health effects. *Emerg. Contam.* 100369, <https://www.nature.com/articles/s41467-022-33334-5>
- Kaiser K., Schmid M., Schlummer M., 2018. Recycling of polymer-based multilayer packaging. *Recycling* 3(1), <https://doi.org/10.3390/recycling3010001>
- Kaur S., Singh Z., Singh B., 2025. Plastic-eating bacteria as a remedy for plastic pollution. *Environ. Sci.* 4(1), 14.
- Kosuth M., Mason S.A., Wattenberg E.V., 2018. Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLoS ONE* 13(4), e0194970, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>
- Law K.L., 2017. Plastics in the marine environment. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 9(1), 205–229, <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409>
- Letcher T.M., 2020. *Plastic Waste and Recycling*. Elsevier Science and Technology Books.
- Liebezeit G., Liebezeit E., 2013. Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food Addit. Contam. Part A* 30(12), 2136–2140, <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.843025>
- Liu Z., You X.-Y., 2023. Recent progress of microplastic toxicity on human exposure. *Sci. Total Environ.* 903, 166766, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166766>
- MacArthur E., 2017. *The New Plastics Economy*. Ellen MacArthur Foundation, Cowes, UK.

- Meeker J.D., Sathyanarayana S., Swan S.H., 2009. Phthalates and other additives in plastics. *Philos. Trans. R. Soc. B*, 364, 2097–2113, <http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0268>
- Miller M.E., Hamann M., Kroon F.J., 2020. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics. *PLoS ONE*, 15(10), e0240792, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240792>
- Sadler J.C., Wallace S., Robertson M.A., 2021. Bacteria serve up a tasty solution to the global plastic problem. *Biochemist* 43(6), 28–32.
- Sharma S., Sharma V., Chatterjee S., 2023. Contribution of plastic and microplastic to global climate change. *Sci. Total Environ.* 875, 162627, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162627>
- Shi W., Sun S., Han Y., Tang Y., Zhou W., Du X., Liu G., 2021. Microplastics impair olfactory-mediated behaviors of goldfish. *J. Hazard. Mater.* 409, 125016, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420330077>
- Sofield C.E., Anderton R.S., Gorecki A.M., 2024. Mind over microplastics. *Curr. Issues Mol. Biol.* 46(5), 4186–4202, <https://doi.org/10.3390/cimb46050256>
- van Sebille E., Wilcox C., Lebreton L., Maximenko N., Hardesty B.D., van Franeker J.A., Eriksen M., Siegel D., Galgani F., Law K.L., 2015. A global inventory of small floating plastic debris. *Environ. Res. Lett.* 10(12), 124006, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>
- von Moos N., Burkhardt-Holm P., Köhler A., 2012. Wchłanianie i wpływ mikroplastiku na komórki i tkanki małża jadalnego. *Environ. Sci. Technol.* 46(20), 11327–11335.
- Zhu J., Zhang X., Liao K., Wu P., Jin H., 2022. Microplastics in dust from different indoor environments. *Sci. Total Environ.* 833, 155256, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155256>

Koproskopowa diagnostyka inwazji kokcydiów i nicieni przewodu pokarmowego u zająca europejskiego (*Lepus europaeus*)

Coproscope diagnosis of coccidia and nematode invasion in the gastrointestinal tract of the European hare (*Lepus europaeus*)

Zając szarak (*Lepus europaeus*) jest gatunkiem łownym, bardzo popularnym w Polsce, którego liczebność w ciągu ostatnich lat uległa istotnemu zmniejszeniu [Bresiński 1999, Dziedzic i in. 2000, Kamieniarz i Panek 2008, Pielowski 1979]. W XX wieku jego populację oszacowano na około 3 miliony osobników. W ciągu 50 ostatnich lat liczba ta zmniejszyła się pięciokrotnie, obniżyło się również pozyskanie łowieckie. Gwałtowny spadek populacji zająca rozpoczął się od lat 70. XX wieku i miał związek z wieloma czynnikami. Do najważniejszych z nich zaliczyć można: drapieżnictwo, zmiany klimatu, choroby wirusowe, bakteryjne i pasożytnicze [Dziedzic i in. 2000]. Zające dotknięte maszyną inwazją pasożytniczą wykazują często osłabienie, spadek masy ciała, pogorszenie jakości sierści, a w niektórych sytuacjach, szczególnie u zwierząt młodych, może doprowadzić to do śmierci. Wysoki poziom zakażeń pasożytniczych u młodych zajęcy wskazuje na możliwe zagrożenie dla całej populacji [Kornaś i in. 2014]. W celu określenia stopnia inwazji oraz identyfikacji gatunków pasożytów przeprowadza się badania koproskopowe, które pozwalają na wykrycie jaj i larw pasożytniczych w próbkach kału. Metoda ta została wykorzystana w niniejszej pracy, której celem było określenie stopnia inwazji pasożytami z rodzaju *Eimeria* spp. w zależności od wieku, płci zwierzęcia oraz zbadanie różnorodności gatunkowej nicieni występujących u zająca europejskiego na terenie zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wysoka częstotliwość występowania pasożytów u zajęcy sugeruje konieczność monitorowania inwazji i określenia wpływu na ich populację, szczególnie w kontekście drastycznego spadku populacji tych zwierząt.

Wybrane pasożyty przewodu pokarmowego zająca szaraka

***Eimeria* spp.**

Kokcydioza jest chorobą pasożytniczą wywoływaną przez pierwotniaki z rodzaju *Eimeria* spp., atakującą przewód pokarmowy. Wśród nich szczególnym przypadkiem jest kokcydioza wątroby i dróg żółciowych wywoływana przez *E. stiedae* [Mayer 2021]. Pa-

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Chorób Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących, harafdaria11@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia

sożyty uszkodzają nabłonek jelit, co prowadzi do zaburzeń wchłaniania składników odżywczych. Objawy, które można zaobserwować podczas inwazji, to biegunka, odwodnienie, osłabienie oraz zmiany w wyglądzie sierści. Zainfekowane zwierzęta wydają oocysty pasożyta, które mogą zakażać inne osobniki, co sprzyja rozprzestrzenianiu się choroby w populacji. Pasożyty różni się głównie w oparciu o morfologię sporulowanych oocyst i czas sporulacji. Występujące oocysty posiadają różne kształty (owalne, eliptyczne, gruszkowate, jajowate) (ryc. 1) [Gundlach i Sadzikowski 2004].



Ryc. 1. Oocysty *Eimeria* spp. wykryte metodą flotacji

Nicenie jelitowe

Graphidium strigosum

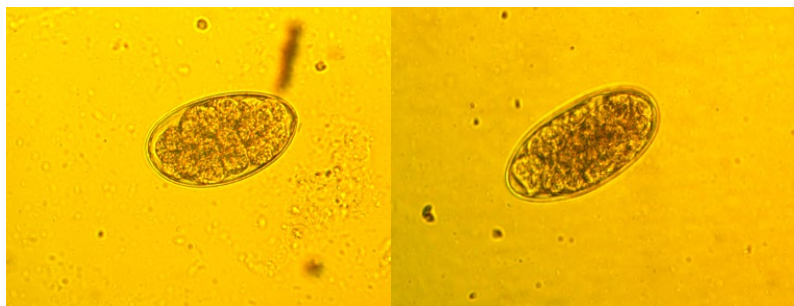
Jaja tego pasożyta mają owalny kształt, są przezroczyste, o wymiarach $98\text{--}106 \times 50\text{--}58 \mu\text{m}$ (ryc. 2). Zarażenie następuje poprzez połknięcie larw, które rozwijają się do postaci dorosłej w żołądku w ciągu około 12 dni. Najczęstsze objawy kliniczne to biegunka, niedokrwistość, wychudzenie, czasami dochodzi do śmierci. Silne zarobaczenie może spowodować nieżytowe zapalenie żołądka, zwłóknienie oraz bardzo silny stan zapalny przewodu pokarmowego [Otrantoi Wall 2024].



Ryc. 2. Jajo owalne *Graphidium strigosum* wykryte metodą flotacji

Trichostrongylus retortaeformis

Jaja *T. retortaeformis* są owalne, przezroczyste, o wymiarach $75\text{--}80 \times 40\text{--}45\text{ }\mu\text{m}$ (ryc. 3) [Gundlach i Sadzikowski 2004]. Zakażenie może przebiegać bezobjawowo, jednak ciężkie inwazje mogą prowadzić do nieżyłowego zapalenia jelita cienkiego [Bürger i in. 1992].



Ryc. 3. Jaja *Trichostrongylus retortaeformis* wykryte metodą flotacji

Obeliscoides cuniculi

Jaja mają owalny kształt o wymiarach $76\text{--}86 \times 44\text{--}45\text{ }\mu\text{m}$ (ryc. 4) [Otranto i Wall 2024]. Zarażenie następuje poprzez połknięcie larw, które rozwijają się do stadium dorosłego w żołądku w ciągu około 19 dni. Pasożyt ten może prowadzić do zapalenia żołądka, powodując pogrubienie błony śluzowej żołądka, wybroczyny i małe białe ogniska na błonie śluzowej [Hughes 2024].



Ryc. 4. Jajo owalne *Obeliscoides cuniculi* wykryte metodą flotacji

Strongyloides papillosus (węgorek)

Postaciami pasożytniczymi są wyłącznie samice, które wydają owalne, przezroczyste jaja o wymiarach $40\text{--}70 \times 24\text{--}36\text{ }\mu\text{m}$, zawierające larwę w kształcie litery U (ryc. 5). Najczęstszą drogą wniknięcia tego pasożyta jest skóra, w następnej kolejności przewód pokarmowy [Gundlach i Sadzikowski 2004]. Cykl tego pasożyta powoduje, że można go zlokalizować w trzech miejscach. Jednym z nich jest skóra, gdzie migracja larw

może powodować alergiczne zapalenie skóry. Kolejnym są płuca, w których zmiany, takie jak śródmiąższowe zapalenie płuc, mogą pojawić się już po 3 dniach od zakażenia. Węgorzek lokalizuje się także w jelicie cienkim, gdzie może powodować wylewy krwawe oraz nieżyt dwunastnicy [Bürger i in. 1992].



Ryc. 5. Jajo owalne *Strongyloides papillosus* wykryte metodą flotacji

Trichuris leporis (włosogłówka)

Włosogłówka to pasożyt jelita ślepego i grubego. Jaja są beczułkowate z czopkami na obu biegunach, brązowe o wymiarach $35 \times 75 \mu\text{m}$ (ryc. 6). Wydalone do środowiska wykazują szczególną oporność na warunki środowiska, dzięki czemu zachowują zdolność do inwazji przez wiele miesięcy. Inwazja rzadko powoduje objawy kliniczne, ale w niektórych przypadkach może prowadzić do uszkodzenia jelit [Gundlach i Sadzikowski 2004].



Ryc. 6. Jajo *Trichuris leporis* wykryte metodą flotacji

Passalurus ambiguus (owsik)

Jaja są cienkościenne, mają lekko spłaszczone ścianki po jednej stronie oraz wymiary $95\text{--}103 \times 43 \mu\text{m}$ (ryc. 7) [Otranto i Wall 2024]. Pasożytuje w jelicie ślepym i grubym zajęcy oraz królików. Ma prosty cykl życiowy i do rozwoju nie wymaga żywiciela pośredniego. Samice składają jaja wokół odbytu żywiciela, a następnie dochodzi do ich

połknięcia, najczęściej podczas cektrofii. *Passalurus ambiguus* jest zazwyczaj uznawany za pasożyta o niskiej patogenności. Jednak w przypadku intensywnych inwazji, zwłaszcza u młodych osobników, mogą wystąpić objawy kliniczne, takie jak świąd okolicy odbytu. Wysoka liczba nicieni w jelicie grubym i ślepym może również przyczyniać się do rozwoju kompleksowego zapalenia jelit, prowadząc do zaburzeń trawienia, biegunki oraz pogorszenia ogólnego stanu zwierzęcia [Hughes 2024].



Ryc. 7. Jajo *Passalurus ambiguus* wykryte metodą flotacji

Material i metody

Materiał do badań stanowiły próbki kału pobrane od 75 zajęcy pozyskanych podczas polowania na terenie zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. W Polsce wykorzystywanie zwierząt do celów naukowych lub edukacyjnych reguluje Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o ochronie zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych. Zgodnie z tą ustawą przeprowadzanie doświadczeń na zwierzętach wymaga uzyskania zgody właściwej komisji etycznej. Jednakże w przypadku badań obejmujących wyłącznie zwierzęta martwe, takich jak analiza zwłok zwierząt odstrzelonych zgodnie z przepisami prawa łowieckiego, nie jest konieczne uzyskanie zgody komisji etycznej. Próbkę kału, które pochodziły z końcowego odcinka jelita grubego, pobrano podczas patroszenia po odstrzale od 24 samic (w tym 15 dorosłych, 9 młodych) oraz 51 samców (w tym 28 dorosłych, 23 młodych). Osobniki młode do 1. roku życia i stare powyżej tego wieku.

Identyfikacja wieku zajęcy odbywała się metodą Stroha poprzez palpacyjne badanie nasady kości łokciowej. Proces zanikania zgrubienia (znamienia Stroha) następuje zazwyczaj w przedziale wiekowym od 8 do 9 miesięcy, co stanowi istotny wskaźnik osiągnięcia dojrzałości przez zwierzę. Metoda ta pozwala na różnicowanie zwierząt młodych oraz dorosłych z doprecyzowaniem w oparciu o wagę osobnika (powyżej 1. roku życia). Metoda ta jest powszechnie wykorzystywana w badaniach terenowych oraz zarządzaniu populacjami zwierzyny łownej ze względu na możliwość jej wykonania w terenie, szybkość i skuteczność w rozróżnianiu osobników młodych (poniżej 1. roku życia) oraz dorosłych, bez konieczności stosowania zaawansowanych procedur laboratoryjnych [Piełowski 1979, Stankevičiūtė i in. 2011].

Na zabezpieczonym materiale wykonano badania koproskopowe metodą flotacji. Jest to metoda stosowana w diagnostyce parazytologicznej, umożliwiająca wykrywanie jaj i oocyst pasożytów w próbkach kału. Proces rozpoczyna się od przygotowania nasyconego roztworu soli kuchennej, gdzie rozpuszcza się 350 g NaCl w 1 litrze wody destylowanej. Roztwór należy pozostawić na 24 h do ostygnięcia. Następnie do 15 ml płynu flotacyjnego dodaje się niewielką ilość kału, zwykle około 1–2 g, i dokładnie miesza. Tak powstałą zawiesinę przelewa się przez lejek i sitko do kolby stożkowej, co pozwala odfiltrować większe cząstki. Mieszaninę należy przelać tak, aby uzyskać menisk wypukły, na którym umieszcza się szkiełko nakrywkowe. Po 15 min delikatnie przenosi się szkiełko nakrywkowe na szkiełko podstawowe. Dzięki różnicy gęstości pomiędzy jajami pasożytów a roztworem flotacyjnym możliwe jest ich skuteczne wyizolowanie i późniejsza analiza mikroskopowa. Obserwacje prowadzono przy użyciu mikroskopu świetlnego oraz kamery mikroskopowej. Do obserwacji zastosowano obiektyw powiększający dziesięcio- oraz dwudziestokrotnie.

Wyniki

Wyniki badań przedstawiają stan inwazji pasożytniczej u zajęcy bytujących na obszarze zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Analiza parazytologiczna wykazała obecność następujących gatunków pasożytów: *Eimeria* spp., *Graphidium strigosum*, *Trichostrongylus retortaeformis*, *Obeliscoides cuniculi*, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris leporis*, *Passalurus ambiguus*. Obecność pasożytów wykazano u 81,33% osobników, co wskazuje na powszechność ich występowania w tym ekosystemie. Najczęściej diagnozowanym pasożytem były kokcydia, które stwierdzono u 70,67% osobników. Zarażenia nicieniami były mniej powszechne i wykazano je u 36% badanych osobników. Rozkład ilościowy poszczególnych pasożytów przedstawiono w tabeli 1.

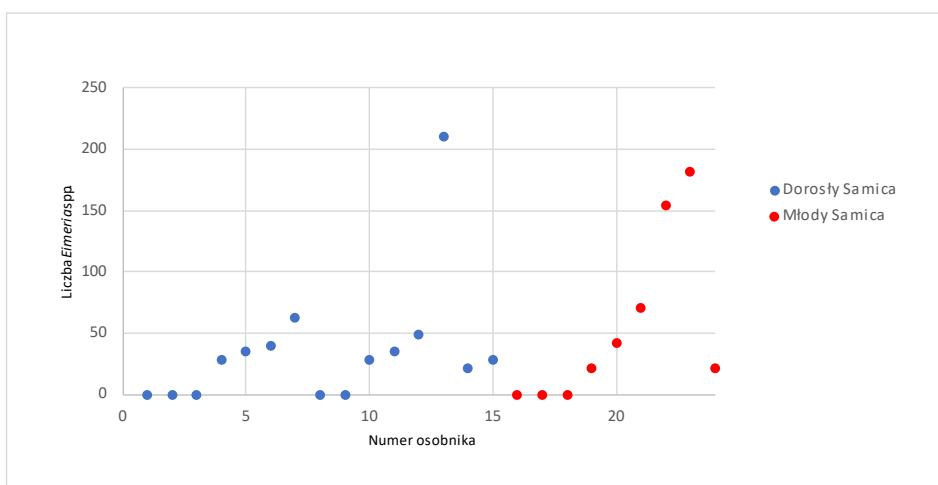
Tabela 1. Intensywność inwazji *Eimeria* spp. oraz nicieniami przewodu pokarmowego zajęcy z uwzględnieniem wieku i płci zwierząt (n = 75)

Wyszczególnienie	Rodzaj wykrytych pasożytów			
	<i>Eimeria</i> spp.		nicienie przewodu pokarmowego	
Wiek	M	D	M	D
Samice	6	10	1	7
Samce	18	19	10	9

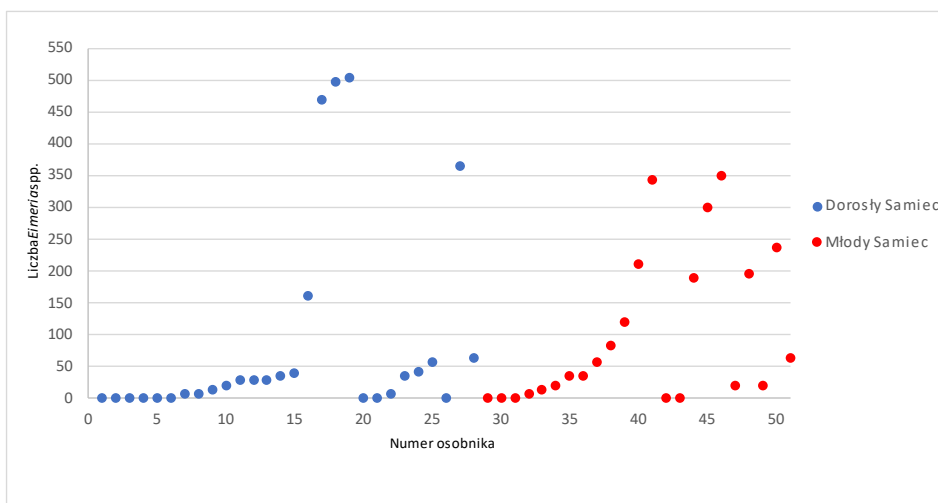
Objaśnienia: M – osobniki młode, D – osobniki dorosłe

Na rycinach 8 oraz 9 przedstawiono rozmieszczenie *Eimeria* spp. wśród zakażonych zajęcy, uwzględniając wiek i płeć. Badania wykazały wyraźne różnice w podatności na inwazje pasożytnicze, może to być związane z różnicami wiekowymi między osobnikami, jak i środowiskiem bytowania zajęcy. Średnia liczba jaj *Eimeria* spp. w próbkach kału mło-

dych samców wynosiła 100,17 oocyst, a młodych samic 54,44 oocyst. W przypadku dorosłych osobników wartości te były istotnie niższe – 85,93 oocyst u dorosłych samców i 35,80 oocyst u dorosłych samic. Pojedynczo najwyższą liczbę pasożytów *Eimeria* spp. odnotowano u młodego samca, u którego wynosiła ona 350 oocyst, oraz u dorosłego samca, osiągając 504 oocysty. W przypadku młodych samic najwyższa odnotowana liczba pasożytów wynosiła 182 oocysty, natomiast u dorosłych samic – 210 oocyst.



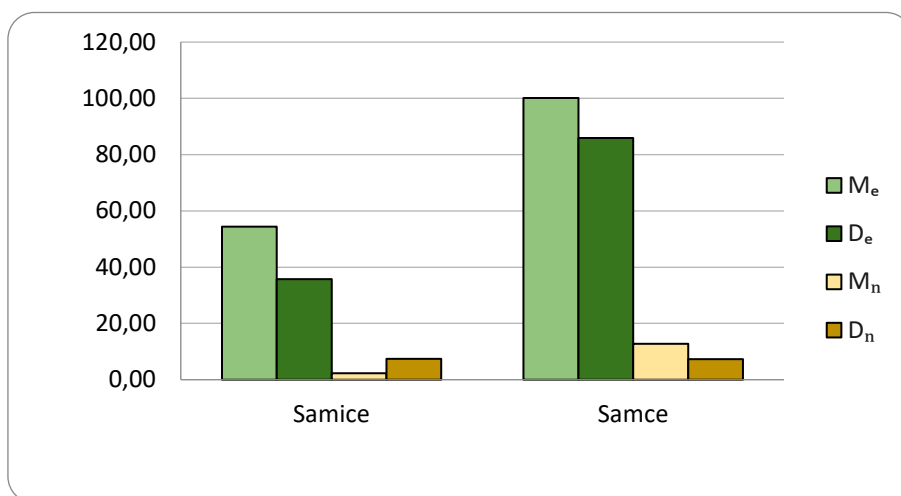
Ryc. 8. Rozmieszczenie ilościowe *Eimeria* spp. wśród samic z uwzględnieniem wieku



Ryc. 9. Rozmieszczenie ilościowe *Eimeria* spp. wśród samców z uwzględnieniem wieku

Otrzymane wyniki badań mogą być częściowo determinowane przez nierówną liczbę zwierząt w badanej grupie. Samce stanowiły 68% badanej populacji, natomiast samice 32%. W badaniu stwierdzono, że inwazja *Eimeria* spp. występuje u 66,67% młodych samic oraz u 78,26% młodych samców. W przypadku osobników dorosłych prewalencja była porównywalna u dorosłych samic i wynosiła 66,67%, natomiast nieco niższa u dorosłych samców – 67,86%.

Przeprowadzone badania wykazały, że inwazje nicieni przewodu pokarmowego stwierdzono w 36% ocenianych próbek kału zajęcy, co wskazuje na istotne, choć mniej powszechne niż w przypadku *Eimeria* spp., występowanie tych pasożytów w populacji. Wśród wykrytych nicieni odnotowano obecność: *Graphidium strigosum*, *Trichostrongylus retortaeformis*, *Obeliscoides cuniculi*, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris leporis* oraz *Passalurus ambiguus*. Wyniki badań przedstawiono na rycinie 10. Wykazano istotne różnice w podatności na inwazje nicieniami, podobnie jak w przypadku inwazji *Eimeria* spp. W grupie samców łącznie u 14 osobników stwierdzono jednoczesną obecność kokcydiów oraz nicieni, natomiast u 5 samców wykazano inwazję wyłącznie nicieniami bez występowania kokcydiozy. Młode samce wykazały największą podatność na inwazję nicieniami przewodu pokarmowego, ponieważ odnotowano u nich zakażenie na poziomie 43,48% osobników, gdzie średnia ilość jaj w próbce wynosi 12,78. Dorosłe samce również cechowały się wysokim zakażeniem, które wystąpiło u 32,14% badanych osobników, co odpowiada 9 przypadkom, a średnia liczba jaj wyniosła 7,29.



Objaśnienia:

Me – obecność *Eimeria* spp. u młodych osobników

De – obecność *Eimeria* spp. u dorosłych osobników

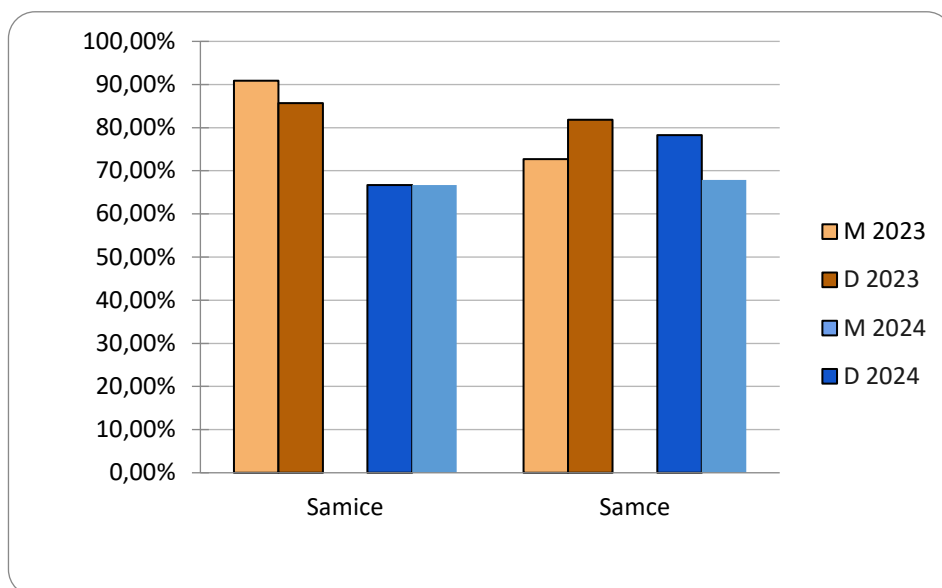
Mn – obecność nicieni u młodych osobników

Dn – obecność nicieni u dorosłych osobników

Ryc. 10. Intensywność inwazji pasożytów w zależności od wieku i płci zwierząt

Największą liczbę jaj (147) odnotowano w próbce pobranej od młodego samca. W próbkach kału samic liczba wykazanych jaj była znacząco niższa, u młodych samic stwierdzono inwazję na poziomie 11,11%, to jest 1 przypadek na 9 badanych sztuk, natomiast u dorosłych samic inwazja wynosiła 25%. Średnia liczba jaj w przypadku samic

młodych wynosiła 2,33, co jest znacznie niższym wynikiem w stosunku do samic dorosłych, u których było to 7,47. Najwyższą liczbę 35 sztuk jaj w jednej próbce otrzymano u dorosłej samicy i było to ponad 4 razy mniej w porównaniu z samcem.



Objaśnienia: M – osobniki młode, D – osobniki dorosłe

Ryc. 11. Porównanie częstości występowania *Eimeria* spp. u zajęcy pochodzących z terenu zachodniej części Wyżyny Lubelskiej w latach 2023 i 2024

Na rycinie 11 przedstawiono porównanie wyników badań pochodzące z 2023 i 2024 r. dotyczące występowania pasożytów z rodzaju *Eimeria* spp. u zajęcy bytujących na terenach zachodniej części Wyżyny Lubelskiej [Haraf i in. 2024]. Porównanie tych danych wskazuje na utrzymywanie się wysokiej prevalencji pasożytów z rodzaju *Eimeria* spp. w badanej populacji. W 2023 r. najwyższą częstość występowania tych pasożytów odnotowano u młodych samic, natomiast analizy z 2024 r. wskazują na najwyższą prevalencję u młodych samców.

Dyskusja

W badaniach przeprowadzonych na próbkach kału zajęcy z różnych regionów Republiki Czeskiej pasożyty z rodzaju *Eimeria* spp. stwierdzono w 90,5% próbek, i były one najczęściej występującym pasożytem [Lukešová. i in. 2012]. Podobną tendencję zaobserwowano w badaniach własnych, gdzie *Eimeria* spp. również była dominującym pasożytem, wykrywanym w 70,6% próbek. O wysokiej prevalencji kokcydii wśród zajęcy (100%) donoszą również badania przeprowadzone na terenie zachodniej Rumunii [Jitea (Sirbu) i in. 2022]. W województwie małopolskim przeprowadzono badania na 83 sztukach odstrzelonych zajęcy, które wykazały dużą różnorodność pasożytniczą. Badacze

wykazali obecność *Eimeria* spp. oraz nicienie przewodu pokarmowego, takie jak *Trichostrongylus retortaeformis*, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris leporis* i *Passalurus ambiguus* [Kornaś i in. 2014]. Podobne wyniki uzyskano również w badaniach własnych na zającach pochodzących z zachodniej części Lubelszczyzny.

Podsumowanie

Reasumując, należy stwierdzić, że przeprowadzone badania wskazują na wyższą intensywność inwazji *Eimeria* spp. u młodych osobników w porównaniu z dorosłymi. Wskazuje to na wyższą podatność młodych zająców na zakażenie oraz rozwój odporności na tego pasożyta rozwijającej się wraz z wiekiem zwierzęcia. Najwyższą intensywność inwazji odnotowano u samców, co może być związane z różnicami w środowisku bytowania poszczególnych osobników różnej płci. Zaobserwowano, że wśród młodych osobników intensywność inwazji była względnie wyrównana. W populacji dorosłych zająców wyniki wykazywały większe zróżnicowanie osobnicze, co może wynikać z występowania chorób współistniejących potwierdzonych innymi badaniami u niektórych osobników, prowadzących do spadku odporności i występowania intensywniejszej inwazji pasożytniczej.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że inwazja *Eimeria* spp. wiąże się z wysoką obecnością oocyst pasożyta w środowisku bytowania zająca szaraka, co ma istotny wpływ na stan kliniczny badanych zwierząt. Inwazja przebiegająca intensywnie u młodych zająców ma ogromne znaczenie, jeśli chodzi o liczebność populacji z powodu możliwego negatywnego wpływu na stan zdrowia zająców, w tym na ich rozród. Przeprowadzone analizy wykazały obecność różnych gatunków pasożytów u zająca europejskiego, tj. kokcydii, jak i nicieni, takich jak *Graphidium strigosum*, *Trichostrongylus retortaeformis*, *Obeliscoides cuniculi*, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris leporis* oraz *Passalurus ambiguus*. Obecność różnych gatunków pasożytów oraz wysoka intensywność ich inwazji sugeruje potrzebę regularnego monitorowania stanu zdrowia populacji zająca szaraka. Przeprowadzone badania istotne są nie tylko dla wykazania obecności i zrozumienia wpływu pasożytów na zwierzęta, ale także dla opracowania skutecznych strategii ochrony zająca europejskiego, zapewnienia odpowiedniej jego zdrowotności oraz stabilizacji ekosystemu, w którym on bytuje.

Bibliografia

- Bresński W., 1999. Sytuacja zająca szaraka na terenie województwa wrocławskiego na tle ogólnokrajowej sytuacji tego gatunku. W: S. Kubiak [red.], *Zwierzyna drobna jako element różnorodności środowiska przyrodniczego*. Lega, Włocławek, 77–88.
- Bürger H.-J., Eckert J., Kutzer E., Körting W., Rommel M., 1992. *Veterinärmedizinische Parasitologie*. Paul Parey Verlag, Berlin.
- Dziedzic R., Beeger S., Flis M., Kamieniarz R., Majer-Dziedzic B., Olszak K., Wójcik M., Żontała M., 2000. Przyczyny spadku populacji zająca szaraka w Polsce. Ministerstwo Środowiska Rzeczypospolitej Polskiej, Lublin.
- Gundlach J.L., Sadzikowski A.B., 2004. *Parazytologia i parazytozy zwierząt*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

- Haraf D., Jaracz M., Bełkot Z., 2024. Parazytyzy wewnętrzne zająca europejskiego (*Lepus europaeus*, Pallas) na terenie zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. W: A. Młynarczyk, Środowisko przyrodnicze jako obszar badań. Vol. VI. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 133–142.
- Hughes K., 2024. Endoparasites of rabbits and hares. *J. Vet. Diagn. Invest.* 36(5), 599–616, <https://doi.org/10.1177/10406387241261991>
- Jitea (Sîrbu) A.M., Sîrbu B., Florea T., Hotea I., Dărbuş G., 2022. Endoparasites found in *Lepus europaeus* hunted in western Romania. *International Multidisciplinary Scientific Geo Conference: SGEM* 22(6.2), <https://doi.org/10.5593/sgem2022V/6.2/s29.87>
- Kamieniarz R., Panek M., 2008. Zwierzęta łowne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku. OHZ PZŁ w Czempiniu.
- Kornaś S., Wierzbowska I.A., Wajdzik M., Kowal J., Basiaga M., Nosal P., 2014. Endoparasites of European brown hare (*Lepus europaeus*) from southern Poland based on necropsy. *Ann. Anim. Sci.* 14, 297–305, <https://doi.org/10.2478/aoas-2014-0010>
- Lukešová D., Langrova I., Vadlejch J., Jankovská I., Hlava J., Válek P., Cadková Z., 2012. Endoparasites in European hares (*Lepus europaeus*) under gamekeeping conditions in the Czech Republic. *Helminthologia* 49, 159–163, <https://doi.org/10.2478/s11687-012-0032-z>
- Mayer J., 2021. Parasitic diseases of rabbits. *MSD Veterinary Manual*, <https://www.msdsvetmanual.com/exotic-and-laboratory-animals/rabbits/parasitic-diseases-of-rabbits> [dostęp: 10.07.2025].
- Otranto D., Wall R., 2024. *Veterinary Parasitology*. 5th Ed. Wiley-Blackwell.
- Pielowski Z., 1979. Zając. PWRiL, Warszawa, 1–154.
- Stankevičiūtė J., Pēteliš K., Baranauskaitė J., Narauskaitė G., 2011. Comparison of two age determination methods of the European hares (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) in Southwest Lithuania. *Acta Biol. Universit. Daugavpil.* 11(1), 22–28.
- Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o ochronie zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych (Dz.U. 2015 poz. 266).

Ocena efektywności ekorozwiązań projektowych stosowanych w zagospodarowaniu terenów zieleni

An assessment of the functional effectiveness of design solutions
in accordance with nature

Wstęp

Projektowanie terenów zieleni wiąże się z wprowadzaniem nowych form zagospodarowania terenu w nawiązaniu do potrzeb określanych przez użytkowników terenu. Zakres przeobrażeń przestrzeni obejmuje m.in. zmiany struktury przestrzennej zieleni, rodzaju nawierzchni, co w efekcie prowadzi do zmian parametrów jakościowych środowiska. W dobie obserwowanych zmian klimatycznych, w tym także utraty różnorodności biologicznej, spojrzenie na proces projektowania przestrzeni nabiera nowego znaczenia. Z tych względów bardziej świadomy staje się dobór materiałów i rodzaj przyjętych technologii oraz metod wykonania. W kontekście wymienionych problemów powszechnym zjawiskiem jest popularyzacja tzw. ekorozwiązań, nazywanych zamiennie rozwiązaniami proekologicznymi lub przyjaznymi dla środowiska. Celem ich zastosowania jest potrzeba poprawy parametrów jakościowych środowiska, w tym również klimatu. Mnogość proponowanych w procesie projektowania przestrzeni ekorozwiązań oraz ich bezkrytyczne stosowanie wskazuje na konieczność ich weryfikacji pod kątem korzyści i słabych stron zastosowania.

Celem pracy było przedstawienie najbardziej popularnych w Polsce ekorozwiązań stosowanych w przestrzeniach publicznych (miejskich) z uwzględnieniem oceny ich efektywności funkcjonalnej*.

Metodyka pracy

Materiałem wyjściowym do oceny wybranych ekorozwiązań były przykłady realizacji terenów zieleni lub innych przestrzeni miejskich, w których wykorzystano rozwiązania mające wpłynąć na poprawę jakości środowiska. Wykaz rozwiązań powstał w oparciu o badania terenowe. Do oceny wytypowano rozwiązania najczęściej stosowane w różnych inwestycjach miejskich. Prezentowany układ rozwiązań uszeregowano w kolejności alfabetycznej. Kryteria oceny oparto o dwie kategorie znaczenia danego rozwiązania dla środowiska: 1) pozytywnego wpływu – czyli korzystnego oddziaływania na wybrane

¹ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Studenckie Koło Naukowe Architektury Krajobrazu, 120544@student.upwr.edu.pl

* efektywność funkcjonalna – rozumiana jako liczba możliwych funkcji/ realny zakres i zasięg korzystnego oddziaływania danego rozwiązania

czynniki środowiska, 2) negatywnego znaczenia – ograniczonego lub wadliwego oddziaływania na wybrane czynniki środowiska. Analizę efektywności funkcjonalnej, z uwagi na przeglądowy charakter opracowania, oparto o dostępne dane literaturowe (31 publikacji naukowych i branżowych). Wyniki uzyskanych studiów i analiz przedstawiono w formie opisowej.

Wyniki

Łąki miejskie

Kolejnym popularnym w ostatnich latach ekorozwiązaniem jest wprowadzanie do przestrzeni publicznej, ale też prywatnej, łąk miejskich nazywanych często łąkami kwietnymi. Pomimo obecnie dużej popularności w stosowaniu tego rozwiązania w różnych przestrzeniach ich historia sięga czasów średniowiecza [Łuczaj 2007]. Wprowadzanie łąk jest podyktowane potrzebą kontaktu z przyrodą i obserwacji natury przez człowieka, a także ekonomią utrzymania terenów zieleni (stosunkowo niskie koszty). W doborze gatunkowym dominują rośliny zielne, a w szczególności rośliny jednoroczne i dwuletnie. Ich odnawianie warunkuje obecność nasion w glebie, co przekłada się na zalecane metody utrzymania, tj. koszenie po okresie wydania przez rośliny nasion. Łąki poza funkcjami estetycznymi pełnią szereg funkcji biologicznych. Sprzyjają utrzymaniu różnorodności biologicznej, ponieważ są miejscem pożywienia i schronienia dla licznych gatunków owadów (w szczególności zapylających), ptaków i małych ssaków. Ponadto pozytywnym aspektem łąki miejskiej jest jej stosunkowo tani koszt założenia i pielęgnacji. Ważnym aspektem w zakładaniu łąk kwietnych jest stosowanie gatunków rodzimych (najkorzystniej charakterystycznych dla regionu geograficznego) oraz dostosowanie doboru roślin do panujących warunków siedliskowych danego miejsca [Łuczaj 2007, Szopińska 2021, GOV 2024]. Gros i in. [2023] podają liczne wady stosowania łąk miejskich. Najczęściej wymieniane wady:

- dostępne na rynku gotowe mieszanki roślin składają się głównie z gatunków obcych, w tym gatunków mogących potencjalnie zagrażać naszej florze rodzimej;
- brak odpowiedniej wiedzy dotyczącej wymaganej pielęgnacji łąki kwietnej przez osoby odpowiedzialne za utrzymanie terenów zieleni i/lub ogrodów przydomowych, np. zbyt częste koszenie;
- ze względu na pozytywny wpływ łąk kwietnych na środowisko, ich tworzenie jest swego rodzaju wymówką do ograniczenia kosztów związanych z pielęgnacją terenów zieleni, co może negatywnie wpływać na komfort i bezpieczeństwo użytkowników, np. powodując brak dobrej widoczności na drodze itp.

Materiały wykorzystywane do budowy obiektów małej architektury

W procesie projektowania obiektów małej architektury warto wybierać trwałe i wysokiej jakości rozwiązania materiałowo-technologiczne, które w przyszłości ułatwiają konserwację oraz remonty. Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu zmniejsza zapotrzebowanie na surowce, takie jak kruszywo, cement czy lepiszcza. Z kolei zastosowanie ekologicznych rozwiązań wykonanych z materiałów naturalnych lub biologicznie czynnych pozwala ograniczyć ich negatywny wpływ na otaczające środowi-

ska [Radziszewski i in. 2014, Sobol 2021]. Do naturalnych materiałów wykorzystywanych do budowy obiektów małej architektury zaliczyć można m.in. drewno, wiklinę czy materiały naturalne, tj. płótna [Wasilewska i Pietruszka 2017]. Najczęściej wymieniane wady stosowania naturalnych materiałów w inwestycjach to [Suburblocal]:

- niską trwałość materiałów naturalnych, szczególnie w miejscach o intensywnym użytkowaniu i eksploatacji;
- trudność właściwego doboru materiałów w kompozycjach przestrzennych o wartościach zabytkowych.

Nawierzchnie przepuszczalne

Skutkiem postępujących zmian klimatu są z jednej strony wydłużające się okresy suszy, z drugiej krótkotrwałe opady deszczu o nawalnym charakterze. Udział w miastach dużej powierzchni utwardzonej (tj. ciągów pieszych, rowerowych i innych) wiąże się z wykorzystaniem nieprzepuszczalnych dla wody materiałów. Dodatkowo duży udział nawierzchni nieprzepuszczalnych w ogólnym zagospodarowaniu przestrzeni miejskich przyczynia się do zaburzeń bilansu wodnego i strat zasobów wód gruntowych. W tej sytuacji przyjaznym dla środowiska rozwiązaniem jest zastosowanie nawierzchni przepuszczalnych. Nawierzchnie te umożliwiają przenikanie wody opadowej i roztopowej w głąb gruntu rodzimego, co ogranicza spływ powierzchniowy do kanalizacji deszczowej oraz pozwala zasilić wody gruntowe [Iwaszczuk i in. 2019]. Z tego względu najczęściej stosuje się je w bliskim sąsiedztwie drzew i krzewów znajdujących się np. w pasach drogowych. Nawierzchnie przepuszczalne redukują lub ograniczają hałas komunikacyjny – udowodniono, że duży udział wolnych przestrzeni w warstwie ścieralnej asfaltu redukuje hałas o ok. 7 dB [Suchocka i Magdziak 2018]. Struktura nawierzchni przepuszczalnych sprzyja filtracji (oczyszczanie wody opadowej), a barwa nawierzchni (często jasna) ogranicza pochłanianie ciepła. Ponadto należy zaznaczyć, że dzięki ich stosowaniu ogranicza się potrzeby związane z budową systemów magazynujących wodę opadową i roztopową. Przykładami nawierzchni przepuszczalnych są m.in. nawierzchnia mineralno-żywiczna, nawierzchnia mineralna i nawierzchnia betonowa-azurowa [Siedlecka i Suchocka 2017, Januchta-Szostak 2020, Szopińska 2021]. Szopińska i Gizowska [2021] do najczęściej wymienianych wad stosowania takich nawierzchni zaliczają:

- nie wszystkie rodzaje nawierzchni przepuszczalnych są odpowiednie dla osób niepełnosprawnych – np. nawierzchnia z kostki betonowej, ażurowej (tzw. farmerskiej) nie jest bezpieczna dla osób poruszających się na wózku inwalidzkim czy dla osób z niepełnosprawnością wzrokową;
- wysokie wymagania w stosunku do jakości wykonania (złe wykonanie nawierzchni skutkuje jej szybkim zniszczeniem i obniżeniem efektywności funkcjonalnej);
- brak możliwości zastosowania nawierzchni mineralnych na terenach o dużym spadku;
- nawierzchnie mineralno-żywiczne należą do drogich rozwiązań.

Obiekty bioretencji

Obiekty bioretencji to specjalnie zaprojektowane układy elementów, w skład których wchodzi roślinność oraz warstwy odpowiednio przygotowanej gleby i kruszywa naturalnego [Szopińska i in. 2020]. Obiekty te stosowane są najczęściej w pasach drogowych oraz – coraz częściej – w zieleni osiedlowej, w parkach i skwerach. Ich głównym

zadaniem jest wspieranie tzw. małej retencji wodnej. Przyczyniają się do spowolnienia spływu powierzchniowego oraz poprawiają warunki mikroklimatyczne otoczenia. Zastosowane w obiektach bioretencji rośliny, poza zwiększeniem powierzchni biologicznie czynnej, oczyszczają wodę opadową z zanieczyszczeń (pełnią funkcje filtracyjne). Są również miejscem siedlisk wielu gatunków roślin i zwierząt. Dodatkowo wszystkie te obiekty posiadają wysokie walory estetyczne [Iwaszczuk i in. 2019, Szopińska 2021]. Ze względu na ich formę przestrzenną oraz strukturę można je podzielić na:

- obiekty punktowe – np. zbiorniki do zbierania deszczówki ustawiane w miejscach odprowadzania wody z rynien;
- obiekty liniowe – np. rowy bioretencyjne, niecki infiltracyjne;
- obiekty powierzchniowe – np. zbiorniki retencyjne, sztuczne mokradła, ogrody deszczowe.

Vijayaraghavan i in. [2021] zwracają uwagę na istotne ograniczenia związane ze stosowaniem tych ekorozwiązań i wymieniają następujące wady:

- koszty wykonania niektórych obiektów są kosztowne ze względu na ich dużą powierzchnię i złożoną budowę;
- obiekty filtrujące po pewnym czasie należy wymienić ze względu na zużycie elementów filtracyjnych;
- brak właściwego funkcjonowania przy błędnie dobranym obiekcie do warunków glebowych;
- konieczność prowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych roślin;
- dobór gatunków roślin jest zawężony do gatunków znoszących czasowe zalewanie oraz trudne warunki siedliskowe.

Rodzimiy dobór roślin

Dobór roślin w inwestycjach jest jednym z ważniejszych etapów procesu projektowego. Podstawowym kryterium wyboru jest dobranie roślin do warunków siedliskowych projektowanego terenu, w szczególności położenia geograficznego i strefy klimatycznej. Biorąc pod uwagę korzyści dla środowiska przyrodniczego, dobór roślin powinien się opierać głównie o gatunki rodzime charakterystyczne dla szaty roślinnej danego regionu geograficznego. Są to rośliny najlepiej przystosowane do warunków klimatycznych i środowiskowych, nie wymagają dużego zakresu prac pielęgnacyjnych (po fazie adaptacji i ukorzenienia). Rośliny te wzbogacają lokalną naturę o nowe siedliska dla wielu organizmów. Dlatego też z tych powodów powinny być szeroko stosowane w przestrzeni miejskiej i prywatnej [Kościelniak 2024, Hardberger i in. 2025, U.S. Forest Service]. Jednakże do najczęściej wymienianych wad stosowania rodzimych gatunków roślin należą [Wilson 2005]:

- część gatunków rodzimych jest mało odporna na zanieczyszczenia miejskie;
- dostępna jest stosunkowo mała liczba gatunków roślin nagozalążkowych nadających się do zastosowania w miastach, szczególnie w pasach drogowych.

Zabiegi pielęgnacyjne

Dzięki zwiększającej się świadomości ekologicznej ocenie poddawane są dotychczasowe metody pielęgnacji terenów zieleni. Krytycznie podchodzi się do koszenia mu-

raw w miastach oraz intensywności zabiegów pielęgnacyjnych. Ograniczenie liczby koszenia trawników, zmniejszenie intensywności prac porządkowych może pozytywnie wpłynąć na powstawanie nowych siedlisk fauny i flory, zwiększenie małej retencji i zmniejszenie nagrzewania się powierzchni gruntu [Skłodowski 2019]. Innym rozwiązaniem związanym z zabiegami pielęgnacyjnymi, wspierającym lokalną różnorodność biologiczną, jest pozostawianie w przestrzeni miejskiej spadających liści i usuwanych gałęzi, kłód, pni drzew. Rozkładające się liście i drewno są siedliskiem, w którym żyje wiele organizmów żywych, takich jak owady, grzyby itp., to również miejsca żerowania dla wielu organizmów [Gutowski i in. 2022]. Jednakże mimo licznych zalet w analizowanej literaturze autorzy [Hu i Lima 2024] podają liczne wady. Do najczęściej wymienianych zaliczyć można:

- koszenie muraw i trawników w miastach często wykonywane jest nieodpowiednio i nieumiejętnie – zbyt duża intensywność zabiegów i wykonywanie ich w niewłaściwych terminach;
- sprzęt wykorzystywany do koszenia emituje duże ilości szkodliwych gazów oraz generuje hałas;
- nie we wszystkich miejscach możliwe jest pozostawianie wysokiej trawy z uwagi na ograniczenia widoczności (np. w pasach drogowych);
- nie we wszystkich miejscach możliwe jest pozostawianie martwych bądź zamierających drzew (np. martwe drewno pozostawiane jest często w miejscach o walorach reprezentacyjnych, co powoduje obniżenie walorów estetycznych i kompozycyjnych miejsca, niekiedy utratę wartości zabytkowych miejsca).

Zielone dachy

Współcześnie jednym z najbardziej popularnych ekorozwiązań wprowadzanych w przestrzeń zurbanizowaną jest tzw. zielony dach. Jak podają Kania i in. [2013], zielony dach to „porośnięta roślinnością powierzchnia, oddzielona od powierzchni gruntu poprzez budowlę bądź inną konstrukcję inżynierską”. Zielone dachy wykorzystywane są najczęściej w przypadku ograniczonych możliwości wprowadzenia roślinności na gruncie rodzimym. Stanowią też składową powierzchni biologicznie czynnej zgodnie z definicją ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [Dz.U. 2003 Nr 80 poz. 717]. Zastosowanie okrywy roślinnej na dachu/stropie garaży umożliwia częściową rekompensatę strat powierzchni biologicznie czynnej na skutek pokrycia terenu zabudową i infrastrukturą drogową. Ze względu na obecność roślin nawierzchnie te korzystnie wpływają na mikroklimat miejsca, redukują efekt miejskiej wyspy ciepła, wpływają na zwiększenie różnorodności biologicznej – m.in. poprzez tworzenie miejsca schronienia lub gniazdowania dla niektórych gatunków ptaków czy owadów [Małuszyńska i in. 2014]. Pokrycie dachu warstwą zieleni ma dodatkowo wpływ na efektywność energetyczną budynków, m.in. poprzez tworzenie izolacji termicznej [Briz Escribano 2004], to również rozwiązania redukujące odbicie fal dźwiękowych [Minke 2009]. Zielone dachy jako elementy kompozycji przestrzennej mają wpływ na zwiększenie walorów estetycznych terenu [Kania i in. 2013, Małuszyńska i in. 2014, Iwaszczuk i in. 2019, Januchta-Szostak 2020]. Ze względu na rodzaj i formę zastosowanej na dachach roślinności, grubości warstwy podłoża oraz charakteru dachu (np. stropy garaży, płaskie dachy budynków, zadaszenia obiektów małej architektury), zielone dachy dzielimy na tzw. ekstensywne i intensywne. W pierwszym przypadku zakres zabiegów pielęgnacyjnych ograniczony jest do koniecznego minimum, co wpływa na obniżenie kosztów utrzymania,

w drugim przypadku, z uwagi na bardziej złożony skład gatunkowy roślin, zabiegi pielęgnacyjne wykonywane są częściej i obejmują zakres typowy dla utrzymania założeń ogrodowych [Szopińska 2021]. Jednak Ociepa-Kubicka [2015] podaje liczne wady stosowania zielonych dachów. Do najczęściej wymienianych wad zalicza:

- ograniczoną możliwość wprowadzania roślinności drzewiastej z uwagi na ciężar, wymagania rozwojowe;
- wysokie koszty i zakres utrzymania zieleni rosnącej na dachu o charakterze intensywnym w przeciwieństwie do roślin uprawianych w gruncie rodzimym;
- ograniczoną liczbę gatunków roślin zdolną wytrzymać trudne warunki panujące na powierzchniach dachów – silny wiatr, nasłonecznienie itp.;
- ograniczoną grupę roślin pod względem formy – głównie rośliny zielne na dachach o charakterze ekstensywnym.

Zielone ściany

Kolejnym popularnym ekologicznym rozwiązaniem stosowanym w przestrzeni miejskiej jest zielona ściana. W tego typu rozwiązaniach wyróżniamy ściany pokryte przez roślinność rosnącą bezpośrednio w gruncie lub system roślinnych paneli modułowych (bez dostępu do gruntu macierzystego, z systemem automatycznego nawadniania i zasilania). Zielone ściany najczęściej stosowane są na obszarach silnie zabudowanych, na ścianach budynków, co pozwala na zwiększenie powierzchni biologicznie czynnej na niewielkiej powierzchni terenu [Małuszyńska i in. 2014, Niedziela-Wawrzyniak i Wawrzyniak 2021]. Są to najczęściej miejsca o ograniczonej możliwości wprowadzania zieleni wysokiej np. w formie drzew. Jednak coraz częściej spotykane jest wprowadzanie zielonych ścian na obiekty o niewielkich powierzchniach, tj. śmietniki, wiaty przystankowe, ogrodzenia, trejaże czy elementy konstrukcyjne infrastruktury drogowej. Tak jak w przypadku zielonych dachów, zielone ściany ograniczają negatywne skutki zmian klimatu. Ponadto mają wpływ na regulację temperatury w budynkach – co pozwala na ograniczenie zużycia energii [Kania i in. 2013, Małuszyńska i in. 2014]. Wprowadzenie roślin na dachy ograniczyć może skutki zjawiska MWC poprzez m.in. tworzenie powierzchni zacienionych oraz ewapotranspirację roślin. Ponadto wspierają również różnorodność biologiczną w mieście, tworząc nowe siedliska. Dodatkowo zielone ściany podnoszą jakość powietrza zarówno w pomieszczeniach, jak i na zewnątrz, poprzez wychwytywanie zanieczyszczeń, zatrzymywanie pyłów czy pochłanianie dwutlenku węgla. Zielone ściany to również ważny element kompozycji przestrzennej, umiejętnie zastosowane zwiększają walory estetyczne przestrzeni miejskiej [Sheweka i Mohamed 2012, Iwaszczuk i in. 2019, Januchta-Szostak 2020, Niedziela-Wawrzyniak i Wawrzyniak 2021]. Ze względu na rodzaj zieleni wprowadzonej na elewację budynku wyróżnić należy: zielone ściany z wykorzystaniem roślin pnących (z dostępem do gruntu) lub roślin zielnych, niekiedy zdrewniałych, w formie paneli bez dostępu do gruntu macierzystego, zawieszane na specjalnych konstrukcjach ściennych (nazywane ogrodami wertykalnymi). W przypadku zielonych ścian najczęściej wymieniane wady to [Gocer 2024]:

- konieczność stałego zasilania systemu nawadniania i nawożenia energią, co w dobie ograniczania zużycia energii nie jest rozwiązaniem w pełni ekologicznym;
- ograniczona grupa roślin pod względem formy (głównie rośliny zielne), możliwości do zastosowania w systemie modułowych zielonych ścian;
- wąska grupa gatunków roślin (w tym roślin pnących) znosząca warunki miejskie i nadająca się do uprawy na niewielkiej powierzchni.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu oraz przeprowadzonych badań terenowych na terenie miasta Wrocławia (terenach zieleni publicznej i innych przestrzeni miejskich) wyróżniono osiem głównych grup najczęściej stosowanych ekorozwiązań. Promowane rozwiązania w założeniach projektowych miały realnie wpłynąć na poprawę jakości środowiska w miejscu realizowanej inwestycji. Do grupy rozwiązań korzystnie oddziałujących na biotyczną część środowiska zaliczyć można: zielone dachy, zielone ściany, obiekty bioretencji, łąki miejskie, rodzimy dobór roślin oraz ograniczony zakres zabiegów pielęgnacyjnych. Do grupy rozwiązań korzystnie oddziałujących na abiotyczną część środowiska zaliczyć można naturalne materiały wykorzystywane do budowy obiektów małej architektury oraz nawierzchnie przepuszczalne.

Pomimo licznych korzyści dla środowiska wynikających z zastosowania ekorozwiązań, w ich stosowaniu należy uwzględnić wady oraz skutki ich niewłaściwego zaprojektowania. Wybór danego ekorozwiązania powinna poprzedzać wnikliwa analiza warunków geograficznych i terenowych projektowanego miejsca. Istotnym elementem tego procesu jest również dostosowanie rozwiązania do funkcji projektowanego terenu oraz jego specyficznych cech i charakteru. Odmiennego podejścia wymagają tereny z historyczną zielenią, gdzie nieumiejętnie wprowadzane rozwiązania proekologiczne obniżyć mogą wartość zabytkową obiektu. Decyzje zastosowania ekorozwiązań muszą być poparte wiedzą projektanta nie tylko na temat samych rozwiązań, lecz również zależności i zakresu oddziaływania danego rozwiązania na otaczające środowisko.

Bibliografia

- Briz Escribano J., de Felipe I., 2004. Incorporacion de la naturaleza en cada rincon de la ciudad Naturación urbana. *Arquit. Paisaje* 120, 12–19.
- Dz.U. 2003 Nr 80 poz. 717, Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [dostęp: 14.07.2025].
- Gocer O., 2024. Living green walls are having a moment but face a steep challenge, <https://www.downtoearth.org.in/environment/living-green-walls-are-having-a-moment-but-face-a-steep-challenge> [dostęp: 14.07.2025].
- GOV, 2024. Łąka kwietna – bioróżnorodny skarb. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, <https://www.gov.pl/web/gdos/laka-kwietna-bioroznorodny-skarb> [dostęp: 31.03.2025].
- Gros C., Bulot A., Aviron S., Beaujouan V., Daniel H., 2023. Both management practices and landscape influence plant communities in urban grasslands. *Front. Ecol. Evol.* 11, 1151913.
- Gutowski J.M., Bobiec A., Ciach M., Kujawa A., Zub K., Pawlaczyk P., 2022. *Drugie życie drzewa*. Wyd. II. Fundacja WWF Polska. Warszawa.
- Hardberger A., Craig D., Simpson C., Cox R.D., Perry G., 2025. Greening up the city with native species: challenges and solutions. *Diversity* 17(1), 56.
- Hu X., Lima M.F., 2024. The association between maintenance and biodiversity in urban green spaces: A review. *Landsc. Urban Plan.* 251, 105153.
- Iwaszczuk E., Rudik G., Duin L., Mederake L., Davis M., Naumann S., 2019. *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – katalog techniczny*. Fundacja Sendzimira, Berlin – Kraków.
- Januchta-Szostak A., 2020. Błękitno-zielona infrastruktura jako narzędzie adaptacji miast do zmian klimatu i zagospodarowania wód opadowych. *Zesz. Nauk. Politechn. Pozn., Archit. Urban. Archit. Wnętrz* 3, 37–74, <https://doi.org/10.21008/j.2658-2619.2020.3.3>

- Kania A., Mioduszevska M., Płonka P., Rabiński A., Skarżyński D., Walter E., Weber-Siwińska M., 2013. Zasady projektowania i wykonywania zielonych dachów i żyjących ścian. Poradnik dla gmin. Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”, Kraków.
- Kościełniak K., 2024. Ekologiczne zasady kształtowania kompozycji przestrzennej z uwzględnieniem modelowej koncepcji zagospodarowania terenu. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław.
- Łuczaj Ł., 2007. Łąka kwietna w ogrodzie przydomowym. Wildflower meadows in home gardens. W: B.J. Gawryszewska, K. Herman (red.), Ogród za oknem, Wyd. Ideagrafia, Warszawa.
- Małuszyńska I., Caballero-Frączkowski W.A., Małuszyński M.J., 2014. Zielone dachy i zielone ściany jako rozwiązania poprawiające zdrowie środowiskowe terenów miejskich. Inż. Ekologiczna 36, 40–52, <https://doi.org/10.12912/2081139X.04>
- Minke G., 2009. Techos Verdes. Editorial Fin del Siglo. Hiszpania, 1–86.
- Niedziela-Wawrzyniak S., Wawrzyniak C., 2021. Zielone ściany jako szansa dla humanizacji miast. Builder 289(8), 27–31, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.0267>
- Ociepa-Kubicka A., 2015. Ekonomiczne i ekologiczne aspekty zielonych dachów. Zesz. Nauk. Wyż. Szk. Bank. Wroc. 15(2), 289–296.
- Radziszewski P., Kowalski K., Sarnowski M., Pokorski P., 2014. Przyjazne dla środowiska naturalnego rozwiązania materiałowo-technologiczne nawierzchni drogowych. Bud. Arch. 13(1), 305–316.
- Sheweka S.M., Mohamed N.M., 2012. Green facades as a new sustainable approach towards climate change. Energy Procedia 18, 507–520.
- Siedlecka M., Suchocka M., 2017. Wodoprzepuszczalne nawierzchnie a zrównoważony rozwój terenów miejskich. Drogownictwo 2, 60–67.
- Skłodowski M., 2019. O łąkach naukowo. Fundacja Łąka. Warszawa, <https://laka.org.pl/laka-kwietna/o-szkodliwosci-koszenia/> [dostęp: 31.03.2025].
- Sobol A., 2021. Zmiany klimatu a kształtowanie współczesnych miast. ACADEMIA – magazyn Polskiej Akademii Nauk 34–37, <https://doi.org/10.24425/academiaPAN.2021.138634>
- Suburblocal. The Pros and Cons of Eco-Friendly Building Materials, <https://suburblocal.com.au/the-pros-and-cons-of-eco-friendly-building-materials> [dostęp: 14.07.2025].
- Suchocka M., Magdziak M., 2018. Nawierzchnie wodoprzepuszczalne jako element wspomagający zrównoważony rozwój–ekorozwój na terenach zurbanizowanych. Drogownictwo 9, 281–287.
- Szopińska E., 2021. Partycypacyjne wykonanie dokumentacji projektowej dla zadania: Noworudzki Ekologiczny Park Wolny od Smogu przy Miejskim Ośrodku Kultury w Nowej Rudzie. Raport – Podsumowanie realizacji zadania. Nowa Ruda.
- Szopińska E., Gizowska A., 2021. Standardy projektowe i wykonawcze dla infrastruktury rowerowej województwa dolnośląskiego. Tom II – zielone standardy. Instytut Rozwoju Terytorialnego, Wrocław.
- Szopińska E., Rubaszek J., Gizowska A., 2020. Standardy planowania i projektowania ulic w zakresie zielono-niebieskiej infrastruktury. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wrocław, <https://doi.org/10.30825/1.14.2020>
- U.S. Forest Service, https://www.fs.usda.gov/wildflowers/Native_Plant_Materials/Native_Gardening/index.shtml [dostęp: 31.03.2025].
- Vijayaraghavan K., Biswal B.K., Adam M.G., Soh S.H., Tsen-Tieng D.L., Davis A.P., Chew S.H., Tan Y.P., Babovic V., Balasubramanian R., 2021. Bioretention systems for stormwater management: Recent advances and future prospects. J. Environ. Manag. 292, 112766.
- Wasilewska A.W., Pietruszka B.L., 2017. Materiały naturalne w ekobudownictwie. Prz. Bud. 88(10), 50–53.
- Wilson A., 2005. Natural Landscaping: Native Plants and Planting Strategies for Green Development. Build. Green 14 (7), <https://www.buildinggreen.com/feature/natural-landscaping-native-plants-and-planting-strategies-green-development> [dostęp: 14.07.2025].

Koncepcja powiązań rekreacyjno-przyrodniczych Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie z systemem zieleni miejskiej

The concept of natural and recreational connections of the “Botanik” Academic Park
in Lublin with the city’s green space system

Wstęp

Współczesne miasta stoją przed coraz większymi wyzwaniami związanymi z dynamicznym rozwojem, zmianami klimatycznymi oraz rosnącymi potrzebami społecznymi. W tym kontekście zieleni miejska pełni kluczową rolę, stanowiąc nie tylko element estetyczny, lecz także funkcjonalny, który ma istotny wpływ na jakość życia mieszkańców, klimat miejski, ochronę bioróżnorodności i efektywne zarządzanie zasobami naturalnymi [Kozak 1980, Chmielewski 2012, Beatley 2016]. W ocenie jakości terenów zieleni kluczowe znaczenie mają wskaźniki dostępności i atrakcyjności, które pozwalają zidentyfikować potrzeby użytkowników [Biernacka 2023]. W miastach, gdzie intensywna zabudowa ogranicza dostępność terenów zieleni, szczególnie istotne jest planowanie i utrzymanie zielonej infrastruktury [Benedict i McMahon 2006, Giedych i in. 2013].

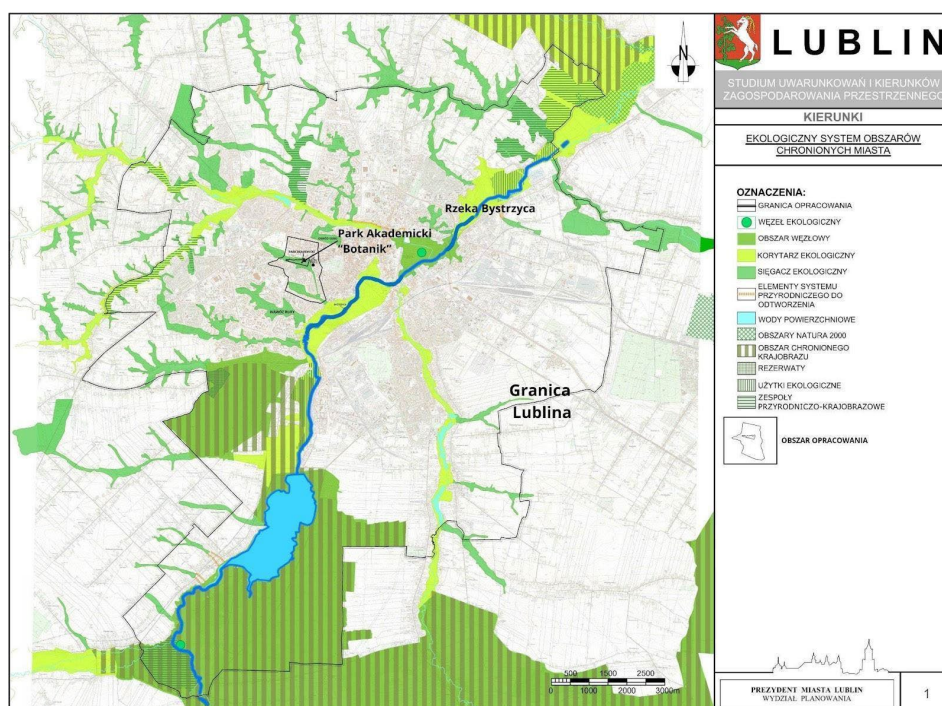
System zieleni miejskiej to rozbudowana struktura obejmująca różnorodne formy terenów zieleni, od ogrodów botanicznych po lasy miejskie, które pełnią funkcje ekologiczne, rekreacyjne oraz edukacyjne [Nowak i Dwyer 2007, Tzoulas i in. 2007]. Liczne badania podkreślają, że tereny zieleni miejskiej przyczyniają się do poprawy warunków życia w miastach i mają znaczenie zarówno społeczne, jak i ekologiczne [Godoi i in. 2025]. Jednym z kluczowych aspektów planowania przestrzennego jest integracja terenów zielonych w sieć funkcjonalnych korytarzy ekologicznych, co przyczynia się do wzrostu odporności miast na skutki zmian klimatycznych oraz poprawy ich atrakcyjności dla mieszkańców [Ahern 2007, Kowarik 2011].

Z badań wynika, że wprowadzenie odpowiednich strategii zarządzania zielenią miejską może skutecznie wspierać ochronę bioróżnorodności poprzez zapewnienie schronienia wielu gatunkom roślin i zwierząt, tworząc tzw. nowe ekosystemy miejskie [Kowarik 2011]. Zmiany w awifaunie miejskiej Lublina wskazują na wpływ przekształceń terenów zieleni na bioróżnorodność gatunkową [Biaduń 2009]. Świadome kształtowanie ich struktury i składu gatunkowego pozwala na harmonijną koegzystencję funkcji ekologicznych oraz społecznych. Podobne podejście reprezentują koncepcje Nature-Based Solutions (NBS), które zakładają wykorzystanie istniejących już form zieleni miejskiej do rozwiązywania problemów społecznych i środowiskowych. Jak wskazują Wójcik-Madej

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Gospodarki Przestrzennej, iwonakwapinska0@gmail.com

i Sowińska-Świerkosz [2022], niektóre z istniejących interwencji mogą być klasyfikowane jako NBS, jeśli jednocześnie wspierają co najmniej dwa wyzwania społeczne, np. ochronę bioróżnorodności i zdrowie publiczne. Ponadto odpowiednie zarządzanie terenami zieleni może przyczynić się do poprawy zdrowia psychofizycznego mieszkańców, integracji społecznej oraz wzrostu świadomości ekologicznej [Nowak i Dwyer 2007]. Planowanie przestrzeni zielonej z uwzględnieniem aspektów zdrowotnych staje się coraz istotniejszym elementem polityki miejskiej [Kállay i Hamza 2022].

W granicach miasta Lublina jest wiele terenów zieleni. Jednym z nich jest Park Akademicki „Botanik”, zlokalizowany w pobliżu kampusu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (ryc. 1). Jego rola w strukturze zieleni miejskiej wykracza poza funkcję rekreacyjną, ponieważ park pełni także ważną funkcję dydaktyczną i proekologiczną [Kozak 1980]. Kamiński [2014] wskazuje, że system suchych dolin i wąwozów to pewnego rodzaju „kanały wentylacyjne”, umożliwiające dopływ czystsze powietrza z obszarów pozamiejskich do zabudowanego centrum oraz transport zanieczyszczeń poza Lublin. Ma to wpływ na ograniczenie intensywności miejskiej wyspy ciepła i poprawę warunków aerosanitarnych w mieście. Istnieje także potencjał w powiązaniu parku z innymi terenami zieleni, takimi jak wąwóz Rury, Skwer im. Raabego czy Ogród Saski. Ponadto stworzenie spójnej sieci powiązań przyrodniczych mogłoby znacznie poprawić funkcjonalność miasta, równocześnie wspierając jakość życia mieszkańców i ochronę przyrody.



Ryc. 1. Ekologiczny system obszarów chronionych miasta [opracowanie własne na podstawie mapy: <https://bip.lublin.eu>]

Głównym celem niniejszej pracy jest analiza potencjalnych powiązań przyrodniczych i rekreacyjnych Parku Akademickiego „Botanik” z systemem zieleni miejskiej Lublina.

Niniejsze opracowanie obejmuje zarówno aspekty ekologiczne, jak i rekreacyjne, uwzględniając znaczenie parku jako przestrzeni publicznej o unikalnym charakterze. Na potrzeby przeprowadzonych analiz przestrzennych teren Parku Akademickiego został powiększony o jego najbliższe otocze i ograniczony ulicami o dużym znaczeniu komunikacyjnym (ryc. 1).

Material i metody

Materiał badawczy wykorzystany w niniejszej pracy obejmował analizę danych przestrzennych, urbanistycznych, środowiskowych i społecznych. Proces badawczy Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie został podzielony na trzy etapy. Pierwszym etapem badań była analiza źródeł i dokumentacji urbanistycznej, obejmująca materiały dotyczące systemów zieleni miejskiej oraz dokumenty planistyczne Lublina. W tym etapie przeanalizowano plany zagospodarowania przestrzennego i koncepcje zieleni oraz polityki przestrzennej miasta.

Kolejny etap to analizy przestrzenne: funkcjonalno-przestrzenne, komunikacyjna, rzeźby terenu, rozmieszczenia zieleni i analiza wysokościowa. W ramach analizy funkcjonalno-przestrzennej dokonano inwentaryzacji przestrzeni parku oraz określono strefy funkcjonalne, rozmieszczenie alejek, placów i elementów małej architektury. Analiza komunikacyjna objęła ocenę dostępności parku, powiązań pieszych, kołowych oraz rowerowych, jak również ich jakość i bezpieczeństwo.

W tym etapie dokonano analizy zieleni, która obejmowała zestawienie ilościowe, rozmieszczenie zieleni niskiej i wysokiej, udział powierzchni biologicznie czynnej w stosunku do utwardzonej. Ponadto przeprowadzono analizę ukształtowania terenu i jego wpływu na funkcjonalność parku. Analiza różnic wysokościowych pomogła określić dostępność i potencjalne zagospodarowanie przestrzeni.

Trzeci etap badań objął zagadnienia społeczne, które opracowano na podstawie ankiet i obserwacji behawioralnych. W okresie badawczym od 10.09.2024 do 07.01.2025 przeprowadzono badania ankietowe w terenie (35 ankiet) oraz online (112 ankiet). Badania ankietowe przeprowadzono w różnych porach dnia. Pytania dotyczyły częstotliwości wizyt, preferowanych aktywności, ocen infrastruktury oraz oczekiwań dotyczących zmian w parku (np. nowe elementy rekreacyjne, lepsza dostępność, rozwój ścieżek edukacyjnych). Obserwacje behawioralne prowadzono w różnych terminach oraz o różnych godzinach, analizując natężenie ruchu w poszczególnych miejscach, preferencje przestrzenne użytkowników i ich interakcje z otoczeniem.

Wyniki i dyskusja

Całkowity obszar objęty opracowaniem wynosi 147,7 ha i cechuje się zróżnicowaną strukturą użytkową, łączącą tereny zabudowane i obszary zieleni (ryc. 2). Teren Parku Akademickiego „Botanik” obejmuje 5,92 ha. Natomiast zabudowa, w tym mieszkalna jednorodzinna, wielorodzinna oraz handlowo-usługowa, zajmuje 87,9 ha, co stanowi

około 59% powierzchni analizowanego obszaru. Znaczący udział w strukturze przestrzennej badanego obszaru mają tereny zieleni niskiej i wysokiej, które obejmują 50,76 ha (34% całkowitej powierzchni). Pozostałe elementy, takie jak ogródki działkowe, drogi i inne funkcje, zajmują relatywnie niewielką część terenu. Przestrzenny układ badanego obszaru, jego elementów ilustrujących funkcjonalno-przestrzenną strukturę oraz ich wzajemne relacje przedstawiono na rycinie 2.

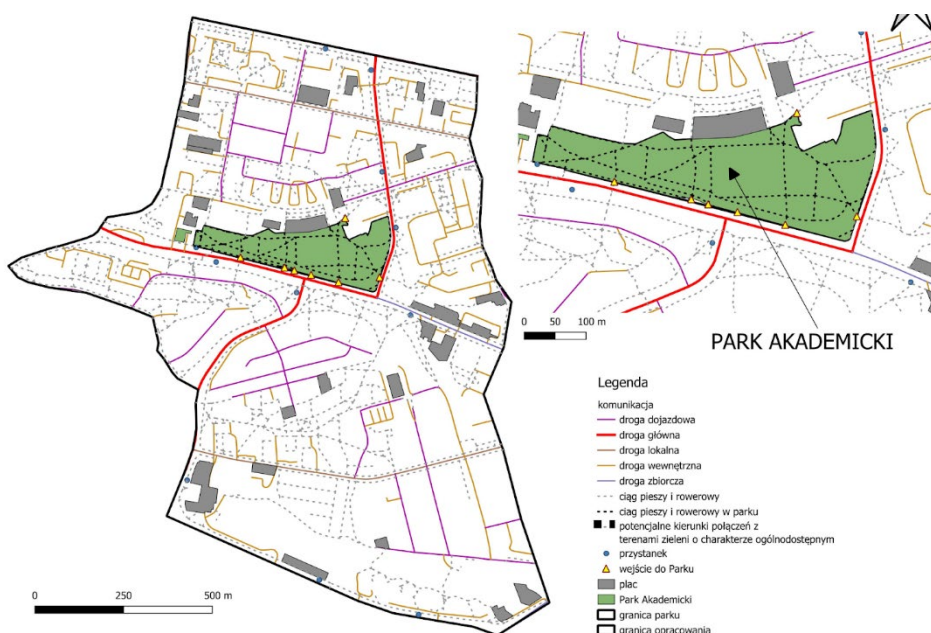


Ryc. 2. Analiza funkcjonalno-przestrzenna Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie oraz jego otoczenia

Przeprowadzona analiza funkcjonalno-przestrzenna potwierdzała, że obszar objęty opracowaniem jest charakterystyczny dla krajobrazu Lublina, posiada zróżnicowaną rzeźbę terenu, wynikającą z obecności suchych dolin – wąwozów lessowych. Pagórki oraz niewielkie wzniesienia tworzą punkty widokowe, z których rozpościera się widok na inne części parku oraz okoliczne budynki uczelni. Takie ukształtowanie terenu nie tylko wpływa na estetykę przestrzeni, ale również sprzyja tworzeniu atrakcyjnych warunków do rekreacji i wypoczynku.

Teren objęty badaniami charakteryzuje się dobrze rozwiniętą infrastrukturą komunikacyjną, zarówno w granicach samego parku, jak i jego otoczenia. Łączna długość dróg na analizowanym terenie wynosi 61,6 km, co świadczy o gęstej sieci komunikacyjnej obejmującej różne kategorie dróg, od głównych arterii po lokalne połączenia i ścieżki pieszo-rowerowe. Na terenie opracowania zlokalizowanych jest 12 przystanków komunikacji miejskiej, co ułatwia dojazd do parku z różnych części Lublina. Mimo dobrze rozwiniętej infrastruktury, ciągle rosnąca liczba użytkowników przestrzeni publicznej, w tym studentów oraz mieszkańców korzystających z terenów zieleni, może w przyszłości wymagać rozbudowy miejsc parkingowych i alternatywnej komunikacji.

Rozwój terenów zieleni oraz coraz większa świadomość ekologiczna sprzyjają wzrostowi zainteresowania przestrzenią rekreacyjną, co rodzi konieczność planowania przyszłych udogodnień komunikacyjnych, takich jak parkingi dla rowerów miejskich, stojaki rowerowe czy optymalizacja tras pieszych i rowerowych, oraz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego w rejonie parku. Południowa granica Parku Akademickiego „Botanik” przylega do ul. Głębokiej – jednej z głównych arterii komunikacyjnych miasta (ryc. 3). Choć ulica ta zapewnia szybkie połączenie z innymi częściami Lublina, to jednocześnie stanowi barierę w integracji terenów zieleni z sąsiednimi obszarami mieszkalnymi i uniwersyteckimi.



Ryc. 3. Analiza komunikacyjna Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie oraz jego otoczenia

W rejonie ul. Głębokiej znajdują się trzy przejścia dla pieszych, a ich rozmieszczenie, sygnalizacja świetlna i infrastruktura wpływają negatywnie na komfort użytkowników. Podobna sytuacja występuje wzdłuż ul. Sowińskiego, gdzie również znajdują się trzy przejścia, jednak intensywny ruch pojazdów w tym rejonie może stanowić utrudnienie dla pieszych, zwłaszcza w godzinach szczytu.

Wejścia do Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie są w większości wyposażone w schody, pochylnie oraz podjazdy. Jednak ich nachylenie przekracza dopuszczalne normy, co utrudnia bezpieczne i wygodne korzystanie z tych udogodnień przez osoby z niepełnosprawnościami [Dz.U. z 2022 r. poz. 1225]. Różnice wysokości terenu w parku są znaczne – od 189,3 m do ponad 200 m n.p.m. – co wpływa na ograniczenia dostępności przestrzeni i konieczność lepszego dostosowania infrastruktury.

Urozmaicona rzeźba omawianego terenu wpływa na atrakcyjną ekspozycję Parku Akademickiego „Botanik”. Dobra widoczność z ul. Głębokiej, będącej ruchliwą arterią,

przyciąga użytkowników. Dodatkowym atutem Parku jest korzystna orientacja na południe zboczy parku, które mogą być wykorzystane przy projektowaniu przestrzeni rekreacyjnych i widokowych.

Przeprowadzone badania ankietowe wykazały, że największą grupą użytkowników omawianego obszaru są przechodnie, czyli osoby przemieszczające się przez park w ramach codziennych tras z punktu A do punktu B, w tym studenci pobliskich uczelni. Nie wielką grupę stanowią osoby traktujące park jako miejsce docelowe spędzenia czasu wolnego w formie rekreacji na zewnątrz.

Analiza danych ankietowych wykazała, że mieszkańcy oczekują przede wszystkim rozwoju infrastruktury rekreacyjnej – altan, placów zabaw, siłowni plenerowych oraz miejsc wypoczynku (24% respondentów). Dla ankietowanych ważna jest także poprawa dostępności ścieżek pieszych i rowerowych, poprzez komfortowe podjazdy oraz poprawę bezpieczeństwa, m.in. dzięki oświetleniu i wprowadzeniu monitoringu (15% respondentów). Respondenci wskazywali również na potrzebę wzbogacenia parku o nowe nasadzenia roślinne (16% respondentów) oraz nadanie jednoznacznego charakteru parkowi związanego z akademickością (27% respondentów). Ponadto 18% respondentów wskazało, iż włączenie parku w strukturę miejskich terenów zieleni może wpłynąć na zwiększenie grupy jego użytkowników.

Podsumowanie

Planowanie przestrzeni miejskiej powinno harmonijnie łączyć potrzeby urbanizacji z ochroną środowiska naturalnego. Współczesne tendencje w projektowaniu zieleni miejskiej zmierzają w kierunku tworzenia wielofunkcyjnych, zrównoważonych przestrzeni publicznych [Michalak i Kamińska 2023]. Kluczowe jest zachowanie równowagi między rozwojem urbanistycznym a ochroną terenów zielonych, które pełnią istotną rolę ekologiczną i rekreacyjną. Zielone dachy, choć pełnią funkcję biologicznie czynnych powierzchni, nie mogą całkowicie zastąpić klasycznych terenów zieleni miejskiej [Michalik-Śniezek i in. 2024]. Analiza funkcjonalno-przestrzenna Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie wskazała na duży potencjał tego obszaru jako elementu miejskiego systemu zieleni, jednak konieczne są zmiany poprawiające jego dostępność, funkcjonalność oraz integrację z otoczeniem.

Przeprowadzone obserwacje i analizy pozwoliły na wskazanie zaleceń i wyciągnięcie wniosków. Do najważniejszych wniosków odnoszących się do Parku Akademickiego „Botanik” należą:

- Konieczność usprawnienia komunikacji pieszej i rowerowej w dotarciu do parku (zwłaszcza wzdłuż ul. Głębokiej) oraz wewnątrz jego granic.
- Konieczność wprowadzenia powiązań rekreacyjno-przyrodniczych, które poprawią ciągłość ekologiczną oraz funkcjonalność przestrzeni.
- Wykorzystanie rzeźby terenu w celu aranżacji stref widokowych i rekreacyjnych.
- Wprowadzenie rozwiązań przestrzennych nadających mu lokalny charakter, np. altany tematyczne nawiązujące do pobliskich uczelni czy unikalny plac zabaw.



Ryc. 4. Koncepcja powiązań przyrodniczych Parku Akademickiego „Botanik” w Lublinie z systemem zieleni miasta

Do najważniejszych wniosków odnoszących się do powiązania Parku Akademickiego „Botanik” z systemem zieleni miasta należą:

- Wyznaczenie trzech kierunków powiązań (ryc. 4):

A. Park Akademicki – Ogród Saski: Proponowany szlak o długości 1,7 km (0,96 km w linii prostej) sprzyjałby integracji obu terenów, co poprawiłoby dostępność rekreacyjną Ogrodu Saskiego, forma powiązania to zielone ciągi pieszo-rowerowe, z ograniczoną liczbą miejsc parkingowych na rzecz zieleni.

B. Park Akademicki – Skwer im. Raabego: Najkrótszy szlak wynosi 0,6 km (0,49 km w linii prostej) i wzmocniłby powiązania zieleni oraz zwiększył dostępność przestrzeni rekreacyjnych w obszarze zabudowy miejskiej, w szczególności służącej społeczności akademickiej.

C. Park Akademicki – wąwóz Rury: Trasa o długości 2,8 km (1,5 km w linii prostej) mogłaby pełnić funkcję korytarza ekologicznego, wspierającego migrację gatunków i powiązanie ze sobą różnych zieleni miejskich; forma powiązań to szerokie pasy zieleni wysokiej przyulicznej (wzdłuż projektowanego odcinka ul. Sowińskiego) z ciągami pieszo-rowerowymi. To powiązanie umożliwia zbudowanie ciągu komunikacyjnego z obszarami zieleni wzdłuż rzeki Bystrzycy.

- Wzmocnienie powiązań przyrodniczych, ciągów pieszych i rowerowych przy jednoczesnym wprowadzeniu rozwiązań zwiększających bioróżnorodność.

- Modernizacja istniejącej infrastruktury i wprowadzenie nowej, w tym zwiększenie liczby miejsc odpoczynku, poprawa dostępności dla osób z ograniczoną mobilnością oraz stworzenie stref funkcjonalnych dostosowanych do różnych grup użytkowników.

– Ograniczenie miejsc parkingowych wzdłuż ulic na rzecz terenów zieleni oraz przekształcenie fragmentów przestrzeni w strefy rekreacyjne z małą architekturą, która dodatkowo wzmocni społeczną i ekologiczną funkcję powiązań.

Przedstawione założenia projektowe dążą do poprawy jakości przestrzeni miejskiej, zwiększenia dostępności terenów zieleni i ich integracji z otoczeniem. Realizacja przedstawionych rozwiązań pozwoli na efektywne wykorzystanie potencjału rekreacyjnego i ekologicznego Parku Akademickiego „Botanik”, jednocześnie wpisując się w strategię zrównoważonego rozwoju Lublina.

Bibliografia

- Ahern J., 2007. Green infrastructure for cities: The spatial dimension. W: V. Novotny, P. Brown (red.), *Cities of the future: towards integrated sustainable water and landscape management*. IWA Publishing, London, 267–283.
- Beatley T., 2016. *Handbook of Biophilic City Planning and Design*. Island Press, Washington.
- Benedict M.A., McMahon E.T., 2006. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press, Washington.
- Biaduń W., 2009. Zmiany awifauny lęgowej zieleni miejskiej Lublina w latach 1982–2007 oraz ich przyczyny. Wydawnictwo KUL, Lublin.
- Biernacka M., 2023. Przegląd i ocena wybranych wskaźników dostępności i atrakcyjności miejskich terenów zieleni. W: *Znaczenie zieleni w miastach. Zieleni, woda, infrastruktura techniczna – bez granic*. Warszawa–Kraków, 55–70.
- Chmielewski T.J., 2012. *Systemy ekologiczne miasta: struktura, funkcjonowanie, planowanie*. Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- Dz.U. z 2022 r. poz. 1225. Obwieszczenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- Giedych R., Szulczewska B., Maksymiuk G., 2013. Problemy zarządzania zieloną infrastrukturą miasta na przykładzie Warszawy. *Probl. Ekol. Kraj.* 33, 203–213.
- Godoi N.M.L., Gomes R.C., Longo R.M., 2025. Contributions of urban green spaces to cities: A literature review. *Sustain. Environ.* 11(1), <https://doi.org/10.1080/27658511.2025.2464418> [dostęp: 09.07.2025].
- <https://bip.lublin.eu>
- Kamiński J., 2014. Zielona sieć. Suche doliny i wąwozy jako część systemu przyrodniczego miasta Lublin. W: E. Trzaskowska (red.), *Wąwozy i suche doliny Lublina – potencjał i zagrożenia*. Wydawnictwo KUL, Lublin, 172–182.
- Kállay T., Hamza Z., 2022. Guide for Cities on Health-Oriented Planning and Use of Urban Green Spaces. URBACT Health&Greenspace network, https://urbact.eu/sites/default/files/2022-12/urbact_green_guide_2022_a4_fin_web_0_0.pdf [dostęp: 9.07.2025].
- Kowarik I., 2011. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environ. Pollut.*, 159(8–9), 1974–1983.
- Kozak K., 1980. *Ogród Botaniczny UMCS w Lublinie*. Krajowa Agencja Wydawnicza, Lublin.
- Michalak H., Kamińska P., 2023. Tendencje światowe w kształtowaniu terenów zieleni a realizacje i projekty w Polsce. *Zesz. Nauk. Politech. Pozn. Archit. Urban. Archit. Wnętrz* 17, 231–244, <https://doi.org/10.21008/j.2658-2619.2023.17.15>
- Michalik-Śnieżek M., Adamczyk-Mucha K.M., Sowisz R., Bieske-Matejak A., 2024. Green roofs: nature-based solution or forced substitute for biologically active areas? A case study of Lublin city, Poland. *Sustainability* 16(8), 3131, <https://doi.org/10.3390/su16083131> [dostęp: 9.07.2025].

- Nowak D.J., Dwyer J.F., 2007. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. W: J.E. Kuser (red.), *Urban and Community Forestry in the Northeast*. Springer, New York, 25–46.
- Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kazmierczak A., Niemelä J., James P., 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review. *Landsc. Urban Plann.* 81(3), 167–178.
- Wójcik-Madej J., Sowińska-Świerkosz B., 2022. Pre-existing interventions as nature-based solution candidates to address societal challenges. *Sustainability* 14(15), 9609, <https://doi.org/10.3390/su14159609> [dostęp: 9.07.2025].

Neoplasms in forensic veterinary medicine in a case study of hemangiosarcoma (HSA)

Nowotwory w weterynarii sądowej na przykładzie naczyniakomięsaka (HSA)

Introduction and purpose of the work

The role of expert witnesses in legal proceedings is crucial, as they provide specialized knowledge and opinions essential for resolving complex issues. In forensic science, expert witnesses play a particularly significant role in interpreting evidence across various disciplines, including veterinary medicine. Forensic veterinary medicine is an interdisciplinary field that integrates veterinary expertise with legal principles to investigate cases of animal injury, illness, or death within legal contexts. In recent years, the demand for forensic veterinary expertise has grown substantially, reflecting its increasing recognition in judicial proceedings. This trend highlights the evolving nature of forensic veterinary medicine and its expanding role in the legal landscape. By applying specialized knowledge in areas such as histopathology, anatomical pathology, thanatology, and other forensic sciences, veterinary experts provide critical insights into animal-related incidents. Unlike forensic human medicine, forensic veterinary medicine presents unique challenges due to the wide range of animal species involved. Experts must navigate interspecies differences and complex biological variations to ensure accurate evidence analysis and interpretation. In many cases, effective collaboration between veterinary and legal professionals is essential to fully leverage this specialized knowledge and address the complexities of each case. This paper examines the multifaceted role of forensic veterinary experts in legal proceedings, specifically aiming neoplasms, using the example of heart base tumors to illustrate the importance of thorough examination in expert opinions. By exploring the evolving landscape of forensic veterinary medicine, this study underscores the significance of histopathology and anatomical pathology in interpreting evidence and resolving cases involving animal-related matters.

One of the most critical questions forensic veterinary experts must address is determining whether injuries observed during post-mortem examination occurred while the animal was still alive. This information can significantly impact legal proceedings, as expert witness testimony may provide crucial facts necessary for case resolution. The issue becomes particularly important when animal remains are found in environments exposed to multiple external factors, which can cause post-mortem damage resembling injuries associated with animal abuse. For example, bodies placed in water may be moved

¹ University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Veterinary Medicine, Student Scientific Association of Forensic Veterinary Medicine, kacper.lewikowski@icloud.com

² University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pathomorphology and Forensic Veterinary Medicine

by currents, leading to abrasions and lacerations, or scavenging animals on land may cause bite wounds that could be misinterpreted as inflicted trauma. Differentiating between ante-mortem and post-mortem injuries relies on understanding the physiological consequences of death. Once circulation and respiration cease, tissue and cellular activity in the area of trauma decline. Typically, cardiovascular or respiratory failure occurs quickly – sometimes even before complete systemic death – whereas cellular and tissue degradation at the injury site progresses more gradually. Therefore, macroscopic features primarily reflect circulatory and respiratory activity, while a more detailed assessment at the tissue and cellular levels requires advanced techniques such as microscopic and biochemical analyses. In routine forensic veterinary practice, macroscopic examination is often sufficient to distinguish between injuries sustained while the animal was alive and those occurring post-mortem. However, histopathological and biochemical methods become particularly valuable in cases where the time between injury and death is short. These techniques can help confirm the timing of injuries with greater accuracy, which is crucial in cases of suspected abuse, where distinguishing between inflicted trauma and natural post-mortem changes is essential. Beyond determining whether an injury is ante- or post-mortem, forensic veterinary investigations also focus on establishing the cause of death and whether the observed damage resulted from human actions or natural processes such as disease or neoplasia. Differentiating traumatic injuries from pathological changes requires a comprehensive approach, including gross pathology, histopathology, and additional diagnostic tools like toxicology, microbiology, and molecular studies. For instance, tumors can cause hemorrhages that may mimic rodenticide intoxication, while bacterial infections can lead to necrotic lesions resembling burns or chemical injuries. In forensic casework, careful analysis of the distribution, pattern, and characteristics of lesions is crucial in distinguishing between intentional harm and natural pathological processes. This distinction is particularly important in legal contexts where expert opinions influence judicial decisions. As forensic veterinary medicine continues to evolve, integrating multiple diagnostic modalities enhances the accuracy of injury assessment, ensuring that conclusions are based on objective, scientifically validated findings [Parry and Stoll 2020, Kulnides and Lorsirigool 2023].

Material and methods

The Department of Pathomorphology and Forensic Veterinary Medicine at the University of Life Sciences in Lublin received a canine carcass for examination. The necropsy was conducted informally at the request of the dog's owner to determine the cause of death.

Results and discussion

The post-mortem examination began with an assessment of the provided evidence and information from the owner. An external inspection revealed no visible signs of trauma, necessitating an internal examination. Upon dissection, an abnormal mass was identified in the right atrium of the heart, displaying characteristics consistent with he-

mangiosarcoma. These tumors typically present as hemorrhagic, gray to red-black masses, often reaching several centimeters in diameter due to internal bleeding within the neoplastic tissue (Fig. 1) [Maxie 2016].

To confirm the initial diagnosis, histopathological analysis was performed following necropsy. Microscopic examination of the tumor tissue revealed hallmark features of hemangiosarcoma, confirming its vascular origin and malignant nature. As shown in Figure 2 and 3, the neoplasm exhibited a highly disorganized arrangement of blood-filled spaces and irregular vascular structures. These were infiltrated by elongated, pleomorphic endothelial cells with significant atypia, indicative of malignancy. The tumor's aggressive behavior was further emphasized by its infiltrative growth pattern and extensive hemorrhage within the tissue, highlighting the fragile and aberrant nature of its neoplastic vasculature [Maxie 2016].

Given the absence of external injuries and any other significant pathological findings beyond the cardiac tumor, the cause of death was determined to be cardiac arrest. While hemangiosarcoma commonly leads to fatal hemorrhage or metastasis, cardiac arrest as a primary cause of death in such cases is considered atypical. The resulting cardiorespiratory failure ultimately led to the dog's demise.

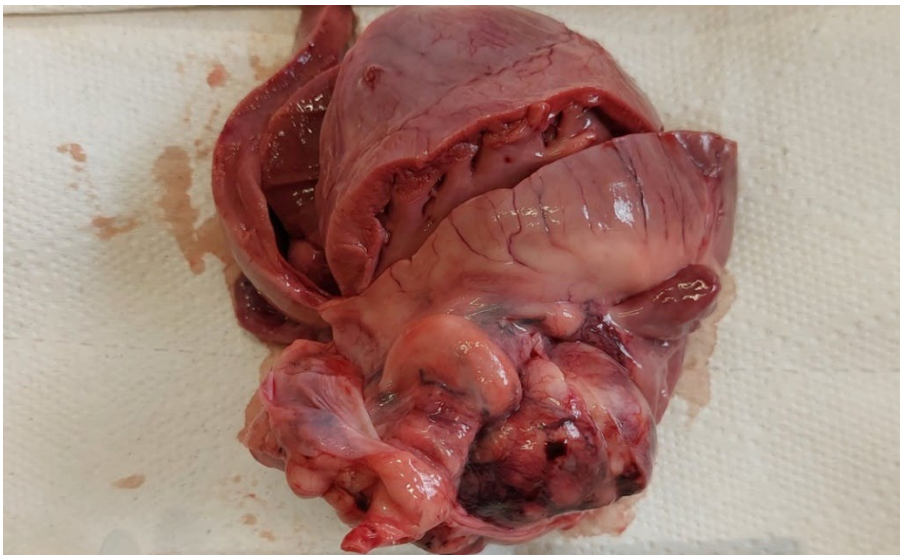


Fig. 1. Visible cardiac tumor during necropsy (Fig. by P. Listos)

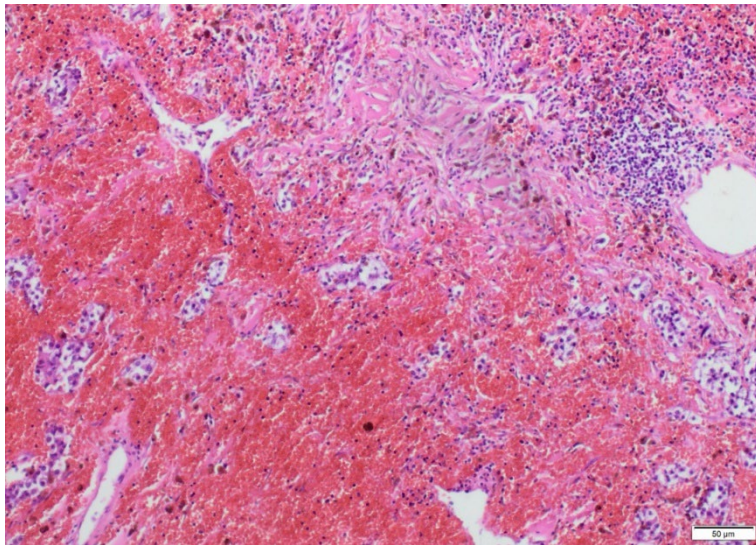


Fig. 2. Histopathological findings – HSA. H+E staining – magnification 10× (Fig. by P. Listos)

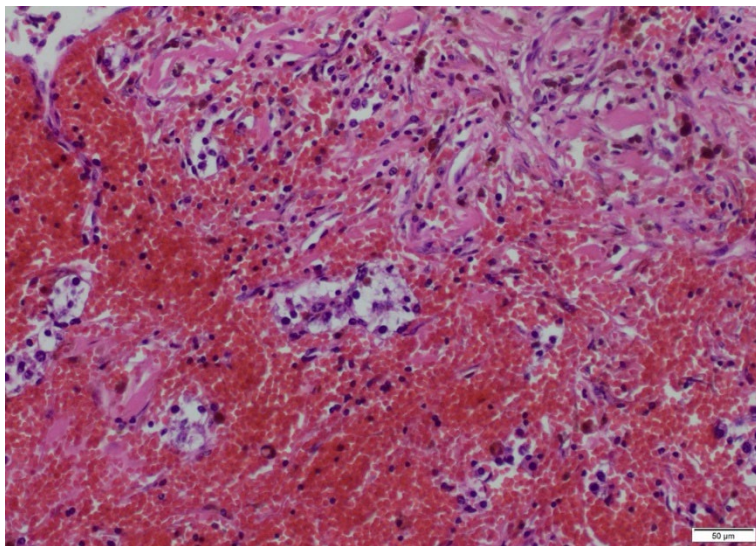


Fig. 3. Histopathological findings – HSA. H+E staining – magnification 20× (Fig. by P. Listos)

Cardiovascular failure represents one of the most common causes of death in veterinary forensic pathology. However, its etiology is multifactorial, often influenced by both intrinsic factors (e.g., age-related degeneration, genetic predisposition, neoplastic infiltration) and extrinsic factors, including trauma and intoxication. Forensic evaluation

in cases of cardiovascular failure must establish whether the condition itself was the primary cause of death or if external factors contributed significantly to mortality. The differentiation between primary and secondary cardiovascular failure is critical. For example, neoplasms such as hemangiosarcoma (HSA) frequently invade the myocardium, particularly the right atrium, leading to cardiac tamponade and acute cardiovascular collapse [De Nardi et al. 2023]. However, forensic investigations must consider whether additional elements such as mechanical trauma, coagulopathies, or toxicological agents exacerbated the existing condition. In forensic cases, visible traumatic injuries are often present, but their role in the cause of death must be thoroughly assessed. Blunt force trauma, for instance, may result in hemorrhagic pericardial effusion, which can mimic spontaneous hemangiosarcoma rupture. Post-mortem examination should include detailed histopathology and toxicology to exclude other potential contributors, such as anticoagulant rodenticides, which may cause fatal hemorrhage in conjunction with a preexisting cardiovascular condition. From a forensic perspective, the presence of hemorrhagic lesions should not be immediately attributed to trauma without supporting evidence. Advanced imaging and histological analyses are essential in distinguishing between spontaneous neoplastic rupture and trauma-induced hemorrhage. Additionally, forensic investigation must account for external factors such as possible iatrogenic injuries during medical intervention, which could contribute to cardiovascular compromise [Teresiński 2019].

Differentiating between neoplastic and infectious lesions is a fundamental aspect of forensic veterinary pathology, as both conditions may present with similar gross abnormalities but require distinct diagnostic approaches. Neoplastic lesions often exhibit uncontrolled cellular proliferation, forming well-demarcated or invasive masses, whereas infectious lesions typically present as inflammatory or necrotic foci associated with microbial infiltration and histopathological examination is often essential for distinguishing between these conditions. From a forensic perspective, misidentifying an infectious lesion as a neoplasm, or vice versa, can have significant implications, especially in cases where zoonotic pathogens or biosecurity concerns are present. The integration of histopathology, microbial culture, PCR-based pathogen detection, and immunohistochemistry ensures accurate diagnosis and appropriate legal and epidemiological responses.

The determination of whether a neoplasm was the primary cause of death becomes increasingly complex in cases where carcasses have undergone environmental exposure, concealment, or scavenging. Post-mortem decomposition alters tissue morphology, making forensic analysis challenging, particularly in cases involving water submersion, burial, or extensive scavenging by wildlife. In cases of water immersion, the forensic investigator must differentiate between hemorrhagic effusions caused by neoplasm rupture and those due to environmental factors such as aquatic scavengers or osmotic changes. Similarly, burial conditions influence tissue preservation, affecting the detectability of neoplastic lesions. Forensic taphonomic analysis, including soil chemistry and microbial activity assessments, may provide insights into post-mortem changes that obscure underlying neoplastic pathology. Animal scavenging further complicates forensic interpretation. The destruction of soft tissues is mainly present when carcasses are left on soil, which is most common situation in expert witness work. Scavengers can mask neoplastic lesions, necessitating skeletal and residual tissue examination to reconstruct the original pathological state [Indra et al. 2022].

Despite typical and main nature of forensic work, which is supporting legal authorities, expert witness may contribute to cases where evaluation whether the medical approach adhered to standard guidelines. In neoplastic cases, this includes assessing

whether diagnostic protocols, surgical interventions, or therapeutic choices were appropriate. Errors in clinical judgment, misdiagnosis, or inadequate treatment strategies may contribute to legal disputes [Pugliese et al. 2019, Gartrell 2021].

For private clients and breeding programs, an important forensic consideration is the heritability of neoplastic conditions. Recent advancements in genomic diagnostics, such as those described in the study by Chon et al. [2023], highlight the role of genetic testing in differentiating ambiguous neoplastic cases. The study demonstrated that genomic tumor analysis provided diagnostic clarity in 54% of cases, identifying relevant mutations that helped determine malignancy. In breeding animals, the detection of inherited oncogenes could influence breeding decisions, for example oncogenes CCND1 and CCND3, which were pointed out in the study), reducing the prevalence of heritable cancer syndromes. The forensic implications of these findings suggest a shift toward molecular diagnostics in veterinary pathology, allowing for precise classification of neoplasms even in diagnostically ambiguous cases. In conclusion, integrating genetic testing into forensic veterinary practice could enhance the accuracy of post-mortem diagnoses, particularly in cases where conventional histopathology yields inconclusive results. Future research should explore the forensic applications of genomic biomarkers in distinguishing between hereditary and sporadic neoplastic cases, providing critical insights for both legal and clinical decision-making.

Aiming at this case study, in forensic veterinary medicine perspective, a critical question in hemangiosarcoma cases is whether external trauma contributed to tumor rupture, accelerating death. Given the high vascularity and fragility of HSA, particularly in the spleen and heart, minor external forces may precipitate catastrophic hemorrhage. However, forensic differentiation between spontaneous rupture and trauma-induced rupture is complex. Blunt trauma, such as being hit by a vehicle or suffering a fall, can exert sufficient force to rupture a neoplastic lesion. However, spontaneous rupture remains a common occurrence due to the tumor's inherent structural weaknesses. The forensic examiner must assess for peritumoral hemorrhage, tissue reaction, and evidence of antemortem injury. In cases where trauma is suspected, corroborative findings such as subcutaneous contusions, fractures, or internal organ damage strengthen the hypothesis of an external force contributing to the fatal event. A meticulous forensic examination should also include histopathology to differentiate trauma-induced vessel rupture from neoplastic vessel rupture – trauma-induced vessel rupture typically shows damage in both neoplastic and adjacent healthy tissues, with signs of antemortem injury such as inflammation, fibrin deposition, or organized thrombi. In contrast, neoplastic rupture usually involves structurally weak, irregular tumor vessels without inflammatory response, and hemorrhage is confined around the tumor. Immunohistochemistry may aid in assessing endothelial integrity, while biomechanical modeling could quantify the impact force required to induce rupture. Additionally, forensic investigations should consider the circumstances of the trauma event – whether it occurred in an environment consistent with accidental injury or if external influences, such as abuse, played a role [De Nardi et al. 2023].

Summary

The presented case study illustrates the forensic investigation of a canine death involving a cardiac tumor suspected to be hemangiosarcoma. Despite the absence of external injuries, necropsy revealed a mass in the right atrial area of the heart. Histopathological analysis confirmed the tumor's vascular origin, demonstrating the malignant and infiltrative characteristics typical of hemangiosarcoma. Given the findings, the cause of death was determined to be cardiorespiratory failure resulting from the tumor, rather than external trauma or poisoning. This case underscores the significance of thorough forensic examination and the role of advanced diagnostic techniques in establishing accurate cause-of-death conclusions. As forensic veterinary medicine continues to evolve, integrating histopathology, molecular studies, and other specialized tools enhances the reliability of expert witness testimony, ensuring objective, evidence-based findings in both legal and non-legal contexts.

Bibliography

- Chon E., Wang G., Whitley D., Sakthikumar S., Warrier M., Wong S., Duran N., Adkins J., Boateng M., Zhu Z., Facista S., Haworth D., Hendricks W., 2023. Genomic tumor analysis provides clinical guidance for the management of diagnostically challenging cancers in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 261(5), 668–677, <https://doi.org/10.2460/javma.22.11.0489>
- De Nardi A.B., de Oliveira Massoco Salles Gomes C., Fonseca-Alves C.E., de Paiva F.N., Linhares L.C.M., Carra G.J.U., Dos Santos Horta R., Ruiz Sueiro F.A., Jark P.C., Nishiya A.T., de Carvalho Vasconcellos C.H., Ubukata R., Batschinski K., Sobral R.A., Fernandes S.C., Biondi L.R., De Francisco Strefezzi R., Matera J.M., Rangel M.M.M., Dos Anjos D.S., Dagli M.L.Z., 2023. Diagnosis, prognosis, and treatment of canine hemangiosarcoma: A review based on a consensus organized by the Brazilian Association of Veterinary Oncology, ABROVET. *Cancers* 15(7), 2025, <https://doi.org/10.3390/cancers15072025>
- Gartrell B., White B., 2021. Surviving clinical errors in practice. *N. Z. Vet. J.* 69(1), 1–4, <https://doi.org/10.1080/00480169.2021.1840740>
- Indra L., Errickson D., Young A., Lösch S., 2022. Uncovering forensic taphonomic agents: Animal scavenging in the European context. *Biology* 11(4), 601, <https://doi.org/10.3390/biology11040601>
- Kulnides N., Lorsirigool A., 2023. The role of veterinarians in forensic science: A review. *World's Vet. J.* 13(3), 452–458, <https://doi.org/10.54203/scil.2023.wvj49>
- Maxie M.G., 2016. Jubb, Kennedy, and Palmer's pathology of domestic animals (6th edition). Elsevier, USA.
- Parry N.M.A., Stoll A., 2020. The rise of veterinary forensics. *Forensic Sci. Int.* 306, 110069, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.110069>
- Pugliese M., Voslarova E., Biondi V., Passantino A., 2019. Clinical practice guidelines: An opinion of the legal implication to veterinary medicine. *Animals* 9(8), 577, <https://doi.org/10.3390/ani9080577>
- Teresiński G., 2019. Medycyna sądowa. Tanatologia i traumatologia sądowa. PZWL, Warszawa.

Examination of injuries and blood patterns in forensic veterinary medicine

Opiniowanie ran i śladów krwawych w weterynarii sądowej

Introduction

The examination of injuries and blood patterns constitutes a fundamental aspect of forensic veterinary medicine, providing critical insights into the mechanisms of trauma and its forensic implications. A thorough understanding of injury formation, including the differentiation between active and passive injuries, is essential for accurate forensic analysis. The assessment of superficial wounds, such as abrasions, as well as the classification of deeper injuries, contributes to the reconstruction of events leading to trauma. Moreover, the evaluation of bruising evolution and the chronological dating of contusions serve as valuable tools in determining the temporal sequence of inflicted wounds. The classification of wounds, alongside the identification of their characteristics, allows for the preliminary typification of the instruments or forces involved in their infliction. Although such inferences require cautious interpretation, they can aid in reconstructing the circumstances surrounding an animal's injury or death. Additionally, the assessment of wound healing stages facilitates the determination of the time elapsed since injury occurrence, further distinguishing antemortem from postmortem lesions. The differentiation between vital and non-vital injuries is of particular forensic significance, as it establishes whether a wound was sustained during life, thereby assisting in the identification of abuse, trauma, or other contributory factors in forensic investigations. Beyond the direct evaluation of injuries, the analysis of internal trauma requires meticulous examination, with a focus on hemorrhagic patterns and tissue responses indicative of perimortem versus postmortem damage. Concurrently, the assessment of bloodstain patterns offers essential forensic evidence, as the morphology, distribution, and spatial characteristics of bloodstains can provide insights into the nature and dynamics of the traumatic event. Blood pattern analysis, when considered alongside injury assessment, contributes to the reconstruction of the events preceding an animal's death or injury.

¹ University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Veterinary Medicine, Student Scientific Association of Forensic Veterinary Medicine, kacper.lewikowski@icloud.com

² University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pathomorphology and Forensic Veterinary Medicine

Most common injuries

Objects can cause injuries in several ways. One common scenario is when an object is in motion while the animal's body remains still, such as in cases of blunt force trauma, gunshot wounds, or sharp force injuries. Another occurs when the body is moving while the tool remains stationary, as seen in falls or impalements. A third mechanism involves both the object and the body moving simultaneously, as in vehicle-related trauma. Each of these mechanisms results in distinct injury patterns that can be examined during a forensic veterinary autopsy, providing critical macroscopic evidence of trauma. Mechanical injuries are among the most frequently encountered in veterinary forensic cases, affecting both companion animals and wildlife. These injuries can be categorized into crushing, penetrating, tearing, and lacerated wounds. Proper classification helps forensic veterinarians determine the probable cause of the injuries and the type of tool or force used, which is crucial for legal investigations. It is also important to distinguish injuries based on their characteristics. They can be classified as active or passive, and as direct or indirect. Indirect injuries, where damage occurs at a site different from the point of impact, can complicate forensic analysis and require careful examination [Teresiński 2019].

Abrasions result from contact with blunt objects or rough surfaces. In many cases, their appearance alone does not allow for precise identification of the tool used. However, there are situations where specific patterns can reveal valuable forensic information. Patterned abrasions, for example, take on a geometric shape that reflects the texture of the object responsible for the injury. Another notable example is crescent-shaped abrasions caused by clawing or biting, which may indicate defensive wounds. If such abrasions are found around the neck, they could suggest antemortem strangulation, while those around the muzzle and nose may indicate forced airway obstruction.

Beyond determining the cause of an injury, abrasions can also help estimate the time of trauma. Research conducted on histopathological changes in human injuries has been applied to forensic veterinary studies, demonstrating a timeline for tissue reactions. Early changes, such as perivascular infiltration by inflammatory cells, can be observed within a few hours post-injury. As time progresses, additional layers of tissue repair and immune response become evident. Within twelve to eighteen hours, deeper layers of the abrasion fill with inflammatory cells. Granulation tissue and epithelial hyperplasia generally appear several days post-injury, with full epithelial regeneration beginning around the twelfth day. These timeframes, while based on human models, provide useful reference points for estimating wound age in animals. One of the most frequently posed forensic veterinary questions concerns estimating the age of contusions. During a necropsy, the presence of bruising or hemorrhage generally indicates that the injury occurred while the animal was still alive, meaning the trauma was inflicted antemortem. However, limited blood leakage from damaged vessels can also occur postmortem, sometimes creating marks that mimic true bruises. In living animals, bruises may become visible almost immediately after trauma if the affected blood vessels are located close to the skin. However, when injuries occur in deeper tissues, bruising may not be externally visible until hours or even days later. It is also important to recognize that hemorrhages may form in deeper tissue layers without any corresponding external injuries, meaning a lack of visible bruising does not rule out significant mechanical trauma [Kostadinova-Petrova et al. 2017].

Age of bruises and wound classification

Currently, there is no precise method for determining the exact age of bruises in animals, just as in human forensic cases. Even in human forensic medicine, dating bruises is challenging, especially in young or elderly individuals due to variations in healing rates. In veterinary necropsies, postmortem changes further complicate bruise analysis, as blood leakage sites decompose more rapidly, making fresh bruises appear darker or more pronounced. The color of bruising can also change postmortem, sometimes turning greenish before widespread body discoloration occurs. A yellow hue in a bruise is generally an indicator that the injury is more than eighteen hours old. However, the absence of yellow does not necessarily mean the bruise is fresher than that, as color progression varies based on factors such as species, health condition, and postmortem changes. It is not possible to precisely date a bruise within the first twenty-four hours after injury, though in some cases, it may be classified as “early”. Typically, bruises appear dark blue or purple soon after trauma and gradually fade over time. If a bruise still shows early characteristics and has not begun changing color, it is unlikely to be more than two days old at the time of death. However, in geriatric animals, wound healing can be delayed, making timing assessments more complex [Hughes et al. 2004].

In forensic medical examinations, accurate wound classification is crucial for determining the mechanism of injury, the type of weapon used, and the circumstances surrounding the trauma. Understanding wound characteristics helps forensic experts reconstruct events, differentiate between self-inflicted and assault wounds, and assess whether injuries align with a given testimony. Each wound type has distinct features that provide valuable forensic evidence. Incised wounds are caused by sharp objects such as knives, razors, or glass. They are characterized by a linear or spindle-shaped appearance, smooth and even edges, the absence of epidermal abrasions and connective tissue bridges in the wound bed, and a length greater than depth. Puncture wounds result from pointed instruments like needles, knives, or ice picks. These wounds have a visible entry point, a deeper-than-wide wound tract, smooth edges (sometimes with one pointed end, depending on the weapon), and may penetrate internal organs or bones. Contused wounds are inflicted by blunt objects like hammers, fists, or stones. They feature irregular edges, epidermal abrasions along the margins, bruising, and connective tissue bridges within the wound bed. They frequently occur in areas near bones, such as the head. Lacerated wounds arise from blunt force trauma exerted at an angle, resulting in one edge being detached from the underlying tissue while the opposite edge appears beveled and abraded [Hardman and Manoukian 2002]. Bite wounds are caused by human or animal teeth. They often present as characteristic semicircular or double-arc impressions. The morphology varies depending on the type of teeth involved – incisors produce narrow, slit-like wounds, canines create irregularly round or angular punctures, while molars cause irregular injuries, often with associated tissue crushing or avulsion. Torn wounds occur due to tearing forces from objects such as hooks or boathooks. They are distinguished by jagged, irregular edges and may involve the detachment of deeper tissue fragments. Crush wounds result from high-force compression injuries, leading to severe tissue destruction. They are often associated with extensive damage to internal structures, including bones, and display irregular shapes with uneven wound margins. A precise wound analysis allows forensic experts to establish the force, direction, and nature of trauma, aiding in criminal investigations and legal proceedings, therefore being able to provide information about potential weapon [Teresiński 2019]. Identification is divided into broad-group and individual identification.

Broad-group identification is the preliminary classification based on general object characteristics and material properties. This type of identification determines the kind and type of tool without pinpointing a specific exemplar. In practice, broad-group identification is used when there are no evidentiary tools available or when there is a large number of potential tools. Its outcome is either the selection of a probable tool or its exclusion. Individual identification aims to determine whether the examined object is the specific tool that caused injuries, damage, or other traces. Wound healing is a dynamic biological process with significant forensic implications, particularly in determining the time of injury and whether it occurred ante- or post-mortem. The healing process follows a predictable sequence of cellular and molecular events, which forensic experts analyze to estimate injury timing and interpret trauma-related findings. Immediately after injury, erythrocytes appear at the wound site within seconds to minutes. Neutrophils infiltrate within 1 to 15 hours, initiating the inflammatory response. Macrophages follow within 3 to 72 hours, clearing debris and releasing cytokines to regulate subsequent phases. By 72 hours, erythrophages, siderophages, and lipophages emerge, marking early tissue breakdown and iron metabolism. Fibroblasts and myofibroblasts appear between 2 and 4 days, contributing to extracellular matrix formation and wound contraction. Angiogenesis becomes evident around 3 to 4 days, supplying oxygen and nutrients essential for tissue repair. Granulation tissue, a hallmark of active wound healing, forms by 72 hours and progresses over subsequent days. Epidermal regeneration occurs between 1 and 9 days, with small wounds achieving full re-epithelialization around day 5. In minor injuries, vascular and cellular components regress by 8 to 12 days, while larger or complicated wounds may retain healing activity beyond 30 days [Gupta and Kumar 2015, Bienz et al. 2024].

Forensic experts assess wound color changes, particularly in scab formation, as an auxiliary method for estimating injury age. Blood coagulates within minutes, forming an initial clot that transitions to a drying, cherry-red or grayish-red scab over hours. Between 2 and 7 days, the scab darkens to a rusty-brown or dark gray-brown hue. By days 5 to 6, peripheral detachment begins, and complete separation occurs within 7 to 10 days. However, scab evolution varies based on wound type, size, location, individual healing capacity, environmental conditions, and wound management [Teresinski 2019]. Histological examination using hematoxylin and eosin (H&E) staining remains a standard forensic tool for determining wound vitality and estimating injury age. However, traditional histology detects healing responses only after approximately 24 hours, limiting its utility in very recent wounds. To address this, forensic medicine increasingly relies on immunohistochemical and biochemical methods. These techniques detect early molecular markers, including selectins (E, P, L), fibronectin, adhesion molecules (ICAM-1, VCAM-1), interleukins, TNF, and collagen subtypes. Immunohistochemistry can demonstrate wound vitality within minutes post-injury, distinguishing fresh wounds (hours old), intermediate wounds (2–3 days old), and older injuries (6–7 days old). Despite their forensic potential, immunohistochemical methods remain supplementary due to variability in results, influenced by autolysis, decomposition, sample preservation, fixation techniques, and staining protocols.

Standardization challenges limit their widespread forensic application, but ongoing advancements may enhance their reliability and accessibility. Given these considerations, forensic experts must integrate multiple wound assessment methods, including macroscopic, histological, and molecular analyses, to achieve accurate forensic conclusions. The distinction between antemortem and postmortem injuries is a fundamental aspect of

forensic medicine, as it provides crucial information regarding the circumstances surrounding death. Antemortem injuries occur before death and demonstrate physiological responses such as inflammation, hemorrhage, and cellular infiltration, all of which indicate the body's attempt at healing. These processes are mediated by the vascular and immune systems, which remain functional only in living organisms. One of the key macroscopic indicators of antemortem injury is edema, which is exclusive to injuries sustained during life due to the active role of the circulatory system in fluid distribution. Additionally, hemorrhagic suffusions, or subcutaneous blood infiltration (commonly referred to as bruising), occur only antemortem, as they require intact vascular pressure and active blood circulation to spread into surrounding tissues. Hemorrhage in antemortem injuries is often extensive and well-defined, as blood is actively circulating, leading to infiltration of erythrocytes into adjacent tissues. In contrast, postmortem injuries lack significant hemorrhage due to the cessation of circulation. Instead, blood passively settles under the influence of gravity, forming hypostatic lividity (*livor mortis*), which may sometimes be mistaken for bruising.

However, forensic analysis distinguishes the two by assessing the dispersion of blood within tissues – bruises are caused by active bleeding into the interstitial space, while lividity follows gravitational pooling. Another critical forensic marker is clot formation. Postmortem blood often remains fluid for an extended period, and when clots do form, they tend to be soft, watery, loosely cohesive, and poorly adhered to surrounding tissues. In contrast, clots in antemortem injuries are firm, elastic, and demonstrate a clear progression of coagulation, reflecting the body's hemostatic response to vascular injury. Similarly, the presence of a scab (or crust) over a wound is an exclusive feature of antemortem trauma, as the formation of fibrinous tissue and epithelial repair processes require an active biological response. From a histopathological perspective, healing responses such as leukocyte infiltration, fibroblast activation, and tissue remodeling do not occur in postmortem wounds. In antemortem injuries, these responses manifest as inflammatory cell migration, neovascularization, and reparative processes, all of which indicate a period of survival following the trauma. The absence of these healing markers in postmortem wounds is a key diagnostic criterion. Microscopically, postmortem injuries lack extravasation of white blood cells from the vascular bed, and there is no formation of an inflammatory or reparative focus. Furthermore, the presence of fat or bone marrow emboli within blood vessels is indicative of antemortem trauma, as embolization requires a functional circulatory system to transport fat globules or marrow elements to distant sites. If such emboli are detected only at the site of trauma and not in distal locations, they are likely postmortem artifacts rather than true embolic phenomena. In forensic practice, histochemical, immunohistochemical, and biochemical markers provide additional confirmation of injury chronology.

Postmortem wounds do not elicit detectable histochemical or immunohistochemical responses, as the metabolic and cellular activity necessary for protein expression ceases at death. The absence of stress-related biochemical markers, such as elevated catecholamines, further supports the postmortem nature of an injury. Establishing whether an injury occurred during life or after death can clarify the sequence of events leading to death, distinguish between homicide, accidental trauma, and postmortem manipulation of the body, and contribute to the reconstruction of the circumstances surrounding death. This differentiation is particularly critical in cases where external injuries appear ambiguous, such as in decomposed bodies or situations where postmortem animal scavenging has

occurred. By integrating all mentioned methods, the forensic expert ensures a comprehensive assessment of trauma chronology, ultimately aiding the justice system in accurately determining the cause and manner of death [Dettmeyer 2014, Payne-James and Jones 2019, Teresiński 2019].

Bloodstain pattern analysis

Bloodstain Pattern Analysis (BPA) is a critical discipline within forensic science that examines bloodstains at crime scenes to determine the events that led to their deposition. The distribution, shape, and characteristics of bloodstains can provide vital information about the nature of a crime, including the type of weapon used, the number of blows delivered, and the position of individuals involved. When blood exits the body, it interacts with the surrounding environment, forming distinct patterns based on the force, angle, and surface characteristics upon which it lands. Bloodstains at crime scenes can be classified into several main categories based on their formation mechanism.

Passive bloodstains result from gravity acting on liquid blood, including drips (blood falling vertically from a source), pools (accumulations of blood on a surface due to prolonged bleeding), and flows (movement of blood influenced by gravity, often seen on inclined surfaces). Impact spatter occurs when an external force is applied to a source of liquid blood, creating airborne droplets, with subdivisions based on force intensity: high-velocity spatter (often associated with gunshots, producing stains less than 1 mm in diameter), medium-velocity spatter (common in beatings or stabbings, resulting in stains between 1 and 4 mm in diameter), and low-velocity spatter (larger stains, greater than 4 mm, typically caused by blunt force trauma or free-falling blood).

Transfer bloodstains occur when an object with blood comes into contact with another surface, such as wipes (a secondary object moves through an existing bloodstain, altering its appearance), swipes (a bloodied object leaves an imprint as it moves across a surface), and pattern transfers (recognizable shapes transferred from bloodied objects, such as shoeprints or handprints).

Projected bloodstains result from arterial spurting, expired blood (blood expelled from the respiratory system), or cast-off blood from swinging weapons, including arterial spurts (characterized by an arc-like pattern due to blood being ejected under pressure from damaged arteries), expired bloodstains (typically seen in cases involving injuries to the mouth, nose, or lungs, often containing air bubbles), and cast-off stains (created when blood is flung from an object in motion, commonly seen in repeated blunt force trauma). Determining the directionality of bloodstains is crucial for reconstructing events at a crime scene. Blood droplets in motion retain a spherical shape due to surface tension. Upon impact, the shape of the stain provides information on the direction of travel (the tail or elongated end of a blood droplet indicates its original trajectory) and the angle of impact. While BPA is a powerful forensic tool, it has inherent limitations, including environmental influences (wind, temperature, and humidity can alter bloodstain characteristics), inter-observer variability (subjectivity in interpretation may lead to inconsistencies), and false positives in chemical testing and some substances react similarly to blood, requiring confirmatory testing, e.g. luminol in the presence of rust on the scene [Houck et al. 2018, Singh et al. 2021].

Summary

Accurate injury classification – differentiating between active and passive wounds, antemortem and postmortem lesions, and various trauma mechanisms—provides critical insights into the forces involved. Bloodstain pattern analysis further aids in understanding the circumstances surrounding an animal's death or injury. Evaluating wound healing stages and the evolution of bruising helps estimate injury timing, while forensic wound typification can assist in identifying potential weapons. The integration of these forensic methods enhances investigative accuracy, ultimately contributing to animal welfare and justice.

Bibliography

- Bienz S.P., Gadzo N., Zuercher A.N., Wiedemeier D., Jung R.E., Thoma D.S., 2024. Clinical and histological wound healing patterns of collagen-based substitutes: An experimental randomized controlled trial in standardized palatal defects in humans. *J. Clin. Periodontol.* 51(3), 319–329, <https://doi.org/10.1111/jcpe.13903>
- Dettmeyer R.B., 2014. The role of histopathology in forensic practice: an overview. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 10, 401–412.
- Gupta A., Kumar P., 2015. Assessment of the histological state of the healing wound. *Plast Aesthet Res.* 2, 239–242, <https://doi.org/10.4103/2347-9264.158862>
- Hardman J.M., Manoukian A., 2002. Pathology of head trauma. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 12(2), 175–187, [https://doi.org/10.1016/S1052-5149\(02\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1052-5149(02)00009-6)
- Houck M.M., Crispino F., McAdam T., 2018. Bloodstain pattern analysis. *The Science of Crime Scenes*, Academic Press, USA.
- Hughes V., Ellis P., Langlois N., 2004. The perception of yellow in bruises. *J. Clin. Forensic Med.* 11, 257–259.
- Kostadinova-Petrova I., Mitevska E., Janeska B., 2017. Histological characteristics of bruises with different age. *Open Access Maced. J. Med. Sci.* 5(7), 813–817, <https://doi.org/10.3889/oamjms.2017.207>
- Payne-James J., Jones R.M., 2019. *Simpson's Forensic Medicine*, 14th Edition, CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9781315157054>
- Singh P., Gupta N., Rath R., 2021. Blood pattern analysis—a review and new findings. *Egypt J. Forensic. Sci.* 11, 9, <https://doi.org/10.1186/s41935-021-00224-8>
- Teresiński G., 2019. *Medycyna sądowa. Tanatologia i traumatologia sądowa*. PZWL, Warszawa.

Preferencje występowania inwazyjnego sumika karłowatego (*Ameiurus nebulosus*) w jeziorach o różnych głębokościach

Occurrence preferences of the invasive brown bullhead (*Ameiurus nebulosus*) in lakes of different depths

Wstęp

Sumik karłowaty (*Ameiurus nebulosus*) jest jednym z 32 gatunków ryb introdukowanych do wód Polski, z czego jedynym pochodzącym z wód Ameryki Północnej [Welcomme 1988, Grabowska i in. 2010]. Naturalnie gatunek ten występuje w zlewiskach rzek Missisipi i Missouri, a pierwsze doniesienia o występowaniu tego gatunku w wodach Europy sięgają drugiej połowy XIX wieku [Elvira i Almodovar 2001, Copp i in. 2005]. Początkowo celem wprowadzenia nowego gatunku było zwiększenie atrakcyjności wędkarstwa rekreacyjnego. Z czasem okazało się, że gatunek ten wykazuje cechy gatunku inwazyjnego, konkurując z rodzimymi gatunkami o siedlisko i pokarm. Istnieje wiele prac na temat wyglądu, występowania, rozprzestrzeniania się, liczebności i cech populacji *A. nebulosus* w polskich wodach śródlądowych [Kapusta i in. 2010, Hliwa i Błażejewski 2016, Rechulicz i Płaska 2018, 2019, Ulikowski i in. 2022]. Znany jest jego oportunizm pokarmowy, zmienność diety i znaczący udział ryb w pokarmie, zwłaszcza u większych osobników [Leunda i in. 2008, Rechulicz i Płaska 2021]. Niewiele natomiast jest informacji na temat biologii i preferencji siedliskowych tego gatunku. Stąd celem pracy było określenie, czy występowanie tego gatunku w jeziorach jest uzależnione od ich głębokości, oraz ustalenie, czy gatunek ten ma jakieś preferencje co do strefy głębokości jezior, w których występuje.

Materiał i metody

Jeziora, które stanowiły teren badań, położone są na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim w województwie lubelskim (ryc. 1).

Jezioro Piaseczno pod względem limnologicznym stanowi zbiornik typu dymiktycznego o maksymalnej głębokości 38,8 m i powierzchni 84,7 ha. Jest to jezioro oligotroficzne, charakteryzujące się niską zawartością substancji biogennej oraz wysoką przejrzystością wody, co sprzyja rozwojowi roślinności zanurzonej, takiej jak ramienice.

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Studenckie Koło Naukowe Rybactwa i Akwarystyki

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, jacek.rechulicz@up.lublin.pl

Jezioro Bikcze ma powierzchnię 85 ha i maksymalną głębokość 3,3 m. Jest zbiornikiem polimiktycznym, typu stawowego, a pod względem trofii należy do jezior eutroficznych. Jezioro ma niedostępne brzegi i nie zostało zagospodarowane na potrzeby turystyki i rekreacji.

Jezioro Uściwierz jest największym z opisywanych zbiorników, jego powierzchnia wynosi 284,1 ha. Maksymalna głębokość tego zbiornika wynosi 6,6 m, natomiast średnia głębokość to 3,1 m. Należy do jezior eutroficznych, co wiąże się z dużą produktywnością biologiczną i okresowymi zakwitami fitoplanktonu [Wilgat i in. 1991].



Ryc. 1. Lokalizacja badanych jezior (źródło: Mapy Google)

Odłowy kontrolne ryb w jeziorach Piaseczno, Bikcze i Uściwierz przeprowadzono w 2024 r. zgodnie ze standardową metodą monitoringu ryb w jeziorach [Panek 2021]. Do przeprowadzenia odłowów ryb wykorzystano sieci denne bentosowe typu nordyckiego, które rozstawiano losowo we wszystkich trzech jeziorach w liczbie i zakresach głębokości określonych szczegółowo normą EN 14757 (EN 14757:2015). W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry oraz liczbę wontonów dennych wykorzystanych przy połowach ryb w poszczególnych jeziorach.

We wszystkich jeziorach złowione ryby oznaczono co do gatunku, zważono (g) i zmierzono (cm). Z uwagi na to, że w każdym z jezior do połowów wykorzystano różną liczbę sieci, uzyskane wyniki połowów ryb przeliczono na wartości jednostki połowowej NPUE (*number per unit effort*) i WPUE (*weight per unit effort*). Wartości NPUE oraz WPUE dla poszczególnych jezior określały liczebność oraz biomasę ryb odłowionych jedną siatką w czasie 12 godzin połowu [Diekmann i in. 2005].

Uzyskane wyniki połowów kontrolnych pozwoliły na określenie składu gatunkowego, bogactwa gatunkowego oraz struktury dominacji w liczebności i biomase ryb w poszczególnych jeziorach. Wskaźniki dominacji w liczebności (D_i) i biomase (W_i) obliczono na podstawie wzorów:

$$D_i(\%) = 100 \times n_i / \sum n_i,$$

$$W_i(\%) = 100 \times w_i / \sum w_i,$$

gdzie: n_i – liczba osobników gatunku i , w_i – łączny ciężar osobników gatunku i .

Ustalono obecność i udział sumika karłowatego w jeziorach oraz jego występowanie na różnych głębokościach. Porównano udział tego gatunku w ichtiofaunie oraz określono zróżnicowanie jego udziału w zależności od głębokości badanych jezior.

Tabela 1. Opis podstawowych parametrów badanych jezior oraz liczba sieci nordyckich dennych (według normy EN 14757) wykorzystanych do połowów ryb w badanych jeziorach na poszczególnych głębokościach

Wyszczególnienie		Jezioro		
		Piaseczno	Bikcze	Uściwierz
Współrzędne geograficzne		N 51.38804751 E 23.03637152	N 51.37737699 E 23.05522425	N 51.36865049 E 23.07337363
Powierzchnia (ha)		84,7	85,0	284,1
Głębokość maksymalna (m)		38,8	3,3	6,6
Typ abiotyczny		WSm_a	WSd_b	WSm_b
Strefy głębokości	0–3 m	7	8	11
	3–6 m	7	<i>nd.</i>	9
	6–12 m	10	<i>nd.</i>	<i>nd.</i>
	12–20 m	6	<i>nd.</i>	<i>nd.</i>
	20–35 m	6	<i>nd.</i>	<i>nd.</i>
	35–50 m	1	<i>nd.</i>	<i>nd.</i>

Skrót: *nd.* – nie dotyczy

Wyniki badań

W badanych jeziorach stwierdzono występowanie od 12 do 13 gatunków ryb, najmniej gatunków odnotowano w jeziorze Bikcze. Wyniki połowów wykazały, że w każdym z jezior obecny był sumik karłowaty (tab. 2). Najwięcej sumików karłowatych odłowiono w jeziorze Uściwierz (481 osobników), a najmniej w jeziorze Bikcze (48 osobników).

Wyniki połowów na różnych głębokościach wykazały, że sumik karłowaty występował we wszystkich jeziorach w strefie najpłytszej 0–3 m. W najgłębszym jeziorze (Piaseczno) występował (pojedyncze osobniki) najgłębiej w sieciach stawianych na głębokości od 6 do 12 m.

Tabela 2. Gatunki ryb stwierdzone w poszczególnych jeziorach zlokalizowanych na badanym terenie

Gatunek	Jezioro		
	Piaseczno	Bikcze	Uściwierz
Karp – <i>Cyprinus carpio</i>	X	–	–
Karaś pospolity – <i>Carassius carassius</i>	X	X	X
Lin – <i>Tinca tinca</i>	X	X	X
Różanka – <i>Rhodeus amarus</i>	–	X	X
Leszcz – <i>Abramis brama</i>	–	X	X
Krąp – <i>Blicca bjoerkna</i>	–	X	X
Płoc – <i>Rutilus rutilus</i>	X	X	X
Wzdręga – <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	X	X	X
Ukleja – <i>Alburnus alburnus</i>	X	X	X
Sumik karłowaty – <i>Ameiurus nebulosus</i>	X	X	X
Sum – <i>Silurus glanis</i>	X	X	X
Szczupak – <i>Esox lucius</i>	X	–	–
Sielawa – <i>Coregonus albula</i>	X	–	–
Sieja – <i>Coregonus lavaretus</i>	X	–	–
Okoń – <i>Perca fluviatilis</i>	X	X	X
Jazgarz – <i>Gymnocephalus cernuus</i>	X	X	X
Sandacz – <i>Sander lucioperca</i>	–	–	X
Liczba gatunków	13	12	13
Ogólna liczba złowionych ryb	1857	2926	2943

Analiza względnej liczebności i biomasy wykazała, że zdecydowanie najwięcej sumików karłowatych odłowionych jedną siecią odnotowano w jeziorze Uściwierz średnio odpowiednio 24,05 NPUE i 797,11 WPUE. W pozostałych dwóch jeziorach liczebność względna kształtowała się na poziomie od 5,21 NPUE do 6,0 NPUE. Najmniejszą względną biomasę sumika karłowatego odłowiono w jeziorze Piaseczno (284,51 WPUE) (tab. 3). Analiza względnej liczebności i biomasy sumika karłowatego pod względem występowania na różnych głębokościach wykazała, że w badanych jeziorach głębszych (powyżej 3 m, tj. Piaseczno i Uściwierz) w strefie głębokości od 0 do 3 m sumik karłowaty osiągał około 12 NPUE (tab. 3). W jeziorze Piaseczno względna liczebność i bio-

masa sumika karłowatego zmniejszała się wraz z głębokością jeziora, natomiast w jeziorze Uściwierz (ok. 6 m głębokości) zarówno liczebność, jak i biomasa zwiększały się wraz z głębokością zbiornika. Zdecydowanie większą względną liczebność i biomasę odnotowano w jeziorze Uściwierz na głębokości od 3 do 6 m, odpowiednio 38,11 NPUE i 1191,77 WPUE (tab. 3).

Udział sumika karłowatego w ichtiofaunie był zróżnicowany w zależności od jeziora i jego głębokości. W ogólnej strukturze liczebności ryb sumik stanowił od 1,64% w jeziorze Bikcze do 16,34% w jeziorze Piaseczno. W obu głębszych jeziorach udział tego inwazyjnego gatunku w liczebności i biomasie był zdecydowanie większy w strefie od 3 do 6 m. Szczegółowe wyniki udziału procentowego sumika karłowatego w ichtiofaunie w zależności od strefy głębokości badanych jezior przedstawiono w tabeli 4. W jeziorach głębszych, tj. Piaseczno i Uściwierz, ponad 50% liczebności i biomasy wszystkich sumików karłowatych występowało w strefach jezior na głębokości powyżej 3 metrów (ryc. 2).

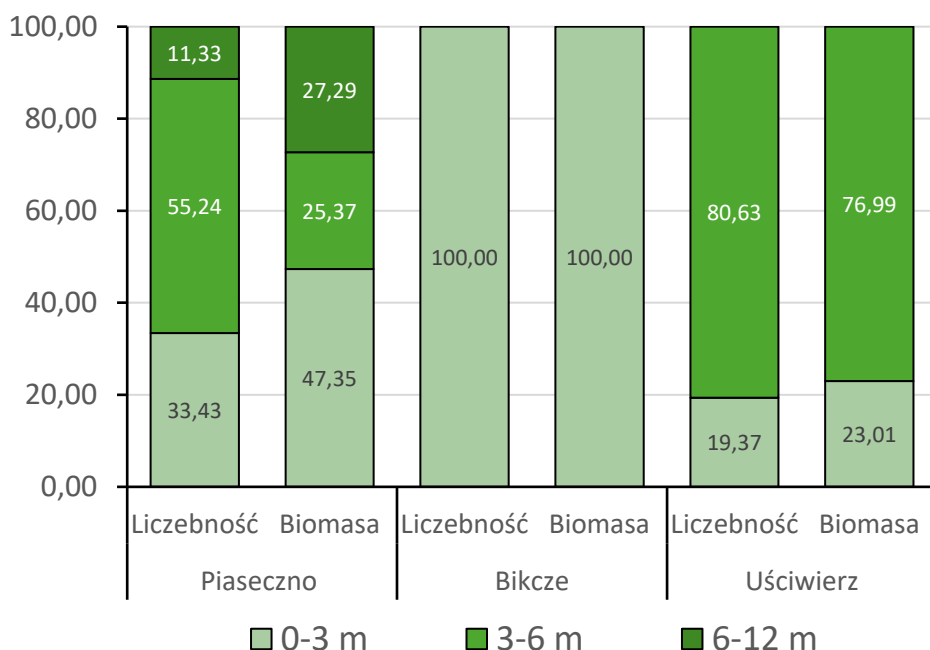
Tabela 3. Względna liczebność (NPUE) i biomasa (WPUE) wszystkich ryb i sumika karłowatego na różnych głębokościach w badanych jeziorach

Jezioro	Parametr	NPUE	WPUE
Piaseczno	wszystkie ryby	31,11	927,71
	średnio sumik karłowaty	5,21	284,51
	0–3 m	12,71	611,91
	3–6 m	4,43	280,10
	6–12 m	0,50	58,42
Bikcze	wszystkie ryby	365,75	4819,92
	średnio sumik karłowaty	6,00	508,47
	0–3 m	6,00	508,47
Uściwierz	wszystkie ryby	167,54	3643,43
	średnio sumik karłowaty	24,05	797,11
	0–3 m	12,54	474,22
	3–6 m	38,11	1191,77

Tabela 4. Udział sumika karłowatego (w %) w ichtiofaunie oraz udział w zależności od strefy głębokości badanych jezior

Jezioro	Ogólny udział w ichtiofaunie		Strefy głębokości jeziora					
			0–3 m		3–6 m		6–12 m	
	N	W	N	W	N	W	N	W
Piaseczno	11,16	20,45	11,80	28,74	19,50	15,40	4,00	16,56
Bikcze	1,64	10,55	1,64	10,55	–	–	–	–
Uściwierz	16,34	21,88	7,49	11,56	31,18	38,68	–	–

Objaśnienia: N – liczebność, W – biomasa



Ryc. 2. Preferencje występowania (w %) sumika karłowatego w zależności od głębokości jezior

Podsumowanie

Przeprowadzone badania stanowiły pionierską próbę ustalenia preferencji rozmieszczenia przestrzennego gatunku inwazyjnego sumika karłowatego w jeziorach o zróżnicowanej głębokości. Analiza wyników połowów wykazała, że gatunek ten był obecny we wszystkich jeziorach, a jego udział w ichtiofaunie, zarówno w strukturze liczebności, jak i biomasy, był znaczący. W głębszych jeziorach (powyżej 3 m) sumik karłowaty występował zdecydowanie liczniej i w większej biomacie w strefie głębokości od 3 do 6 m. Natomiast w najgłębszym z jezior (Piaseczno) w strefie głębokości od 6 do 12 m odnotowano jedynie pojedyncze osobniki tego gatunku. Istnieje potrzeba dalszych badań dotyczących preferencji siedliskowych oraz behawioru przestrzennego tego inwazyjnego gatunku ryby w innych zasiedlonych przez niego jeziorach.

Bibliografia

Copp G.H., Bianco P.G., Bogutskaya N.G., Eros T., Falka I., Ferreira M.T., Fox M.G., Freyhof J., Gozlan R.E., Grabowska J., Kovač V., Moreno-Amich R., Naseka A.M., Peñáz M., Povž M., Przybylski M., Robillard M., Russell I.C., Stakėnas S., Šumer S., Vila-Gispert A., Wiesner C.,

2005. To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *J. Appl. Ichthyol.* 21, 242–262, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2005.00690.x>
- Diekmann M., Brämick U., Lemcke R., Mehner T., 2005. Habitat-specific fishing revealed distinct indicator species in German lowland lake fish communities. *J. Appl. Ecol.* 42(5), 901–909.
- Elvira B., Almodóvar A., 2001. Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. *J. Fish Biol.* 59, 323–331, <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb01393.x>
- EN 14757:2015. Water quality – Sampling of fish with multi-mesh gillnets.
- Grabowska J., Kotusz J., Witkowski A., 2010. Alien invasive fish species in Polish waters: an overview. *Folia Zool.* 59(1), 73–85.
- Hliwa P., Błażejowski M., 2016. Threats related to the presence of invasive alien fish species in open waters in the context of legal regulations for anglers. *Rocz. Nauk. PZW* 2016, 66–78.
- Kapusta A., Morzuch J., Partyka K., Bogacka-Kapusta E., 2010. First record of brown bullhead, *Ameiurus nebulosus* (Lesueur), in the Łyna River drainage basin (northeast Poland). *Arch. Pol. Fish.* 18, 261–265, <https://doi.org/10.2478/v10086-010-0030-z>
- Leunda P.M., Oscoz J., Elvira B., Agorreta A., Perea S., Miranda R., 2008. Feeding habits of the exotic black bullhead *Ameiurus melas* (Rafinesque) in the Iberian Peninsula: first evidence of direct predation on native fish species. *J. Fish Biol.* 73, 96–114, <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.01908.x>
- Panek P., 2021. Podręcznik do monitoringu elementów biologicznych i klasyfikacji stanu ekologicznego wód powierzchniowych. Aktualizacja metod, <https://wody.gios.gov.pl/pjwp/api/files/download/7c2ae6bf-8282-467d-b1ed-adea9adf24c3> [dostęp: 15.09.2024].
- Rechulicz J., Płaska W., 2018. The invasive *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819) as a permanent part of the fish fauna in selected reservoirs in Central Europe: long-term study of three shallow lakes. *Turk. J. Zool.* 42, 464–474, <https://doi.org/10.3906/zoo-1710-16>
- Rechulicz J., Płaska W., 2019. Inter-population variability of diet of the alien species brown bullhead (*Ameiurus nebulosus*) from lakes with different trophic status. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 19, 59–69, https://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_1_07
- Rechulicz J., Płaska W., 2021. The diet of non-indigenous *Ameiurus nebulosus* of varying size and its potential impact on native fish in shallow lakes. *Glob. Ecol. Conserv.* 31, e01881, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01881>
- Ulikowski D., Kalinowska K., Traczuk P., 2022. Abundance and size structure of invasive brown bullhead, *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819), in a mesotrophic lake (northeastern Poland). *BioInvasions Rec.* 11, 267–277, <https://doi.org/10.3391/bir.2022.11.1.27>
- Welcomme R.L., 1988. International introductions of inland aquatic species. *FAO Fish. Tech. Pap.* 294, 318.
- Wilgat T., Michalczyk Z., Turczyński M., Wojciechowski K.H., 1991. Jeziora łęczyńsko-włodawskie. *Stud. Ośrod. Dok. Fizjogr.* 19, 23–140.

Poziom hałasu w trakcie pracy kierowcy taksówki

Noise level during the work of a taxi driver

Wstęp

W warunkach dynamicznego rozwoju cywilizacyjnego oraz nieustannie postępującego wzrostu natężenia ruchu drogowego problem hałasu generowanego przez pojazdy staje się jednym z kluczowych zagadnień wymagających stałego monitorowania i kontroli [Welch i in. 2023]. W Polsce, podobnie jak w innych krajach o wysokim stopniu urbanizacji, zauważalny jest stały wzrost liczby kierowców i pojazdów silnikowych, co w sposób bezpośredni przekłada się na pogłębianie się problemu zanieczyszczenia akustycznego. Według danych opublikowanych przez Centralną Ewidencję Pojazdów i Kierowców dostępnych na portalu GOV, tylko w roku 2024 liczba nowych kierowców powiększyła się o 278 474 osoby [Centralna Ewidencja Pojazdów i Kierowców 2024]. Do tej grupy należy doliczyć miliony obywateli, którzy nabyli uprawnienia do prowadzenia pojazdów w latach poprzednich, co w praktyce oznacza coraz większą liczbę pojazdów poruszających się po drogach publicznych. Zwiększająca się liczba pojazdów nie zawsze idzie w parze z modernizacją oraz utrzymaniem infrastruktury drogowej na odpowiednim poziomie. W wielu przypadkach obserwuje się stopniową degradację stanu technicznego dróg, co w połączeniu z dużym natężeniem ruchu sprzyja przekraczaniu dopuszczalnych norm hałasu komunikacyjnego. Potwierdzają to wyniki kontroli, według których na 92% skontrolowanych odcinków dróg odnotowano przekroczenia obowiązujących norm hałasu [Powiatowa Stacja Sanitarно-Epidemiologiczna w Szczecinie 2023]. Dodatkowo, jak wskazują dane Głównego Urzędu Statystycznego za rok 2021, ponad 270 tysięcy mieszkańców miast liczących powyżej 100 tysięcy osób narażonych było na ponadnormatywny hałas drogowy [GUS 2024]. Powyższe dane nie pozostawiają wątpliwości co do znaczenia problemu, który ma istotne konsekwencje zarówno w kontekście ochrony środowiska, jak i zdrowia publicznego oraz komfortu życia mieszkańców [Vilniškis i in. 2022].

Hałas drogowy stanowi jedno z głównych zagrożeń środowiskowych, a długotrwała ekspozycja na hałas wywołuje liczne skutki zdrowotne. Jak wynika z danych Europejskiej Agencji Środowiska, w skali kontynentu przewlekła ekspozycja na podwyższony poziom hałasu komunikacyjnego może być przyczyną nawet ok. 11 000 zgonów rocznie oraz

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Zagrożeń Zawodowych i Środowiskowych, jakubpaszkowski42@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska

ok. 41 000 przypadków chorób serca [Europejska Agencja Środowiska 2020]. W przypadku transportu drogowego szczególne znaczenie ma ekspozycja na hałas wewnątrz kabiny pojazdu, która bezpośrednio wpływa na komfort akustyczny i samopoczucie kierowcy. Jest to czynnik istotny zwłaszcza dla zawodowych kierowców, którzy przebywają w kabinie pojazdu przez wiele godzin dziennie [Gągorowski i Korzeb 2011]. Problem ten jest szczególnie widoczny w przypadku pojazdów osobowych klasy kompaktowej, gdzie ze względu na ograniczenia konstrukcyjne oraz niższy budżet produkcyjny izolacja akustyczna bywa mniej skuteczna w porównaniu z większymi pojazdami. Zagadnienie hałasu w pojazdach osobowych omawiane w piśmiennictwie obejmuje zarówno jego źródła, poziom natężenia, jak i wpływ na organizm. Stwierdzono, że największe natężenie hałasu występuje w okolicach komory silnika, co oznacza, że bez zastosowania odpowiednich rozwiązań tłumiących poziom dźwięku może znacznie przekraczać dopuszczalne normy [Przydatek i in. 2023]. Do źródeł hałasu należą m.in. dźwięki związane z toczeniem opon po nawierzchni, pracą układu wydechowego, drganiami elementów silnika i skrzyni biegów, a także z szumem powietrza oraz działaniem wentylatora chłodnicy [Ambroszko 2019]. Ponadto poziom hałasu słyszalnego zależy od prędkości pojazdu, rodzaju nawierzchni, stanu technicznego pojazdu oraz jakości zastosowanych materiałów wygłuszających [Mężyk i Czech 2021]. Wielogodzinna ekspozycja na hałas może prowadzić do problemów zdrowotnych, takich jak czasowe lub trwałe przesunięcie progu słyszenia, zaburzenia w funkcjonowaniu układu krążenia, pokarmowego, hormonalnego, nerwowego, a nawet przyspieszenia procesów starzenia się organizmu [Bortkiewicz i Czaja 2018]. Organizm nie posiada zdolności adaptacyjnych pozwalających na fizjologiczne przystosowanie się do przewlekłego oddziaływania tego zagrożenia, co odróżnia go od innych, takich jak temperatura czy ciśnienie atmosferyczne. Długotrwała ekspozycja pracownika na intensywny hałas może prowadzić do nieodwracalnego uszkodzenia słuchu, wzrostu poziomu stresu oraz zwiększenia ryzyka wystąpienia schorzeń układu krążenia. Jedynym skutecznym sposobem ograniczenia negatywnego wpływu hałasu jest stosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych oraz właściwa organizacja przestrzeni akustycznej. Duży problem stanowią jednak najstarsze samochody, szczególnie te w złym stanie technicznym.

Jak wynika z badań Wróbel i in. [2015], większość pojazdów generuje hałas w przedziale 85–94 dB, natomiast w przypadku samochodów ciężarowych, aż u 80% stwierdzono poziom 80 dB. Okazuje się, że samochody ciężarowe generują hałas o nieco niższym progu niż górny zakres samochodów osobowych, stanowią szczególne źródło uciążliwości akustycznej ze względu na masę pojazdu i niedostateczne wygłuszenie techniczne.

Celem badań jest określenie rzeczywistego poziomu hałasu wewnątrz kabiny kierowcy taksówki w trakcie codziennej eksploatacji, co pozwoli na wdrożenie ewentualnych działań ograniczających uciążliwość akustyczną.

Material i metody

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem profesjonalnego sprzętu pomiarowego, który zapewnił wysoką jakość i wiarygodność uzyskiwanych danych. W pomiarach zastosowano sonometr Sonopan DLM-102 klasy 2 (ryc. 1), specjalnie przystosowany do pomiarów natężenia dźwięku w warunkach środowiskowych, co pozwoliło na

rejestrację parametrów akustycznych w kabinie pojazdu w sposób zgodny z obowiązującymi normami. Dodatkowo wykorzystywano termohigrometr Abatron AB-3321 (ryc. 1) do monitorowania parametrów mikroklimatycznych – wilgotności względnej oraz temperatury. Przed przystąpieniem do pomiarów przeprowadzono kalibrację urządzeń przy użyciu kalibratora akustycznego Sonopan. Wszystkie urządzenia były eksploatowane zgodnie z zaleceniami producenta i w warunkach mikroklimatycznych określonych jako optymalne dla ich pracy.



Ryc. 1. Sprzęt pomiarowy wykorzystany do badań (fot. J. Paszkowski)

Pomiary prowadzono w zakresie dźwięku słyszalnego, tzw. hałas słyszalny, w warunkach odpowiadających typowemu dniu pracy. Wszystkie pomiary wykonano przy wyłączonym systemie nagłośnienia, aby wyeliminować dodatkowe źródła dźwięku.

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w obowiązującej PN, sonometr umieszczano we wnętrzu kabiny w odległości 10–20 cm od najbardziej narażonego na działanie hałasu ucha kierowcy. Równolegle prowadzono ciągły monitoring warunków mikroklimatycznych.

Badania prowadzono w tym samym samochodzie w trakcie wybranego dnia pracy podczas 8-godzinnej ekspozycji kierowcy. Zgodnie z normą wykonano 8 pomiarów, każdy po 60 min, co pozwoliło na uzyskanie danych w odniesieniu do dopuszczalnego natężenia dźwięku. Badania prowadzono w warunkach eksploatacyjnych, na terenie aglomeracji miejskiej o zróżnicowanym natężeniu ruchu. Podczas pomiarów określano równocześnie trzy parametry: L_{Aeq} (równoważny poziom dźwięku), L_{AFmax} (maksymalny poziom dźwięku) oraz L_{CMPk} (szczytowy poziom dźwięku ważony charakterystyką C). Wyniki tych badań zostały przedstawione w tabeli 1. Do oceny narażenia pracownika uzyskane wielkości poddano analizie zgodnie z normą ISO 9612:2024 i przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki

Uzyskane podczas badań wartości dźwięku zostały poddane szczegółowej analizie zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami i standardami metodycznymi. Najwyższy poziom równoważny dźwięku L_{Aeq} wynosił 71,4 dB, natomiast najniższy 38,4 dB. Średnia arytmetyczna dla wszystkich przeprowadzonych pomiarów została określona na poziomie 58,9 dB. Wartości maksymalnego poziomu dźwięku (L_{AFmax}) oscylowały w granicach od 58,4 dB do 71,3 dB. Średnia wartość dla tego parametru wynosiła 65,5 dB. Natomiast szczytowy poziom dźwięku C (L_{CMPk}) przybierał wartości w przedziale 87,1–106,6 dB. Średnia wielkość tego parametru wyniosła 95,3 dB (tab. 1).

Badania zostały przeprowadzone w typowych warunkach pracy kierowcy. Warunki mikroklimatyczne oceniano poprzez wilgotność względną powietrza (28,2–44,4%) i temperaturę (6,2–9°C). Parametry te były typowe dla środowiska pracy kierowcy oraz zapewniały odpowiednie i stabilne warunki do prowadzenia pomiarów akustycznych (tab. 1).

Tabela 1. Poziom dźwięku na stanowisku kierowcy

Lp.	L_{Aeq}	L_{AFmax}	L_{CMPk}	Czas (min)	Wilgotność względna (RH%)	Temperatura (°C)
1	62,5	71,3	106,6	60	44,4	7,5
2	52,8	63,1	92,0	60	44,4	7,5
3	38,4	64,3	94,2	60	24,2	7,5
4	69,4	69,5	99,2	60	31,1	9
5	54,9	61,9	91,7	60	28,2	11
6	71,4	67,5	95,9	60	37,2	7,4
7	63,2	68,0	95,8	60	37,2	7,4
8	58,6	58,4	87,1	60	33,0	6,2
Średnia	58,9	65,5	95,3	60	35,0	7,9

Na podstawie zebranych danych obliczono dzienny poziom narażenia kierowcy tak-
sówki na hałas (w odniesieniu do 8-godzinnego dobowego czasu pracy), który określono
jako 59,4 dB. Wielkość ta jest poniżej dopuszczalnego poziomu hałasu, określonego prze-
pisami prawa krajowego (85 dB) dla prac wykonywanych w ciągu 8 godzin [Dz.U. 2024
poz. 1017]. Wyniki te potwierdzają, że w świetle obowiązujących regulacji prawnych
kierowca wykonuje swoją pracę w dobrych warunkach akustycznych. Zdiagnozowane
warunki pracy nie powinny stwarzać bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia (tab. 2).

W prowadzonych analizach uwzględniono również tzw. niepewność rozszerzoną. Niepewność tych pomiarów oszacowano na poziomie 29,5 dB. Wysoka wartość niepewności pomiarowej może świadczyć jednak o istnieniu znaczącego błędu w ocenie rzeczywistego poziomu ekspozycji na hałas. Według PN źródłem tej niepewności mogą być zmienne warunki ruchu drogowego, różnorodność pojazdów wykorzystanych w badaniu, a także wpływ mikroklimatu zewnętrznego. Z tego względu zasadne jest podejmowanie dalszych działań mających na celu pogłębioną analizę czynników wpływających na dokładność pomiarów oraz weryfikację procedur badawczych.

Tabela 2. Analiza narażenia pracownika na hałas i szacowanie niepewności pomiarowej według ISO 9612:2024

Poziom hałasu (dB)		Parametry		
L _{p,A,eqT,1}	62,5	Dzienny poziom ekspozycji na hałas	L _{EX,8h}	59,4
L _{p,A,eqT,2}	52,8			
L _{p,A,eqT,3}	38,4	L _{p,A,eqTe}		65,4
L _{p,A,eqT,4}	69,4	u ₁		10,50
L _{p,A,eqT,5}	54,9			
L _{p,A,eqT,6}	71,4	c ₁ *u ₁		17,79
L _{p,A,eqT,7}	63,2			
L _{p,A,eqT,8}	58,6	Złożona niepewność standardowa – Źródła niepewności		
Liczba zmierzonych wartości (N) = 8		1) Poziomy hałasu (c ₁ *u ₁) ²		316,40
		2) Wyposażenie pomiarowe Q2 (u ₂) ²		2,25
		3) Pozycja mikrofonu Q3 (u ₃) ²		1
		u ² (L _{EX,8h})		319,65
		u(L _{EX,8h})		17,9
Niepewność rozszerzona na hałas				
U(L _{EX,8h}) = 1,65 * u(L _{EX,8h}) = 29,5 dB				

W środowisku pracy obok hałasu słyszalnego ciągłego może pojawić się hałas impulsowy. Według Niciejewskiej [2016] stanowi on istotne zagrożenie w środowisku pracy kierowcy pojazdu, gdyż silna ekspozycja na impuls akustyczny może skutkować trwałym uszkodzeniem słuchu lub nawet jego całkowitą utratą. W związku z tym zagadnienie to wymaga szczególnego uwzględnienia w kontekście bezpieczeństwa akustycznego wewnątrz kabin pojazdów. Źródła hałasu impulsowego mogą pojawiać się w trakcie kolizji, co wynika z użycia sygnałów ostrzegawczych, pokonywania przeszkód drogowych, jak przejazdy kolejowe czy progi zwalniające [Niciejewska 2016]. Badania wskazują, że przejazd przez próg zwalniający może spowodować wzrost poziomu hałasu nawet o 19 dB, co w warunkach miejskiego transportu jest zjawiskiem stosunkowo częstym [Behzad i in. 2007, Polasik i Waluś 2019]. Należy podkreślić, że wpływ hałasu na pracownika nie ogranicza się wyłącznie do sfery fizjologicznej. Istotne są również skutki psychiczne, które manifestują się w postaci obniżenia zdolności koncentracji, wzrostu poziomu irytacji czy występowania zaburzeń snu. W warunkach pracy zawodowego kierowcy, który przez wiele godzin pozostaje w gotowości do podejmowania szybkich decyzji, skutki mogą przekładać się na bezpieczeństwo pracy i poziom ryzyka w ruchu drogowym. Nieodłącznym zagrożeniem obok hałasu w trakcie pracy kierowcy są drgania

mechaniczne. Oddziaływanie czynników wibroakustycznych, nawet w przypadku nieprzekroczenia najwyższych dopuszczalnych wartości (NDN), może prowadzić do powstawania przewlekłych dolegliwości zdrowotnych [Kowalski 2007]. Szczególnie niekorzystne warunki występują w pojazdach o złym stanie technicznym, z dużym przebiegiem, bądź przy niedostatecznym wyciszeniu elementów konstrukcyjnych. Te czynniki techniczne w połączeniu z hałasem mogą zwiększać obciążenie psychofizyczne kierowcy, a w konsekwencji wpływać na ryzyko wypadków komunikacyjnych z powodu obniżenia koncentracji i wydłużenia czasu reakcji [Yavuz i in. 2024]. Z tego względu zasadne jest prowadzenie pogłębionych analiz dotyczących skumulowanego wpływu hałasu i drgań mechanicznych, ze szczególnym uwzględnieniem pracy zmianowej oraz wielogodzinnej ekspozycji pracownika. Badania powinny obejmować nie tylko pomiary hałasu stałego, lecz także uwzględniać zmienne i nieprzewidywalne impulsy akustyczne, które są nieodłącznym elementem pracy kierowcy w warunkach miejskich. Współczesne podejście do problematyki hałasu w transporcie drogowym powinno być interdyscyplinarne i uwzględniać wszystkie czynniki ryzyka – także te, których poziom nie przekracza ustalonych norm, lecz w długiej perspektywie może stanowić realne zagrożenie zdrowia. Ochrona przed hałasem impulsowym i wibroakustycznym wymaga nie tylko stosowania skutecznych rozwiązań technicznych w zakresie konstrukcji i eksploatacji pojazdów, lecz także właściwego utrzymania stanu technicznego samochodów oraz rozwoju infrastruktury drogowej. Duże znaczenie mają regulacje prawne zarówno na poziomie krajowym, jak i unijnym, które tworzą wytyczne do działań ograniczających emisję hałasu w środowisku komunikacyjnym. Jak wskazuje Marczak [2012], hałas komunikacyjny nieprzerwanie pozostaje jednym z głównych problemów zdrowia publicznego w Unii Europejskiej, co potwierdza potrzebę dalszego rozwoju strategii zarządzania klimatem akustycznym w miastach. Skuteczne ograniczanie hałasu wymaga wdrażania nowych technologii, takich jak ciche nawierzchnie drogowe, które mogą redukować poziom hałasu nawet o 10 dB [Gardziejczyk 2018], a także stosowania ekranów akustycznych czy odpowiedniego planowania przestrzeni miejskiej [Galińska i Kopania 2017]. Kluczową rolę odgrywa również rozwój metod pomiarowych i budowa szczegółowych map akustycznych, co umożliwia bardziej precyzyjne zarządzanie klimatem akustycznym w przestrzeni publicznej. Nie bez znaczenia pozostaje edukacja społeczna oraz kształtowanie świadomości użytkowników dróg w zakresie ograniczania emisji hałasu. Tylko połączenie rozwiązań technicznych, infrastrukturalnych i społecznych może realnie przyczynić się do poprawy warunków pracy kierowców i jakości życia mieszkańców miast.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że poziom hałasu wewnątrz kabiny pojazdu użytkowanego przez kierowcę taksówki nie przekracza obowiązujących norm prawnych dla ośmiogodzinnego dobowego wymiaru pracy. Mimo spełnienia wymagań formalnych należy podkreślić, że długotrwała ekspozycja na umiarkowany, powtarzający się hałas może prowadzić do problemów zdrowotnych, zwłaszcza w kontekście obniżenia zdolności koncentracji, wzrostu zmęczenia, co przekłada się na wzrost ryzyka zawodowego dla tego zagrożenia. Szczególną uwagę należy zwrócić na obecność hałasu impulsowego oraz drgań mechanicznych, które w połączeniu z hałasem stałym mogą zwiększać obciążenie psychofizyczne kierowcy. Wysoka wartość niepewności pomiarowej wskazuje na

konieczność doskonalenia procedur badawczych i prowadzenia dalszych analiz, uwzględniających zmienne warunki eksploatacji oraz stan techniczny pojazdów. Wyniki potwierdzają potrzebę stosowania nowoczesnych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, które pozwolą ograniczyć ekspozycję na hałas. Istotną rolę odgrywa także edukacja użytkowników dróg i właściwe zarządzanie przestrzenią akustyczną. Tylko zintegrowane działania, łączące technologie, przepisy i świadome zachowania uczestników ruchu, mogą skutecznie minimalizować ryzyko zdrowotne i poprawiać komfort pracy kierowców, co bezpośrednio przekłada się na bezpieczeństwo w transporcie drogowym.

Bibliografia

- Ambroszko W., 2019. Źródła hałasu w pojazdach samochodowych. Badania hałasu w ruchu drogowym w wybranej miejscowości i ocena jego wpływu na bezpieczeństwo. *Autobusy* 24(6), 120–127, <https://doi.org/10.24136/atest.2019.137>
- Behzad M., Hodaie M., Alimohammadi I., 2007. Experimental and numerical investigation of the effect of a speed bump on car noise emission level. *Appl. Acoust.* 68, 1346–1356, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2006.07.003>
- Bortkiewicz A., Czaja N., 2018. Pozasłuchowe skutki działania hałasu ze szczególnym uwzględnieniem chorób układu krążenia. *Forum Med. Rodz.* 12, 41–49.
- Centralna Ewidencja Pojazdów i Kierowców, 2024. Prawa jazdy wydane w 2024 roku, <https://www.gov.pl/web/cepik/prawa-jazdy-wydane-w-2024-roku> [dostęp: 27.02.2025].
- Europejska Agencja Środowiska, 2020. Environmental noise in Europe – 2020, <https://doi.org/10.2800/686249>
- Galińska B., Kopania J., 2017. Organizacyjne i techniczne metody redukcji hałasu komunikacyjnego w przestrzeni miejskiej. *Autobusy* 18(6), 163–167, <https://doi.org/10.24136/atest>
- Gardziejczyk W., 2018. Hałasliwość nawierzchni drogowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Gągorowski A., Korzeb J., 2011. Ocena hałasu drogowego w świetle przepisów unijnych i krajowych. *Logistics* 6, 150–158.
- GUS, 2024. Narażenie ludności na hałas w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5484/19/1/1/narazenie_ludnosci_na_halas_w_miastach_powyzej_100_tys._mieszkancow_2.pdf [dostęp: 05.03.2025].
- ISO 9612:2024. Acoustics – Determination of occupational noise exposure – Engineering method.
- Kowalski P., 2007. Drgania i hałas w pojazdach drogowych. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. BPNiP 5, 10–13.
- Marczak P., 2012. Zespół Analiz i Opracowań Tematycznych. Zagrożenie hałasem – wybrane zagadnienia. Biuro Analiz i Dokumentacji, Kancelaria Senatu RP, https://www.senat.gov.pl/gfx/senat/pl/senatopracowania/30/plik/ot-612_inter.pdf [dostęp: 26.02.2025].
- Mężyk W., Czech P., 2021. Ocena wpływu wybranych warunków eksploatacyjnych na hałas wewnątrz samochodu osobowego, <https://doi.org/10.53052/9788366249851.03>
- Niciejewska M., 2016. Wpływ hałasu impulsowego na zdrowie człowieka w aspekcie zagrożeń zawodowych. *QPI* 1(4), 146–158.
- Polasik J., Waluś K., 2019. Badania poziomu hałasu podczas przejazdu samochodu przez przejazd kolejowo-drogowy – badania rozpoznawcze. *Autobusy* 20, 327–330.
- Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Szczecinie, 2023. Hałas, <https://www.gov.pl/web/psse-szczecin/halas> [dostęp: 01.03.2025].
- Przydatek G., Ryniewicz A., Irimia O., Tomozei C., Mosnegutu E., Bodziony M., 2023. Analysis of noise levels in typical passenger cars. *Sustain.* 15(10), 7910, <https://doi.org/10.3390/su15107910>

- Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 24 czerwca 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2024 poz. 1017).
- Vilniškis T., Naimušin A., Januševičius T., 2022. Investigation and modeling of transport noise dependence on traffic speed and impact on population annoyance. *J. Environ. Eng. Landsc. Manag.* 30(1), 22–29, <https://doi.org/10.3846/jeelm.2022.16275>
- Welch D., Shepherd D., Dirks K.N., Reddy R., 2023. Health effects of transport noise. *Transport. Rev.* 43(6), 1190–1210, <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2206168>
- Wróbel A., Łazarz B., Czech P., Matyja T., Witaszek M., 2015. Wpływ wybranych warunków eksploatacyjnych na hałas samochodów osobowych. *TTS* 12, 1696–1702.
- Yavuz A., Hazar-yavuz A.N., Hacibektaşoğlu S.E., 2024. Vehicle noise pollution awareness for human health and environmental impacts: A comprehensive review. *Acta Pharm. Sci.* 62(2), 244, <https://doi.org/10.23893/1307-2080.APS6216>

Oddziaływanie chlorków na wybrane właściwości wód różnego pochodzenia

The impact of chlorides on selected properties of water of various origins

Wstęp

W ostatnim okresie znacznie wzrosło zainteresowanie pochodzeniem chlorków i ich wpływem na organizmy wodne. Chlorki mogą przedostawać się do wód powierzchniowych ze skał zawierających chlorki, spływów nawozów z pól, ścieków przemysłowych, wody wydobywanej z odwiertów naftowych i gazowych, ścieków z oczyszczalni, wód kopalnianych oraz wód zawierających sole stosowane do odładzania dróg. Zasolone wody powodują korozję metali i wpływają na smak produktów spożywczych. Wpływają na ograniczoną obecność organizmów słodkowodnych, które z reguły nie tolerują wysokiego stężenia chlorków. W związku z powyższym ustalono maksymalne poziomy chlorków w wodach śródlądowych. Zbadanie zawartości chlorków w wodzie wymaga analiz laboratoryjnych. Znacznie prościej jest zmierzyć zasolenie wody miernikami wieloparametrycznymi czy też konduktometrem. Pomiar odbywa się dzięki procesowi konduktometrii, czyli jest to pomiar przewodności wody. Im więcej substancji rozpuszczonych w wodzie, tym woda lepiej przewodzi prąd. Na tej podstawie łatwo ustalić ilość rozpuszczonych soli.

Chlorki towarzyszą ludzkości od dawna i pełnią różne funkcje, od zajmowania stałego miejsca w naszych kuchniach (sól kuchenna), poprzez nasze drogi (sól drogowa), środki chemiczne (środki czyszczące) czy w akwarystyce (sól morska). Same chlorki to związki chemiczne i sole zawierające anion chlorkowy (Cl^-). Powstają, gdy chlor łączy się z innymi pierwiastkami lub grupami chemicznymi.

Większość soli chlorkowych jest dobrze rozpuszczalna w wodzie. W tym środowisku są składnikiem zachowawczym – nie ulegają emisji do atmosfery, nie są wiązane przez glebę i osady dennie, nie tworzą trwałych związków z substancjami rozpuszczonymi w wodzie, są jedynie pobierane przez żywe organizmy, z których, po ich obumarciu, są z łatwością uwalniane. Najbardziej znaną nieorganiczną solą chlorkową jest chlorek sodu, główny składnik soli kuchennej. Jest on również najbardziej powszechną solą rozpuszczoną w oceanach.

Istnieją normy regulujące, jaka ilość chlorków może być wpuszczana do wód śródlądowych. Zgodnie z § 12 ust. 1 pkt 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Bioinżynierii Zwierząt, Naukowe Koło Akwarystów LABEO, grzegorz.peczka@gmail.com

do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz.U. z 2019 r. poz. 1311), suma chlorków i siarczanów w wodach rzeki po wymieszaniu ze ściekami nie może przekraczać 1 g/l.

Całkowita ilość rozpuszczonych substancji stałych w wodzie określana jest jako TDS (*total dissolved solids*). Jest miarą sumy wszystkich substancji nieorganicznych i organicznych w cieczy w postaci cząsteczkowej, zjonizowanej lub mikrogranulowanej zawiesiny koloidalnej. TDS podaje się w częściach na milion (ppm). TDS w wodzie można zmierzyć za pomocą miernika cyfrowego. TDS w wodach powierzchniowych powstaje w wyniku działania rozpuszczalników wody w kontakcie z minerałami znajdujących się w ziemi, spływów rolniczych i mieszkaniowych, wymywania zanieczyszczeń z gleby oraz zużytej wody z oczyszczalni ścieków przemysłowych lub ścieków. Typowymi składnikami chemicznymi są wapń, sód, chlorek, potas, fosforany i azotany. Mogą to być kationy, aniony, cząsteczki lub aglomeracje cząsteczek, o ile są rozpuszczalne.

Pomiaru całkowitej zawartości rozpuszczonych substancji stałych można dokonać dwiema metodami: grawimetryczną (wagowa) i mierząc przewodność. Standardową metodą jest metoda grawimetryczna, uważana za najdokładniejszą i polegająca na odparowaniu próbki do sucha w temperaturze 103°C, a następnie do 180°C w celu usunięcia okludowanej wody (cząsteczek wody uwięzionych w matrycy mineralnej), a później zważeniu jej na precyzyjnej wadze analitycznej (zwykle o dokładności 0,0001 g). Ta metoda jest ogólnie uważana za najlepszą, chociaż jest powolna i obarczona niedokładnościami ze względu na chemikalia o niskiej temperaturze wrzenia, które odparowują wraz z wodą. TDS wody jest bezpośrednio powiązany z przewodnością rozpuszczonych zjonizowanych ciał stałych w wodzie. Jony z rozpuszczonych substancji stałych powodują zdolność wody do przewodzenia prądu elektrycznego, co jest mierzone za pomocą analizatora TDS i natychmiast wyświetlane jako przewodność chlorku sodu w ppm, mg/l lub $\mu\text{S}/\text{cm}$. Podczas okresowej standaryzacji za pomocą standardów TDS lub laboratoryjnych grawimetrycznych pomiarów TDS, analizatory TDS oparte na przewodności zapewniają szybki i dokładny pomiar wartości TDS. Jeśli zdecydowaną większość TDS stanowią sole nieorganiczne, to najbardziej odpowiednie są metody oparte na przewodnictwie. Przewodność wody jest bezpośrednio związana ze stężeniem rozpuszczonych zjonizowanych ciał stałych. Jony te umożliwiają wodzie przewodzenie prądu elektrycznego. Prąd elektryczny można zmierzyć za pomocą konwencjonalnego miernika przewodnictwa lub miernika TDS. W powiązaniu z laboratoryjnymi pomiarami TDS, przewodnictwo dostarcza przybliżoną wartość stężenia TDS z dokładnością około 10%. Zależność między TDS a przewodnością właściwą wód podziemnych można przybliżyć następującym równaniem:

$$\text{TDS} = k \times \text{EC}$$

gdzie:

TDS jest wyrażone w mg/l, a EC jest przewodnością elektryczną w mikrosimensach na centymetr w temperaturze 25°C. Współczynnik konwersji k zmienia się w zakresie od 0,55 do 0,8.

Niektóre mierniki TDS wykorzystują pomiar przewodnictwa elektrycznego i przeliczają go do ppm przy użyciu powyższego wzoru. Jeśli chodzi o jednostki, 1 ppm oznacza 1 mg rozpuszczonych substancji stałych na 1000 g wody.

Celem pracy było wykazanie, jak zmieniają się parametry wody, w tym między innymi TDS – wskaźnik określający całkowitą zawartość wszystkich minerałów, soli oraz metali rozpuszczonych w danej objętości wody po rozpuszczeniu NaCl, KCl, CaCl_2 ,

MgCl₂*6H₂O, soli drogowej, soli morskiej w wodzie kranowej, jeziorowej lub po osmozie.

Material i metody

Badania wykonano w Centrum Akwakultury i Inżynierii Ekologicznej w Olsztynie. W eksperymencie zostały wykorzystane 3 rodzaje mierników:

- miernik wieloparametrowy marki Hanna HI 98494 (HAN),
- miernik wieloparametrowy marki YSI (YSI),
- konduktometr EC60 marki Milwaukee EC60 PRO (EC).

Przy pomocy tych narzędzi mierzono w temperaturze pokojowej poziom zasolenia i inne parametry w wodzie kranowej, jeziorowej i wodzie pochodzącej z odwróconej osmozy.

Woda kranowa (wodociągowa)

Woda kranowa w Olsztynie pochodzi głównie z ujęć podziemnych i jest uznawana za jedną z najlepszych w Polsce. Jest średnio twarda (15°dH), bogata w minerały (np. wapń, magnez) i spełnia wszystkie normy sanitarne. Dzięki nowoczesnym procesom uzdatniania jest bezpieczna do picia prosto z kranu.

Woda jeziorowa

Jezioro Kortowskie to zbiornik eutroficzny, który miał dawniej poważne problemy ekologiczne – był silnie zanieczyszczony, zwłaszcza w drugiej połowie XX wieku. Dzięki rekultywacji jego stan się poprawił, ale nadal nie jest to woda najwyższej jakości. Jest średnio twarda (11°dH). Posiada dużo substancji odżywczych sprzyjających rozwojowi glonów i sinic, szczególnie latem. Picie jej bez odpowiedniego uzdatnienia byłoby ryzykowne – może zawierać bakterie, metale ciężkie i związki organiczne.

Woda po odwróconej osmozie

Woda po odwróconej osmozie (*reverse osmosis*, RO) jest niemal całkowicie pozbawiona minerałów i zanieczyszczeń. Proces filtracji usuwa nawet najmniejsze cząsteczki, w tym bakterie, wirusy, metale ciężkie i związki chemiczne. W efekcie jest bardzo czysta, ale również „jałowa” – nie ma smaku i nie dostarcza organizmowi potrzebnych minerałów. Dlatego zaleca się jej mineralizację po filtracji.

Chlorki użyte w eksperymencie

Chlorek sodu (NaCl), znany powszechnie jako sól kuchenna, jest białym, krystalicznym związkiem chemicznym, który łatwo rozpuszcza się w wodzie. To najbardziej znana sól w codziennym użytku, szeroko stosowana jako przyprawa kuchenna, a także jako konserwant do peklowania i solenia żywności. W organizmie człowieka pełni istotną rolę w regulacji gospodarki wodno-elektrolitowej. W przemyśle chemicznym wykorzystywany jest do produkcji chlorku sodu o wysokiej czystości.

Chlorek potasu (KCl) to biały, krystaliczny związek chemiczny, dobrze rozpuszczalny w wodzie, o smaku podobnym do soli kuchennej, choć z lekką nutą goryczy. Stosowany jest głównie jako nawóz potasowy, dostarczający roślinom niezbędny do wzrostu pierwiastek. Jest także popularnym zamiennikiem soli kuchennej, szczególnie w diecie osób z nadciśnieniem. W medycynie wykorzystywany jest do leczenia hipokaliemii, czyli niedoboru potasu, a jako suplement diety pomaga uzupełnić jego niedobory w organizmie.

Chlorek wapnia (CaCl_2) to biały, higroskopijny związek chemiczny, który silnie pochłania wodę. Jest dobrze rozpuszczalny w wodzie, a jego rozpuszczaniu towarzyszy wydzielanie ciepła. Znajduje zastosowanie jako środek do odładzania dróg, działając skuteczniej niż sól drogowa, ponieważ efektywnie obniża temperaturę zamarzania wody. Jest również używany jako środek osuszający, pochłaniający wilgoć z powietrza w magazynach i opakowaniach. W budownictwie dodaje się go do betonu, aby przyspieszyć wiązanie cementu, a w chłodnictwie wykorzystuje się wodny roztwór chlorku wapnia jako środek obniżający temperaturę zamarzania.

Chlorek magnezu (MgCl_2) to biały, krystaliczny związek, który łatwo rozpuszcza się w wodzie i charakteryzuje się silną higroskopijnością, co oznacza, że intensywnie pochłania wilgoć z powietrza. Jest cennym źródłem magnezu dla organizmu i stosowany jako suplement diety, np. w postaci oliwy magnezowej. Podobnie jak chlorek wapnia, służy jako skuteczny środek do odładzania dróg. W medycynie wykorzystuje się go do regulowania równowagi elektrolitowej, a w kosmetyce stanowi dodatek do kąpieli magnezowych, które poprawiają kondycję skóry. Ze względu na dużą higroskopijność najczęściej występuje w postaci sześciowodnej, czyli $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Sól drogowa składa się głównie z chlorku sodu (NaCl), ale zawiera także substancje antyzbrylające, takie jak tlenek żelaza (Fe_2O_3) czy dwutlenek krzemu (SiO_2). Ze względu na domieszki może mieć żółtawy lub szary odcień. Jej podstawowe zastosowanie to usuwanie lodu i śniegu z dróg, gdyż skutecznie obniża temperaturę zamarzania wody, zapobiegając oblodzeniu. Jednak nadmierne użycie soli drogowej może być szkodliwe dla roślin, powodując zasolenie gleby.

Sól morska powstaje w wyniku odparowania wody morskiej i, oprócz chlorku sodu, zawiera śladowe ilości minerałów, takich jak magnez, wapń, potas czy żelazo. Dzięki bogatszemu składowi mineralnemu i łagodniejszemu smakowi jest ceniona jako przyprawa kuchenna. Stosuje się ją również w kosmetyce, m.in. w peelingach, kąpielach relaksacyjnych i terapiach skórnych. Wspomaga także leczenie dróg oddechowych, będąc składnikiem inhalacji. Do eksperymentu użyto soli Meersalz marki Aquamedic i Reef Salt marki Aqua Forest.

Przygotowanie roztworu i pomiar

Po odczekaniu aż woda będzie miała temperaturę pokojową, przelewano ją do zlewki o pojemności 1 dm^3 i przeprowadzono próbę 0. W pozostałych próbach do każdej wody wsypywano 3 g badanego chlorku, odważonego za pomocą wagi laboratoryjnej KERN ABJ 220-4M, po czym badana substancja została dokładnie rozpuszczona w cieczy. Wykonano również pomiary parametrów wody po dodaniu soli w takiej ilości, aby tylko masa jonu (Cl^-) wynosiła 3 g. W przypadku chlorku magnezu sześciowodnego odważono większą jego ilość, aby nie uwzględniać masy związanej wody (tab. 1).

Tabela 1. Masa poszczególnych soli, aby zawartość jonu (Cl^-) wynosiła 3 g

Rodzaj chlorku	NaCl	KCl	CaCl_2	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Masa atomowa	58,44	75,44	110,99	203,3
Masa Cl^- w soli	35,5	35,5	71	71
Udział % Cl^-	60,75	47,06	63,97	34,92
Rozpuszczono (g/dm^3)	4,9	6,4	4,7	8,6

Następnie w każdym roztworze umieszczano sondy pomiarowe poszczególnych mierników wieloparametrycznych, a wyniki pomiaru zapisywano w tabeli. Po każdym pomiarze sondy były przepłukiwane wodą dejonizowaną.



Ryc. 1. Pomiar parametrów wody przy wykorzystaniu trzech różnych mierników (fot. R. Kujawa)

Wyniki

W tabelach 2–7 przedstawiono wyniki pomiarów.

Tabela 2. Parametry wody kranowej, jeziorowej oraz po osmozie

Parametr	Woda bez dodatku soli								
	Woda kranowa			Woda jeziorowa			Woda po osmozie		
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	19,8	19,93	20,3	18,1	18,17	20,1	19,2	19,34	20,00
SPC ($\mu\text{S/cm}$)	590	606	—	5673	5873	—	49,5	47	—
C ($\mu\text{S/cm}$)	391	548	—	4928	5110	—	43,49	42	—
TDS (mg/dm^3)	3835	303	—	3685,5	2937	—	31,8	23	—
SAL (ppt)	0,29	0,3	0,31	3,9	3,21	2,9	0,02	0,02	0,02
SAL (mS)	—	—	0,62	—	—	5,8	—	—	0,04
pH	8,27	7,83	—	8,44	8,06	—	8,27	7,45	—

Objaśnienia skrótów: Han – miernik marki Hanna, YSI – miernik marki YSI, Ec – konduktometr marki Milwaukee, TDS – całkowita ilość rozpuszczonych substancji stałych, Sal – zasolenie, C – przewodność elektryczna wody, SPC – przewodność właściwa wody

Tabela 3. Parametry wody kranowej, jeziorowej oraz po osmozie po rozpuszczeniu 3 g chlorku wapnia, chlorku potasu oraz chlorku sodu

Parametr	Chlorek wapnia			Chlorek sodu			Chlorek potasu		
	3 g/dm³			3 g/dm³			3 g/dm³		
	woda kranowa								
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	19,3	19,32	19,5	19,4	19,55	19,5	19,5	19,68	19,8
SPC (µS/cm)	6351	6517	–	6474	6675	–	6154	6384	–
C (µS/cm)	5662	5814	–	5787	5984	–	5512	5739	–
TDS (mg/dm³)	4134	3260	–	4212	3337	–	39975	3192	–
SAL (ppt)	3,48	3,58	3,26	3,56	3,67	3,23	3,36	3,5	3,15
SAL (mS)	–	–	6,55	–	–	6,57	–	–	6,32
pH	7,89	7,48	–	8,23	7,82	–	8,33	7,9	–
	woda jeziorowa								
Temp. (°C)	18,1	18,27	18,6	18,5	18,79	19,3	18,6	18,83	19,1
SPC (µS/cm)	6152	6366	–	6439	6753	–	5986	6299	–
C (µS/cm)	5356	5555	–	5658	5956	–	6146	5581	–
TDS (mg/dm³)	4004	3187	–	4186	3379	–	3997	3164	–
SAL (ppt)	3,37	3,5	3,05	3,53	3,72	3,18	3,36	3,47	3,11
SAL (mS)	–	–	6,33	–	–	6,48	–	–	5,89
pH	8	7,68	–	8,35	8,07	–	8,52	8,09	–
	woda po osmozie								
Temp. (°C)	19,0	19,19	20	19,1	19,27	19,2	19,2	19,35	19,6
SPC (µS/cm)	6756	7044	–	5671	5955	–	5597	5696	–
C (µS/cm)	5984	6255	–	5033	5307	–	4979	5088	–
TDS (mg/dm³)	4394	3521	–	3685,5	2978	–	3640	2853	–
SAL (ppt)	3,72	3,89	3,49	3,08	3,25	2,8	3,05	3,11	2,86
SAL (mS)	–	–	6,81	–	2,5	5,76	–	–	5,64
pH	7,77	3	–	8,37	–	–	8,1	7,44	–

Objaśnienia skrótów: tak jak w tabeli 2

Tabela 4. Parametry wody kranowej, jeziorowej oraz po osmozie po rozpuszczeniu 3 g uwodnionego chlorku magnezu, 3 g soli drogowej oraz po 3 g soli morskich (Meersalz i Sea Salt)

Parametr	Sól drogowa			Meersalz			Sea Salt		
	3 g/dm³			3 g/dm³			3 g/dm³		
	woda kranowa								
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	18,00	18,19	17,5	20,0	20,09	19,6	19,0	19,06	19,4
SPC (µS/cm)	6329	6477	–	5790	6021	–	5479	5689	–
C (µS/cm)	5504	5645	–	5236	5460	–	4852	5051	–
TDS (mg/dm³)	4114,5	3244	–	3763,6	3011	0l	3562	2847	–
SAL (ppt)	3,47	3,57	3,10	3,15	3,29	2,88	2,97	3,10	2,62
SAL (mS)	–	–	6,20	–	–	5,78	–	–	5,24
pH	8,39	7,71	–	8,17	7,83	–	8,23	7,79	–
	woda jeziorowa								
Temp. (°C)	17,0	17,13	17,3	18,1	18,17	20,1	17,8	17,94	18,7
SPC (µS/cm)	3716	3796	–	5673	5873	–	5397	5576	–
C (µS/cm)	3155	3242	–	4928	5110	–	4653	4829	–
TDS (mg/dm³)	2418	19,07	–	3685,5	2937	–	3910	2789	–
SAL (ppt)	1,97	2,03	1,91	3,09	3,21	2,9	2,93	3,04	2,62
SAL (mS)	–	–	3,76	–	–	5,8	–	–	5,44
pH	8,21	7,76	–	8,44	8,06	–	8,45	8,10	–
	woda po osmozie								
Temp. (°C)	17,7	17,9	17,7	19,8	19,93	19,7	18,7	18,85	19,3
SPC (µS/cm)	4,65	5926	–	5109	5364	–	4871	5142	–
C (µS/cm)	3516,5	5137	–	1600	4849	–	4378	4541	–
TDS (mg/dm³)		2963	–	3321,5	2684	–	3237	2572	–
SAL (ppt)	2,94	3,24	2,87	2,76	2,91	2,58	2,68	2,78	2,55
SAL (mS)	–	–	5,58	–	–	5,22	–	–	5,06
pH	8,12	6,80	–	8,07	7,29	–	8,04	7,17	–

Objaśnienia skrótów: tak jak w tabeli 2

Tabela 5. Parametry wody kranowej, jeziorowej oraz po osmozie po rozpuszczeniu 3 g lub 6,4 g uwodnionego chlorku magnezu (czyli tyle, aby czystego $MgCl_2$ było 3 g)

$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 3 g/dm ³									
Parametr	woda kranowa			woda jeziorowa			woda po osmozie		
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	19,0	19,00	19,2	17,1	17,26	18,1	19,0	19,16	19,2
SPC (μS/cm)	3814	3972	–	6098	6353	–	3361	3489	–
C (μS/cm)	3379	3520	–	5176	5419	–	2978	3102	–
TDS (mg/dm ³)	2483	1987	–	3965	3176	–	2184	1745	–
SAL (ppt)	2,02	2,11	1,85	3,34	3,49	3,18	1,77	1,84	1,71
SAL (mS)	–	–	3,79	–	–	6,35	–	–	3,41
pH	8,14	7,62	–	8,7	8,09	–	7,87	6,80	–
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 6,4 g/dm ³									
Parametr	woda kranowa			woda jeziorowa			woda po osmozie		
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	19,1	19,3	19,4	17,9	18,1	17,6	19,1	18,34	17,5
SPC (μS/cm)	7262	7511	–	6983	7234	–	6599	6889	–
C (μS/cm)	6399	6658	–	6030	6284	–	5735	6019	–
TDS (mg/dm ³)	4719	3754	–	4537	3617	–	4290	3448	–
SAL (ppt)	4,02	4,17	3,72	3,85	4,0	3,6	3,63	3,81	3,32
SAL (mS)	–	–	7,41	–	–	7,21	–	–	6,65
pH	8,47	7,9	–	8,46	7,86	–	8,45	7,45	–

Objaśnienia skrótów: tak jak w tabeli 2

Tabela 6. Parametry wody kranowej, jeziorowej oraz po osmozie po rozpuszczeniu takiej ilości $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ lub $CaCl_2$, aby masa jonów chlorkowych wynosiła 3 g

$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 8,6 g/dm ³									
Parametr	Woda kranowa			Woda jeziorowa			Woda po osmozie		
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	19,1	19,26	19,6	18,1	18,26	18,3	18,5	18,61	18,7
SPC (μS/cm)	9199	9559	–	9113	9301	–	8604	8791	–
C (μS/cm)	8166	8517	–	7910	8120	–	7536	7740	–
TDS (mg/dm ³)	5980	4781	–	5934	4663	–	5596	4413	–
SAL ppt	5,17	5,4	4,63	5,16	5,26	4,72	4,82	4,94	4,13
SAL mS	–	–	9,16	–	–	9,41	–	–	8,51
pH	8,26	7,69	–	8,28	7,68	–	8,26	7,44	–

CaCl ₂ 4,7 g/dm ³									
Parametr	Woda kranowa			Woda jeziorowa			Woda po osmozie		
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	19,4	19,6	19,4	18,5	18,69	18,7	18,8	18,89	18,8
SPC (μS/cm)	9298	9552	–	9137	9290	–	7041	7288	–
C (μS/cm)	8298	8588	–	8011	8180	–	6205	6448	–
TDS (mg/dm ³)	6061	4788	–	5941	4650	–	4582	3648	–
SAL ppt	5,25	5,41	4,58	5,14	5,24	4,52	3,89	4,04	3,48
SAL mS	–	–	9,52	–	–	9,02	–	–	6,97
pH	8,07	7,53	–	8,17	7,6	–	8,47	7,84	–

Objaśnienia skrótów: tak jak w tabeli 2

Tabela 7. Parametry wody kranowej, jeziorowej oraz po osmozie po rozpuszczeniu takiej ilości NaCl lub KCl, aby masa jonów chlorkowych wynosiła 3 g

NaCl 4,9 g/dm ³									
Parametr	woda kranowa			woda jeziorowa			woda po osmozie		
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	18,8	18,91	18,7	17,8	17,94	18	18,1	18,27	18,1
SPC (μS/cm)	9888	8995	–	5127	8870	–	5491	9418	–
C (μS/cm)	8728	7856	–	4421	5121	–	4771	8226	–
TDS (mg/dm ³)	6441	4555	–	3334	5810	–	3568	4770	–
SAL ppt	5,6	4,5	5,09	2,77	4,6	4,87	2,98	5,39	4,64
SAL mS	–	–	10,04	–	–	9,76	–	–	9,29
pH	8,5	8,14	–	8,63	8,2	–	8,36	7,74	–
KCl 6,4 g/dm ³									
Parametr	woda kranowa			woda jeziorowa			woda po osmozie		
	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC	YSI	HAN	EC
Temp. (°C)	18,5	18,68	18,6	17,7	17,71	17,8	17,3	18,1	18,1
SPC (μS/cm)	12105	12460	–	11939	12,32	–	11139	11110	–
C (μS/cm)	10618	10960	–	10296	10,61	–	9645	9670	–
TDS (mg/dm ³)	7871	7180	–	7761	7,1	–	7247	6360	–
SAL ppt	6,96	5,7	6,05	6,85	5,6	6,08	6,36	5,0	5,57
SAL mS	–	–	12,9	–	–	12,1	–	–	11,1
pH	8,66	8,3	–	8,75	8,26	–	8,73	7,92	–

Objaśnienia skrótów: tak jak w tabeli 2

Dyskusja

Pomiary prowadzono w takim samym środowisku. W większości przypadków konduktometr i mierniki pokazywały podobne wyniki, z niewielkimi odchyleniami.

Wyniki przedstawione w tabelach pokazują wpływ różnych rodzajów wody oraz poszczególnych soli na parametry fizykochemiczne, takie jak przewodnictwo, zasolenie i pH. Analizując otrzymane dane, warto porównać je z wynikami innych badań naukowych dotyczących jakości wody oraz jej modyfikacji poprzez dodatki soli i procesy filtracyjne.

Wyniki wskazują, że obecność różnych soli znacząco wpływa na przewodnictwo elektryczne (SPC) oraz poziom zasolenia (SAL). Woda po osmozie charakteryzowała się znacznie niższym przewodnictwem w porównaniu z wodą kranową oraz jeziorową (tab. 6), co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami [Kalff 2002], które podkreślają skuteczność odwróconej osmozy w usuwaniu jonów i zmniejszaniu przewodnictwa. Dodatek chlorku sodu, wapnia i potasu powodował znaczny wzrost przewodnictwa (tab. 3), co potwierdzają również wyniki badań przeprowadzonych przez Younos i Tulou [2005], wskazujące na silny wpływ stężeń soli na przewodność elektrolityczną.

Całkowita ilość rozpuszczonych substancji (TDS) jest istotnym parametrem jakości wody, który opisuje ilość substancji nieorganicznych i organicznych rozpuszczonych w wodzie. Wartości TDS wzrastają w wodach o wysokim przewodnictwie (tab. 2 i 7), co jest zgodne z danymi przedstawionymi w badaniach Boyda [2015]. Woda po osmozie wykazywała znacząco obniżony poziom TDS (tab. 2), co potwierdza skuteczność filtracji w eliminacji zanieczyszczeń i jonów mineralnych [Xu i in. 2006]. Wzrost TDS po dodaniu soli (tab. 7) jest przewidywalnym efektem, który można zaobserwować również w analizach, które wykonali Stumm i Morgan [1996]. Należy zauważyć, że poziom TDS wpływa na smak, jakość użytkową oraz potencjalne skutki zdrowotne związane z długotrwałym spożywaniem wody o wysokim zasoleniu [World Health Organization 2017].

Obserwowane wartości pH wykazywały pewne zróżnicowanie w zależności od rodzaju wody oraz dodanych substancji (tab. 4). Woda kranowa i jeziorowa miały względnie stabilne wartości pH, natomiast dodatek niektórych soli (np. chlorku magnezu) powodował jego obniżenie (tab. 5). Jest to zgodne z wynikami badań Fattaha i Mavinica [2013], którzy stwierdzili, że jony magnezu mogą prowadzić do kwasowej regulacji pH. Woda po osmozie miała niższe pH, co może wynikać z usunięcia alkalicznych minerałów w procesie filtracji, zgodnie z wnioskami Boyda [2015], który analizował zmiany pH w wodzie oczyszczanej różnymi metodami.

Dane uzyskane w niniejszej pracy korespondują z wynikami wcześniejszych badań w zakresie wpływu składu chemicznego wody na jej parametry fizykochemiczne. Badania Wetzela [2001] oraz Boyda [2015] wskazują na ścisły związek pomiędzy składem mineralnym wody a jej przewodnictwem i zasoleniem. Podobnie wyniki Choia i in. [2009] potwierdzają wpływ filtracji na obniżenie ORP, co obserwowano również w niniejszej analizie.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki dostarczają cennych informacji na temat wpływu różnych chlorów na jakość wody i mogą być wykorzystane w dalszych badaniach nad optymalizacją

metod jej uzdatniania oraz późniejszego zastosowania w różnych środowiskach. Kolejne badania powinny skoncentrować się na długoterminowym wpływie tych parametrów na ekosystemy wodne oraz zdrowie ludzi.

Badania pokazały, jak bardzo wyniki mogą się różnić między sobą, nie tylko w zależności od źródła wody czy też substancji chemicznej w niej rozpuszczonej, ale też od urządzenia, którym przeprowadzono pomiar. Łatwo się o tym przekonać, analizując dane w poszczególnych tabelach. W takiej sytuacji należy sprawdzić, czy urządzenie jest skalibrowane w sposób poprawny. W razie wątpliwości co do odczytywanych wyników można użyć innego czytnika bądź wykonać analizę laboratoryjną. Użycie trzech różnych czytników miało na celu pokazanie tych różnic i docelowe obranie czytnika do przyszłych badań. Doświadczenie udowodniło, jak wysoce odmienne może być środowisko wodne, mimo że na pierwszy rzut oka nie widać żadnych różnic.

Bibliografia

- Boyd C.E., 2015. *Water Quality: An Introduction*. Springer.
- Choi C., Kim M., Lee K., Park H., 2009. Oxidation reduction potential automatic control potential of intermittently aerated membrane bioreactor for nitrification and denitrification. *Water Sci. Technol.* 60(1), 167–173.
- Fattah K.P., Mavinic D.S., 2013. Investigating techniques to determine magnesium addition requirements for the operation of a struvite crystallization process. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 12(2), 473–478.
- Kalff J., 2002. *Limnology: Inland Water Ecosystems*. Prentice Hall.
- Stumm W., Morgan J.J., 1996. *Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters*. John Wiley & Sons.
- Wetzel R.G., 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. Academic Press.
- World Health Organization (WHO), 2017. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. WHO Press.
- Xu P., Drewes J.E., Kim T.U., Bellona C., Amy G., 2006. Effect of membrane fouling on transport of organic contaminants in NF/RO membrane applications. *J. Membr. Sci.* 279(1), 165–175.
- Younos T., Tulou K.E., 2005. Overview of Desalination Techniques. *J. Contemp. Water Res. Educ.* 132, 3–10.

Obciążenie statyczne pracownika w wybranym gospodarstwie doświadczalnej uprawy zbóż podczas ręcznego zbioru ziarna

Static load of a worker at a selected cereal experimental farm during manual grain harvesting

Wstęp

Pomimo wysokiego stopnia mechanizacji rolnictwa w Polsce i w Europie, przy zbiorach plonów nadal istnieje potrzeba wykonania prac metodami ręcznymi. Jednym z takich sektorów są gospodarstwa doświadczalne specjalizujące się w opracowywaniu nowych odmian zbóż. Długoletnia praca w narażeniu na szkodliwe oddziaływanie środowiska pracy może być powodem rozwinięcia się choroby zawodowej. Według ustawy o ubezpieczeniu społecznym rolników, definicja rolniczej choroby zawodowej brzmi: *Za rolniczą chorobę zawodową uważa się chorobę, która powstała w związku z pracą w gospodarstwie rolnym, jeżeli choroba ta jest objęta wykazem chorób zawodowych określonych w przepisach wydanych na podstawie Kodeksu Pracy* [Dz.U. 2024 poz. 90]. W przytoczonym powyżej wykazie wymienione są m.in. choroby układu ruchu wywołane sposobem wykonywania pracy, takie jak: przewlekłe zapalenie ścięgna i jego pochewki, przewlekłe zapalenie kaletki maziowej, przewlekłe uszkodzenie łagodki u osób wykonujących pracę w pozycji klęczącej lub kucznej, przewlekłe zapalenie okołostawowe barku, przewlekłe zapalenie nadkłykcia kości ramiennej, zmęczeniowe złamanie kości [Dz.U. 2022 poz. 1836]. Według danych KRUS choroby układu kostno-stawowego stanowią prawie 1/4 stwierdzonych zachorowań u rolników, z tytułu których przyznano pierwszorazowe świadczenia rentowe. W roku 2024 rozpoznano 12 chorób zawodowych układu ruchu wywołanych sposobem wykonywania pracy [KRUS 2025]. W latach 2017–2021 można było zauważyć, że liczba chorób zawodowych rolników, z powodu których przyznano jednorazowe odszkodowania dotyczące chorób układu ruchu, spada (4 przypadki w 2021 r.) [Giza i Podstawka 2023]. W roku 2023 nastąpił wzrost tej liczby do 15 przypadków, natomiast w roku 2024 znowu nastąpił spadek do 12 przypadków [KRUS 2025]. Niewielka ogólna liczba zgłaszanych tego typu chorób może być powodowana niskim poziomem świadomości rolników odnośnie do dociekania swoich praw względem

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Zagrożeń Zawodowych i Środowiskowych, maciej_wilk.99@wp.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Podstaw Techniki, Zakład Ergonomii

KRUS oraz brakiem informacji ze strony lekarzy POZ i lekarzy specjalistów o możliwości skorzystania z takiego rozwiązania.

Celem pracy było oszacowanie narażenia na obciążenie statyczne pracownika gospodarstwa zbożowego podczas ręcznych zbiorów z podziałem na wykonywane czynności dla typowego dnia pracy.

Material i metody

Miejscem przeprowadzenia obserwacji były pola uprawne na terenie stacji hodowlanej zlokalizowanej w Saksonii-Anhalt, Niemcy. Obserwacji dokonano podczas normalnego dnia pracy, wynoszącego 8 godzin, w tym 30 minut przerwy wliczanej do czasu pracy oraz kolejne 30 minut niewliczane do tego czasu. Zadaniami przydzielonymi pracownikowi na ten dzień były: zbiór całych roślin pszenicy, zbiór kłosów pszenicy, zbiór pszenicy przy pomocy sierpów.

Harmonogram dnia pracy przedstawiono w tabeli 1, a do oceny obciążenia statycznego pracownika wykorzystano metodę REBA.

Tabela 1. Harmonogram dnia pracy

Czas	7:30–9:00	9:00–9:30	9:30–12:30	12:30–13:00	13:00–16:30
Czynności	zbiór całych roślin pszenicy	przerwa śniadaniowa	zbiór kłosów pszenicy	przerwa obiadowa	zbiór pszenicy przy pomocy sierpów

Opis metody badawczej

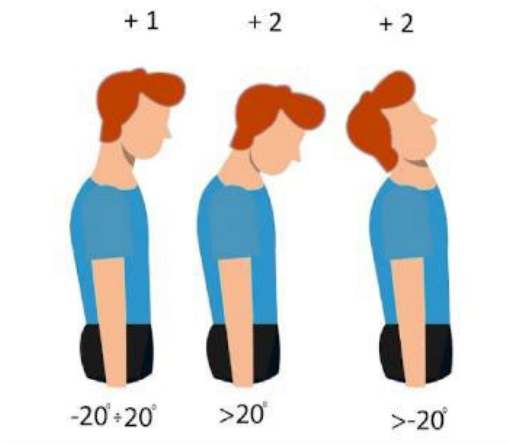
Opracowana w 2000 r. na Uniwersytecie w Nottingham przez angielskich specjalistów od ergonomii: dr Sue Hignett i dr Lynn McAtamney metoda REBA (ang. *Rapid Entire Body Assessment*) pozwala określić wysiłek fizyczny związany z przyjmowaną pozycją ciała, siłą wywieraną na ciało podczas pracy powodującej obciążenie i zmęczenie – przy jednoczesnym uwzględnieniu obciążenia wywołanego pracą powtarzalną i obciążeniem statycznym.

Aby dokonać pełnej oceny obciążenia narządu ruchu metodą REBA, należy w trakcie wykonywania czynności roboczych określić położenie poszczególnych części ciała zestawionych w dwóch grupach – A i B. Jednocześnie każdej z tych grup przypisuje się odpowiednie kody (w zależności od przyjmowanej pozycji ciała) ze specjalnie opracowanych tabel. Następnie dokonuje się końcowej oceny ryzyka, co wiąże się w dużym przybliżeniu z identyfikacją możliwości wystąpienia schorzeń narządu ruchu wywołanych danym obciążeniem lub pozycją ciała przyjmowaną w trakcie procesu pracy (im

wyższe ryzyko końcowe, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia schorzeń narządu ruchu).

W celu identyfikacji pozycji ciała zakresy ruchu rozpatrywane są w płaszczyźnie strzałkowej. Jeżeli pozycja ciała wymaga również uwzględnienia ruchu lub położenia w innych płaszczyznach, np. gdy występuje odwodzenie, dokonywana jest modyfikacja przeprowadzonej oceny położenia.

Kody pozycji w grupie A dotyczą pozycji pochyleń głowy, położenia pleców i położenia nóg. W grupie B określa się kody położenia ramienia, przedramienia i nadgarstka. W przypadku kąta pochyleń głowy nadawane są kody 1 lub 2. Kod wynosi 1, gdy pochylenie głowy jest w zakresie od 0° do 20° , natomiast 2, kiedy pochylenie głowy jest powyżej 20° (ryc. 1). W przypadku gdy występuje skręt szyi, kod jest zwiększany o 1, również gdy występuje pochylenie głowy na bok, kod zwiększany jest o 1.

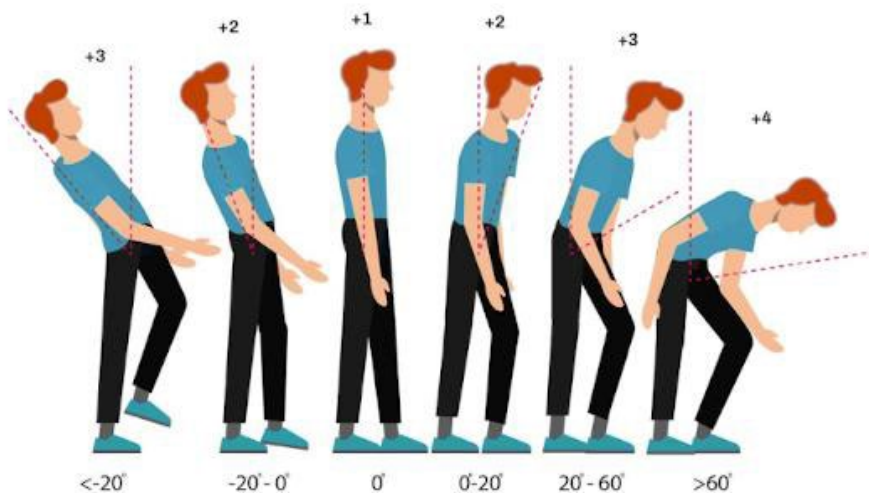


Ryc. 1. Kody nadawane położeniom głowy w metodzie REBA (rys. M. Wilk)

Pozycji pleców nadawane są kody (ryc. 2):

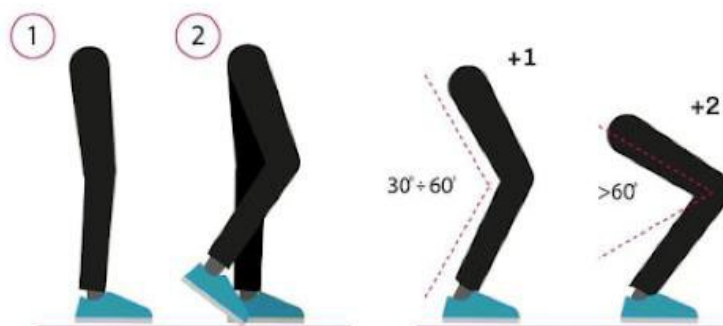
- 1 – gdy plecy są wyprostowane,
- 2 – gdy występuje pochylenie lub odchylenie do tyłu w zakresie $0-20^{\circ}$,
- 3 – gdy występuje pochylenie lub odchylenie do tyłu w zakresie $20-60^{\circ}$,
- 4 – gdy występuje zgięcie o kąt 60° lub więcej.

Jeżeli występuje skręt pleców, kod jest zwiększany o 1. Jeżeli występuje pochylenie boczne pleców, kod jest zwiększany o 1.



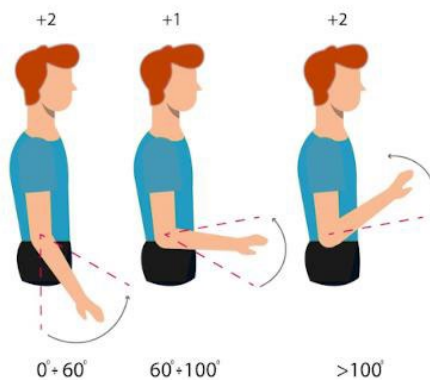
Ryc. 2. Kody nadawane położeniom pleców w metodzie REBA (rys. M. Wilk)

W przypadku położenia nóg przyjmowany jest kod 1, wówczas gdy występuje właściwie rozłożony ciężar ciała zarówno w siedzącej, jak i stojącej pozycji ciała. Kod wynosi 2, gdy nogi i stopy nie są podparte lub ciężar ciała nie jest równomiernie rozłożony (ryc. 3).

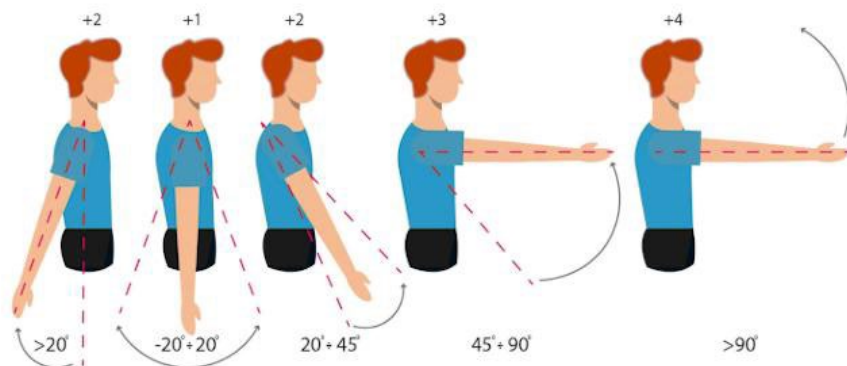


Ryc. 3. Kody nadawane położeniom nóg w metodzie REBA (rys. M. Wilk)

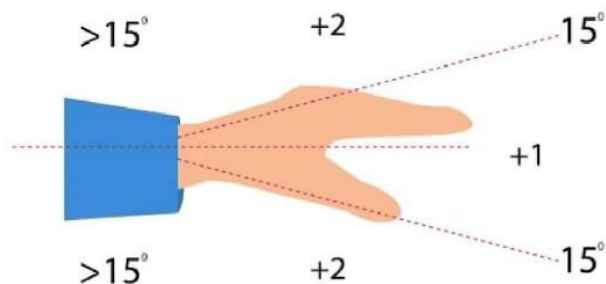
Kategorie pozycji łączone są z siłą w przypadku grupy A, czyli położenia pleców, szyi i nóg, bądź z chwytem w przypadku grupy B, która dotyczy położenia przedramienia (ryc. 4), ramienia (ryc. 5) i nadgarstka (ryc. 6). Pierwszym krokiem oceny jest nadanie kategorii oceny pozycji ciała grupy A (zgodnie z tab. 2) i kategorii oceny pozycji ciała grupy B (zgodnie z tab. 3). Następnie kod zwiększany jest poprzez uwzględnienie elementów dodatkowych.



Ryc. 4. Kody nadawane położeniu przedramion w metodzie REBA (rys. M. Wilk)



Ryc. 5. Kody nadawane położeniu ramion w metodzie REBA (rys. M. Wilk)



Ryc. 6. Kody nadawane położeniu nadgarstka w metodzie REBA (rys. M. Wilk)

Tabela 2. Ocena pozycji ciała odnoszących się do grupy A w metodzie REBA
[Hignett i McAtamney 2000]

Plecy	Szyja											
	1				2				3			
	nogi				nogi				nogi			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabela 3. Ocena pozycji ciała odnoszących się do grupy B w metodzie REBA
[Hignett i McAtamney 2000]

Ramię	Przedramię					
	1			2		
	nadgarstek			nadgarstek		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

W przypadku grupy A jest to kod siły określany na podstawie tabeli 4. Uwzględnianie udziału siły zewnętrznej uzależnione jest od wartości wywieranych sił. Różnej wartości siły nadawane są różne kody. Jeżeli wywierana siła wynosi mniej niż 5 kg,

wówczas kod siły wynosi 0. Jeżeli siła wynosi od 5 do 10 kg, przyjmowany jest kod 1. Jeżeli natomiast utrzymywana jest siła o wartości powyżej 10 kg, kod wynosi 2. W przypadku gdy siła jest wywierana w sposób gwałtowny, nadany wcześniej kod zwiększany jest o 1.

Tabela 4. Ocena wywieranej siły w metodzie REBA [Hignett i McAtamney 2000]

Obciążenie/ siła			
0	1	2	+1
< 5 kg	5–10 kg	> 10 kg	gwałtowne wywieranie siły

W przypadku grupy B dodawany jest kod chwytu, określany na podstawie tabeli 5. Uzyskuje się w ten sposób ocenę A i ocenę B.

Tabela 5. Ocena sposobu chwytu w metodzie REBA [Hignett i McAtamney 2000]

Uchwyt			
dobry 0	średni 1	zły 2	nieakceptowalny 3
uchwyt pasujący dobrze do ręki	uchwyt akceptowalny, ale nie jest idealny bądź uchwyt jest możliwy przez zaangażowanie innych części ciała	uchwyt nieakceptowalny, choć możliwy	niewygodny chwyt, brak uchwytów; chwyt nie jest akceptowalny przy wykorzystywaniu innych części ciała

Ocena grupy A i ocena grupy B umożliwia, z zastosowaniem odpowiedniej tabeli, ocenę C (tab. 6).

Tabela 6. Ocena C – ryzyka z zastosowaniem metody REBA [Hignett i McAtamney 2000]

Wyszczególnienie		Ocena grupy B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ocena grupy A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9

	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

W całkowitej ocenie ryzyka uwzględniany jest także charakter aktywności pracownika w trakcie wykonywania zadania roboczego. W celu uwzględnienia dodatkowego obciążenia wynikającego z pracy statycznej lub pracy powtarzalnej bądź też obciążenia związanego z wywieraniem siły zewnętrznej podczas nagłych zmian położenia konieczne są dalsze kroki oceny. Ocena dotyczy zarówno grupy A, jak i grupy B. Całkowita ocena ryzyka (wynik REBA) uzyskiwana jest po dodaniu do wyniku C (tab. 6.) kodu oceny aktywności (tab. 7). Jeżeli występuje obciążenie statyczne (niezmienna pozycja ciała utrzymywana jest przez dłużej niż 1 min), kod oceny pozycji ciała zwiększany jest o 1.

Tabela 7. Ocena aktywności w metodzie REBA [Hignett i McAtamney 2000]

Ocena typu aktywności	
+1	jedna lub więcej części ciała są obciążone statycznie (utrzymywane dłużej niż 1 min)
+1	wykonywanie czynności powtarzalnych (częściej niż 4 razy na minutę)
+1	czynności wymagają nagłych zmian położenia

Podobną wartość dodajemy do wyniku C w przypadku stwierdzenia wykonywania pracy powtarzalnej. W metodzie tej uznaje się, że praca powtarzalna występuje wówczas, gdy czynność powtarzana jest częściej niż cztery razy na minutę. W efekcie końcowym, po uwzględnieniu wyników grupy A, grupy B oraz wyniku C skorygowanego o ocenę aktywności, otrzymujemy wynik REBA, któremu przypisany jest odpowiedni poziom ryzyka. Wyższy poziom ryzyka jest wskazówką do podjęcia koniecznych działań w celu jego ograniczenia lub wyeliminowania. Ryzyko oceniane jest w pięciostopniowej skali. Każdej kategorii oceny końcowej przypisane są odpowiednie strefy ryzyka i zalecane odpowiednie działania (tab. 8). Wysoki poziom ryzyka świadczy o występowaniu w pro-

cesie pracy czynników niekorzystnych dla narządu ruchu, takich jak wymuszone pochylenie pleców, głowa zadarta do góry lub pochylona w dół, ramiona uniesione do góry lub wyciągnięte do przodu, zgięte łokcie lub nadgarstki, pozycja kuczna, powtarzalne ruchy robocze lub nadmierne tempo pracy. Celem głównym dokonania oceny ryzyka metodą REBA jest określenie obciążenia narządu ruchu, aby możliwie najskuteczniej ograniczyć wystąpienie chorób zawodowych tego narządu.

Tabela 8. Końcowa ocena ryzyka zgodnie z procedurą metody REBA
[Hignett i McAtamney 2000]

Ocena końcowa Wynik REBA	Poziom ryzyka	Działania
1	zaniedbywalne	nie są konieczne
2–3	małe	mogą być konieczne
4–7	średnie	konieczne
8–10	duże	konieczne wkrótce
11–15	bardzo duże	konieczne natychmiast

Wyniki i dyskusja

Wyniki otrzymane na podstawie obserwacji pracownika i przeprowadzenia szacunkowej oceny przy pomocy metody REBA przedstawiono w tabeli 9.

Wynik oceny narażenia dla zbioru kłosów

W ramach oceny grupy A oraz obciążenia lub siły zewnętrznej, na podstawie dokonanych obserwacji, określono: pozycję tułowia – kod 2, pozycję szyi – kod 1, pozycję kończyn dolnych – kod 1. Następnie, po podstawieniu uzyskanych wyników, z tabeli 2 odczytano dla grupy A wartość 2. W ramach obciążenia lub siły zewnętrznej z tabeli 4 przyjęto wartość 0 (< 5 kg). Oceniając grupę B oraz sposób chwytu, na podstawie obserwacji określono: pozycję ramion – kod 2, pozycję przedramion – kod 1, pozycję nadgarstka – kod 1. Po podstawieniu uzyskanych wyników odczytano z tabeli 3 dla grupy B wartość 1. Chwyt określono jako średni – wartość 1 (tab. 5). Wykorzystując uzyskane informacje, z tabeli 6 odczytano wartość równą 2. Przy ocenianej czynności zbioru kłosów wykonywane są czynności powtarzalne, zatem do otrzymanej odczytanej wartości z tabeli 6 należy dodać wartość 1 (tab. 7). Zatem ocena końcowego ryzyka zgodnie z procedurą metody REBA (tab. 8) może zostać określona jako „mała”.

Wynik oceny narażenia dla zbioru całych roślin

W ramach oceny grupy A oraz obciążenia lub siły zewnętrznej, na podstawie dokonanych obserwacji, określono: pozycję tułowia – kod 3, pozycję szyi – kod 2, pozycję kończyn dolnych – kod 2. Następnie, po podstawieniu uzyskanych wyników, z tabeli 2 odczytano dla grupy A wartość 5. W ramach obciążenia lub siły zewnętrznej z tabeli 4 przyjęto wartość 0 (< 5 kg). Oceniając grupę B oraz sposób chwytu, na podstawie obserwacji określono: pozycję ramion – kod 3, pozycję przedramion – kod 2, pozycję nadgarstka – kod 2. Po podstawieniu uzyskanych wyników odczytano z tabeli 3 dla grupy B wartość 5. Chwyt określono jako średni – wartość 1 (tab. 5). Wykorzystując uzyskane informacje, z tabeli 6 odczytano wartość równą 7. Przy ocenianej czynności zbioru całych roślin wykonywane są czynności powtarzalne, zatem do otrzymanej odczytanej wartości z tabeli 6 należy dodać wartość 1 (tab. 7). Zatem ocena końcowego ryzyka zgodnie z procedurą metody REBA (tab. 8) może zostać określona jako „duża”.

Wynik oceny narażenia pracownika przy zbiorze z użyciem sierpów

W ramach oceny grupy A oraz obciążenia lub siły zewnętrznej, na podstawie dokonanych obserwacji określono: pozycję tułowia – kod 4, pozycję szyi – kod 2, pozycję kończyn dolnych – kod 2. Następnie, po podstawieniu uzyskanych wyników, z tabeli 2 odczytano dla grupy A wartość 6. W ramach obciążenia lub siły zewnętrznej, z tabeli 4 przyjęto wartość 0 (< 5 kg). Oceniając grupę B oraz sposób chwytu, na podstawie obserwacji określono: pozycję ramion – kod 2, pozycję przedramion – kod 2, pozycję nadgarstka – kod 2. Po podstawieniu uzyskanych wyników odczytano z tabeli 3 dla grupy B wartość 3. Chwyt określono jako średni – wartość 1 (tab. 5). Wykorzystując uzyskane informacje, z tabeli 6 odczytano wartość równą 7. Przy ocenianej czynności zbioru przy pomocy sierpów, wykonywane są czynności powtarzalne, zatem do otrzymanej odczytanej wartości z tabeli 6 należy dodać wartość 1 (tab. 7). Zatem ocena końcowego ryzyka zgodnie z procedurą metody REBA (tab. 8) może zostać określona jako „duża”.

Tabela 9. Wyniki badań dla ocenianych czynności

Numer fazy pracy	1	2	3
Nazwa wykonywanej czynności	zbiór całych roślin	zbiór kłosów pszenicy	zbiór przy pomocy sierpów
Wynik grupy A oraz obciążenie/siła zewnętrzna (tab. 2 i 4)	2 + 0	5 + 0	6 + 0
Wynik grupy B oraz chwyt (tab. 3 i 5)	1 + 1	5 + 1	3 + 1
Wynik C oraz aktywność (tab. 6)	2 + 1	7 + 1	7 + 1
Ocena ryzyka końcowego REBA (tab. 8)	3 – małe	8 – duże	8 – duże
Działania	mogą być konieczne	konieczne wkrótce	konieczne wkrótce

Badania wykazały w dwóch przypadkach duży poziom ryzyka, a w jednym przypadku mały, w trakcie ręcznego zbioru roślin pszenicy. Wykonana ocena wskazuje na wymóg wprowadzenia działań zapobiegawczych, aby ustrzec się przed wystąpieniem dolegliwości mięśniowo-szkieletowych. Jak podają inni autorzy, ręczne prace polowe są czynnościami bardzo wymagającymi fizycznie, a z powodu długotrwałej aktywności zawodowej rolników, dużej powtarzalności i pozostawania w niewygodnej pozycji przez dłuższy czas prowadzić mogą do wystąpienia dolegliwości bólowych odczuwanych w obszarze układu mięśniowo-szkieletowego wywołanych pracą w polu [Ojha i Kwatra 2014, Akbar i in. 2023]. Wielu autorów zwraca uwagę, że występowanie dolegliwości narządu ruchu wśród rolników jest zjawiskiem częstym, ponadto wywołują one negatywne skutki zdrowotne i społeczne. Zwrodońnienia, niedowłady, niepełnosprawność obniżają wydajność pracy, co w konsekwencji skutkować może wykluczeniem ekonomicznym, społecznym i dalszym pogarszaniem się stanu zdrowia osób pracujących w rolnictwie [Patil i in. 2018, Momeni i in. 2020].

Podsumowanie

Podsumowując kwestię obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego pracowników polowych, należy stwierdzić, że obciążenie statyczne jest problemem istotnym. Dobrym rozwiązaniem byłoby wydłużenie bądź zmiana rozkładu przerw, szczególnie w przypadku prac najbardziej obciążających. Należałoby również wprowadzać działania prewencyjne w postaci przeprowadzenia ankiet wśród pracowników odnośnie do chorób układu mięśniowo-szkieletowego oraz zwrócić uwagę na sposoby zapobiegania występowaniu dolegliwości bólowych ze strony narządu ruchu podczas szkoleń wstępnych, okresowych. Równie ważny jest nadzór nad odpowiednim wypełnieniem skierowania pracownika na okresowe badania lekarskie. Wczesna diagnoza pozwala na szybkie reagowanie, aby wprowadzić zmiany organizacyjne i ograniczyć wysiłek pracownika, a nawet skierować go na zabiegi rehabilitacyjne. Niniejsze badania należy powtarzać cyklicznie w środowisku pracy.

Bibliografia

- Akbar K.A., Try P., Viwattanakulvanid P., Kallawicha K., 2023. Work-related musculoskeletal disorders among farmers in the Southeast Asia region: A systematic review. *Saf Health Work* 14(3), 243–249, <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.05.001>
- Giza E., Podstawka M., 2023. Choroby zawodowe rolników ubezpieczonych w KRUS. Ubezpieczenia w Rolnictwie. *Materiały i Studia* 79(1), 137–149.
- Hignett S., McAtamney L., 2000. Rapid entire body assessment (REBA). *Appl. Ergon.* 31(2), 201–205, [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- KRUS, 2025. Wypadki przy pracy i choroby zawodowe rolników oraz działania prewencyjne KRUS w 2024 roku, <https://www.gov.pl/web/krus/dane-o-wypadkach-w-rolnictwie> [dostęp: 24.07.2025].
- Momeni Z., Choobineh A., Razeghi M., Ghaem H., Azadian F., Daneshmand H., 2020. Work-related musculoskeletal symptoms among agricultural workers: A cross-sectional study in Iran. *J. Agromed.* 25(3), <https://doi.org/10.1080/1059924X.2020.1713273>

- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 stycznia 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ubezpieczeniu społecznym rolników (Dz.U. 2024 poz. 90).
- Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie chorób zawodowych (Dz.U. 2022 poz. 1836).
- Ojha P., Kwatra S., 2014. An ergonomic study on the assessment of work related musculoskeletal disorder risks among agriculture workers of Uttarakhand, India IJSER, 5(1), 188–191.
- Patil S.A., Kadam Y.R., Mane A.S., Gore A.D., Dhumale G.B., 2018. The prevalence and health impact of musculoskeletal disorders among farmers. Med. J. of Dr. D.Y. Patil Vidyapeeth 11(6), 485–491, https://doi.org/10.4103/mjdrdypu.mjdrdypu_41_18

Afrykański pomór świń (ASF) w Polsce: stan epidemiologiczny w latach 2020–2024

African swine fever (ASF) in Poland: epidemiological analysis in 2020–2024

Wstęp

Afrykański pomór świń (*African swine fever*, ASF) jest wysoce zakaźną chorobą wirusową, stanowiącą poważne zagrożenie dla hodowli trzody chlewnej oraz populacji dzików. Choroba powoduje ogromne straty ekonomiczne, a jej zwalczanie wymaga kompleksowych działań w zakresie bioasekuracji i kontroli epidemiologicznej. ASF charakteryzuje się wysoką śmiertelnością, a wirus może przetrwać w środowisku przez długi czas, co utrudnia eliminację ognisk zakażeń ze środowiska.

Celem pracy była analiza sytuacji epidemiologicznej ASF w Polsce w latach 2020–2024, ze szczególnym uwzględnieniem województwa lubelskiego. Istotnym aspektem badań jest również ocena korelacji pomiędzy liczebnością zakażeń w populacji dzików a występowaniem ognisk choroby w stadach świń. Wyjaśnienie tych zależności może przyczynić się do opracowania skuteczniejszych metod zapobiegania i zwalczania tej choroby.

Wirus afrykańskiego pomoru świń

Wirus ASF należy do rodziny Asfarviridae i charakteryzuje się dwuniciowym DNA. Posiada on strukturę ikosaedrałną, to znaczy kapsyd wirusa tworzy symetryczną formę dwudziestocienną. Wirus ten różni się od innych wirusów osłonkowych, ponieważ posiada osłonkę lipidową, co sprawia, że jest odporny na warunki środowiskowe. Replikacja wirusa odbywa się w cytoplazmie komórek. Wirus może być przenoszony przez bezpośredni kontakt między zwierzętami, pośrednio przez środowisko oraz przez kleszcze z rodzaju *Ornithodoros* w niektórych regionach świata. ASFV jest jedynym znanym wirusem DNA, który jest przenoszony przez stawonogi, podczas gdy większość wirusów przenoszonych przez te organizmy należy do wirusów RNA. Wirus wywołuje chorobę głównie u świń i dzików, u których śmiertelność może osiągać 100%. ASFV namnaża się przede wszystkim w cytoplazmie monocytów, makrofagów oraz innych komórkach, takich jak hepatocyty czy komórki nabłonka kanalików nerkowych. Natomiast wirus ten nie replikuje się w limfocytach T i B [Markowska-Daniel i in. 2014].

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Chorób Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących, kwolek.sokolniki@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia

Badania nad ewolucją genetyczną wirusa weszły w nową fazę dzięki zaawansowanym technikom typowania. Dotychczas wyróżniono 24 genotypy i 8 serogrup ASFV. Analiza genotypowa pozwala śledzić pochodzenie wirusa, identyfikować drogi jego transmisji oraz selekcjonować potencjalnych kandydatów do produkcji szczepionki. Genom ASFV to liniowe, dwuniciowe DNA, składające się z lewego i prawego regionu zmiennego oraz centralnego regionu konserwatywnego. Poszczególne szczepy mogą znacznie różnić się w określonych sekwencjach, takich jak rodzina genów wielokrotnych (MGF) w LVR, centralny region zmienny (CVR) czy gen *EP402R* kodujący białko CD2v. Różnice te stanowią podstawę do badań nad ewolucją ASFV [Zhang i in. 2023]. W Europie, poza Sycylią, stwierdzany jest jeden genotyp wirusa p72 genotyp II [Instrukcja Głównego Lekarza Weterynarii BP.0200.1.15.2024].

Afrykański pomór świń atakuje zwierzęta z rodziny świniowatych (*Suidae*), do której – zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2016/429 – należą: *Babirusa* spp., *Hylochoerus* spp., *Phacochoerus* spp., *Porcula* spp., *Potamochoerus* spp. oraz *Sus* spp. Choroba dotyczy m.in. świń domowych i dzików (*Sus scrofa*), guźców (*Phacochoerus* spp.), świń rzecznych (*Potamochoerus larvatus*, *Potamochoerus porcus*), świń leśnych (*Hylochoerus* spp.), a także świń karłowatych (*Porcula* spp.). Większość z tych gatunków wykazuje objawy choroby, jednak u guźców infekcja zazwyczaj przebiega łagodnie lub bezobjawowo [Spickler 2019].

Diagnostyka afrykańskiego pomoru świń

W diagnostyce ASF kluczowe znaczenie mają zarówno obserwacje kliniczne, jak i zaawansowane metody laboratoryjne, które pozwalają na precyzyjne potwierdzenie obecności wirusa w organizmie zwierzęcia. ASF charakteryzuje się różnym przebiegiem w zależności od zjadliwości szczepu wirusa. W postaci nadostrej choroba może prowadzić do nagłej śmierci świń bez wcześniejszych objawów klinicznych. W postaci ostrej zwierzęta wykazują wysoką gorączkę (40,5–42°C), osłabienie, utratę apetytu, zaczerwienienie skóry i zaburzenia koordynacji, wybroczyny na skórze i narządach; śmiertelność sięga blisko 100% [Mazur-Panasiuk i in. 2020]. Postać podostra charakteryzuje się mniej intensywnymi objawami, a jej śmiertelność wynosi od 30 do 70%. W rzadkich przypadkach choroba przybiera postać przewlekłą, objawiającą się okresowymi gorączkami, utratą masy ciała oraz zmianami skórnymi i zapaleniem stawów, a jej przebieg może trwać nawet kilka miesięcy [Walczak i in. 2020].

Zmiany chorobowe w postaci ostrej i podostrej obejmują liczne narządy, a padłe zwierzęta mogą mieć sine przebarwienia skóry (punkcikowate wybroczyny), krwawe biegunki i rozległe wylewy krwi do wszystkich narządów. Sekcyjnie często obserwuje się również znaczne powiększenie i ciemne zabarwienie śledziony, przekrwienie węzłów chłonnych oraz wybroczyny w nerkach, pęcherzu i chrząstkach krtani. Dodatkowo mogą występować wylewy krwawe w pęcherzu moczowym, płucach, żołądku i jelitach, a w ciężkich przypadkach dochodzi do obrzęku płuc i nagromadzenia płynu w jamach ciała [Spickler 2019]. Z kolei w postaci przewlekłej typowe są wychudzenie, martwica skóry, krupowe zapalenie płuc, zapalenie osierdzia oraz obrzęk stawów. Poronione płody mogą wykazywać uogólniony obrzęk, przebarwienia wątroby i wybroczyny w skórze oraz łożysku [Spickler 2019].

Ze względu na niespecyficzny charakter objawów klinicznych potwierdzenie zakażenia wirusem ASF wymaga zastosowania metod diagnostyki laboratoryjnej. Podstawowymi metodami wykorzystywanymi w diagnostyce ASF są: izolacja wirusa na hodowlach komórkowych, test hemadsorpcji (HAD) oraz reakcja łańcuchowa polimerazy w czasie rzeczywistym (qPCR), umożliwiająca wykrycie materiału genetycznego ASFV [WOAH 2024].

Zasady pobierania próbek od podejrzanych o zakażenie zwierząt

W diagnostyce afrykańskiego pomoru świń do badań laboratoryjnych pobiera się krew, surowicę oraz narządy wewnętrzne świń i dzików. Dodatkowo mogą być analizowane inne materiały biologiczne, takie jak szpik kostny, mięśnie, skóra czy zeskrobiny z kości. W przypadku podejrzenia nielegalnego stosowania białka zwierzęcego w paszy do badań pobiera się również próbki paszy oraz resztek pokarmowych [Instrukcja Głównego Lekarza Weterynarii BP.0200.1.15.2024].

Próbki krwi do badań molekularnych od żywych zwierząt wykazujących objawy kliniczne zakażenia powinny być pobierane do probówek z antykoagulantem, np. EDTA lub heparyną. Natomiast do badań serologicznych krew pobiera się bez antykoagulantu (około 5 ml), głównie od świń uśmiercanych w ogniskach ASF oraz dzików odstrzelonych na obszarach objętych ograniczeniami, które dzieli się na trzy strefy: I – ochronną, bez stwierdzonych zakażeń, otaczającą obszary II i III; II – z zakażeniami u dzików oraz III – gdzie zakażenia występują u świń i dzików [Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 stycznia 2025 r.].

Próbki narządów pobiera się w sterylny sposób. Do badań molekularnych zaleca się pobrać próbki o wielkości 2–3 cm², obejmujące przede wszystkim śledzionę, migdałki, nerki, węzły chłonne oraz płuca. W przypadku zaawansowanego rozkładu zwłok możliwe jest pobranie próbek z wątroby, serca lub szpiku kostnego [Instrukcja GLW 2024].

Afrykański i klasyczny pomór świń a grypa świń

Afrykański (ASF) i klasyczny (CSF) pomór świń to choroby wirusowe, często mylone z gripą świń, mimo że są wywoływane przez zupełnie inne patogeny. Gripę świń (H1N1) wywołuje wirus RNA z rodziny *Orthomyxoviridae*, podczas gdy CSF powoduje wirus RNA z rodziny *Flaviviridae*, natomiast ASF – wirus DNA z rodziny *Asfarviridae*. Obie formy pomoru świń są śmiertelne dla świń i ludzi, natomiast nie przenoszą się na ludzi. Istnieją skuteczne szczepionki przeciwko CSF (np. szczep C), które pomogły ograniczyć chorobę w wielu krajach. Natomiast jak dotąd na ASF nie opracowano jeszcze bezpiecznej i skutecznej szczepionki, co utrudnia zwalczanie tej groźnej choroby [Shi i in. 2021].

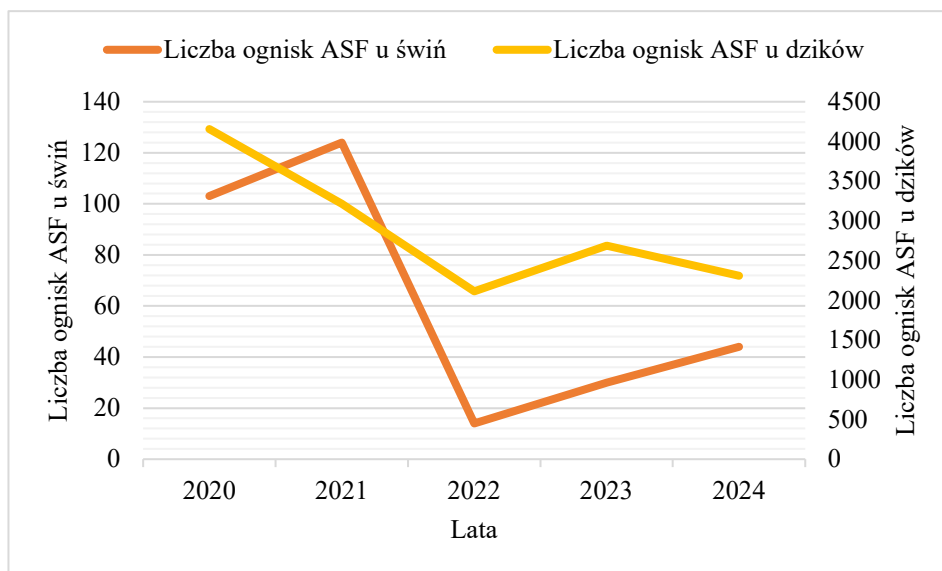
Zwalczanie choroby i zagrożenia związane z wirusem ASF

Wirus ASF jest niezwykle odporny na warunki środowiskowe, co sprawia, że może przetrwać w mięsie oraz produktach wieprzowych przez długi okres. W zależności od

warunków wirus może przeżyć w krwi świń przez 18 tygodni, w odchodach od 60 do 100 dni w temperaturze pokojowej, natomiast w surowym mięsie przechowywanym w temperaturze 4°C nawet 150 dni. Wirus utrzymuje się w szpiku kostnym do 6 miesięcy, a w tkankach gnijących zwłok dzika lub świni może przetrwać przez 7–8 miesięcy. Wysoka odporność na różne, często niesprzyjające warunki środowiskowe sprzyja rozprzestrzenianiu się wirusa, zwłaszcza przez transport zakażonych produktów oraz odpadów spożywczych. Ponadto ASFV może być przenoszony przez kleszcze z rodzaju *Ornithodoros*, które często pełnią rolę rezerwuaru wirusa [Spickler 2019].

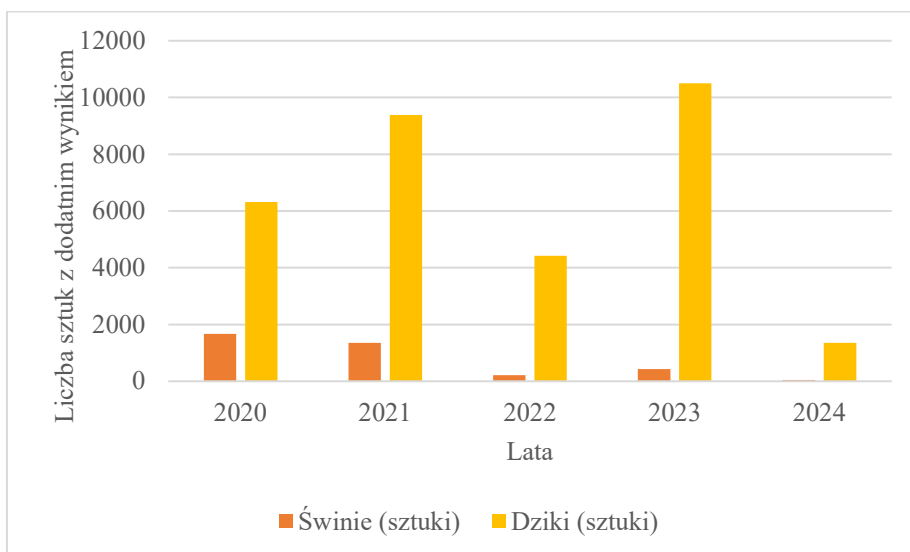
Sytuacja epidemiologiczna ASF w Polsce w latach 2020–2024

Na rycinie 1 przedstawiono zmienność liczby ognisk ASF u świń i dzików w latach 2020–2024. Zastosowanie dwóch przeciwnastawnych osi Y na wykresie pozwala na jednocześnie porównanie dynamiki zachorowań u obu gatunków, pomimo znaczących różnic w skali występowania choroby.

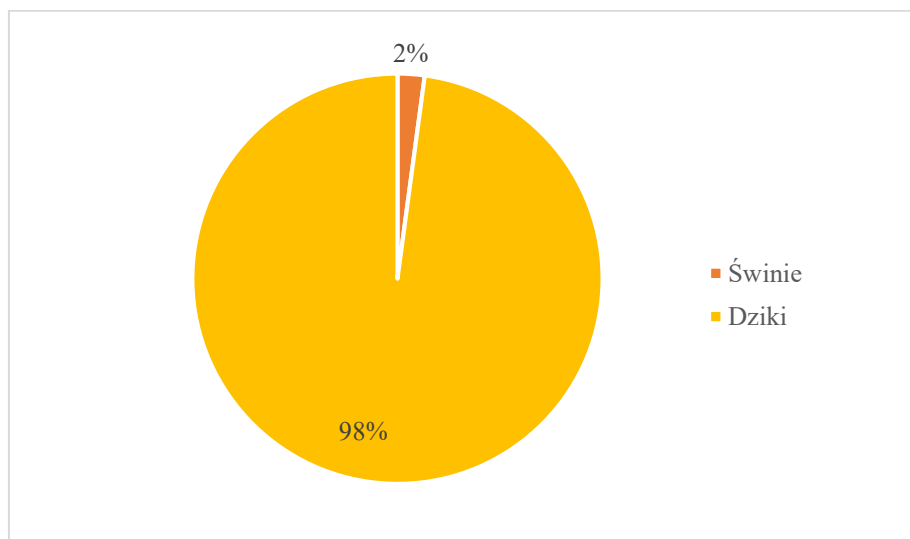


Ryc. 1. Dynamika występowania ognisk ASF u świń i dzików w latach 2020–2024

Na rycinach 2 i 3 porównano liczbę świń i dzików z dodatkowym wynikiem badania laboratoryjnego w kierunku ASF w poszczególnych latach oraz procentowy udział ognisk ASF u świń i dzików w ogólnej liczbie ognisk.



Ryc. 2. Porównanie liczby sztuk świń i dzików z dodatnim wynikiem badania na ASF (2020–2024)



Ryc. 3. Procentowy udział ognisk ASF u świń i dzików w ogólnej liczbie ognisk (2020–2024)

Dane zawarte w tabelach 1 i 2 odzwierciedlają skalę występowania choroby u obu gatunków i efektywność działań monitoringowych. Przedstawione wyniki obrazują duże dysproporcje pomiędzy gatunkami. Liczba ognisk u dzików jest wielokrotnie wyższa w porównaniu z ogniskami u świń. Sytuacja ta świadczy o istotnej roli dzików w rozprzestrzenianiu się choroby w kraju.

Tabela 1. Liczba ognisk ASF u świń i dzików w Polsce (2020–2024)

Rok	Liczba ognisk ASF u świń	Liczba ognisk ASF u dzików
2020	103	4156
2021	124	3214
2022	14	2113
2023	30	2686
2024	44	2311
SUMA	315	14 480

Tabela 2. Liczba sztuk świń i dzików z dodatnim wynikiem badania laboratoryjnego

Rok	Świnie (sztuki)	Dziki (sztuki)
2020	1675	6320
2021	1351	9389
2022	219	4419
2023	425	10 503
2024	44	1360

Na podstawie analizy danych z lat 2020–2024 można zaobserwować zależności między zachorowalnością dzików i świń na ASF w Polsce. Zaobserwowano trend spadkowy u świń przy utrzymującej się wysokiej liczbie przypadków u dzików (ryc. 1 i 2). Od 2021 r. widoczny jest znaczący spadek liczby ognisk ASF u świń (ze 124 w 2021 do 14 w 2022), podczas gdy liczba przypadków u dzików utrzymuje się ciągle na wysokim poziomie. Może to wskazywać na skuteczność działań bioasekuracyjnych wdrożonych w gospodarstwach trzody chlewnej. Natomiast w latach 2023 oraz 2024 obserwuje się nieznaczny wzrost liczby ognisk ASF u świń oraz spadek ognisk ASF u dzików. Stosunek liczby ognisk ASF u dzików do liczby ognisk u świń wynosi około 47:1, co potwierdza, że dziki stanowią główny rezerwuariusz wirusa w środowisku naturalnym (ryc. 3). Przedstawione wyniki wskazują na zwiększoną liczbę badań laboratoryjnych i wyników dodatnich szczególnie u dzików, co wynika przede wszystkim z rozszerzania kolejnych obszarów Polski objętych ograniczeniami zgodnie z obowiązującymi przepisami. W efekcie wzrosła liczba pobieranych próbek w określonych przypadkach (tab. 2), zgodnie z obowiązkami Inspekcji Weterynaryjnej, realizującej swoje zadania zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 stycznia 2025 r.].

Dziki stanowią główny rezerwuariusz wirusa w środowisku naturalnym. Skuteczne działania bioasekuracyjne oraz przestrzeganie przez hodowców świń zasad bioasekuracji w gospodarstwach trzody chlewnej przyczyniły się do znaczącego spadku liczby ognisk ASF u świń od 2022 r., mimo utrzymującej się wysokiej liczby przypadków u dzików.

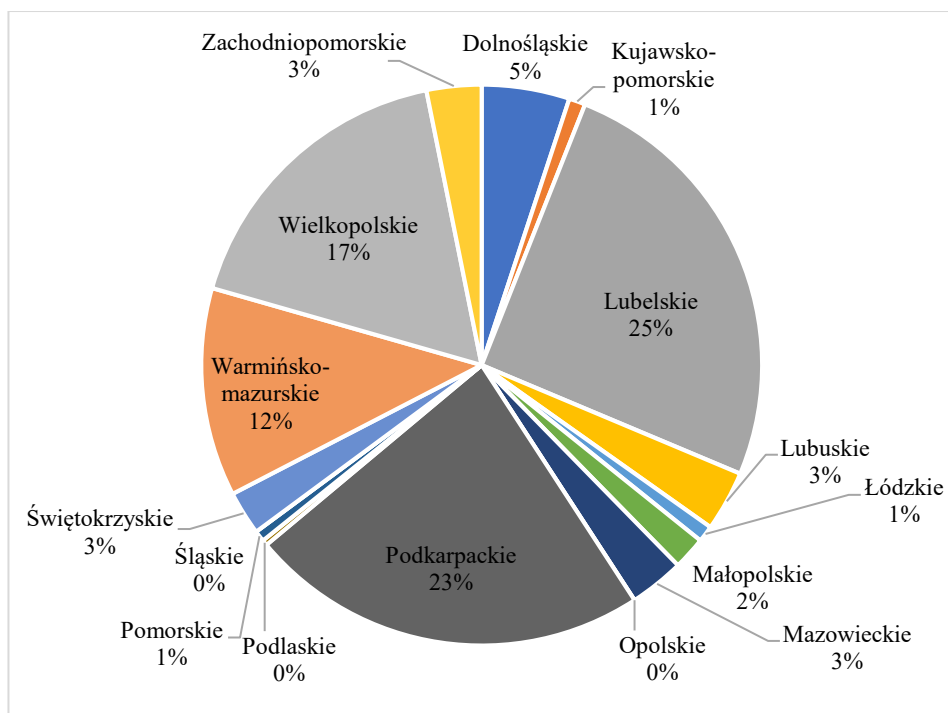
Intensywny monitoring i badania laboratoryjne są kluczowe dla wczesnego wykrywania i zwalczania choroby. Liczba przeprowadzanych badań laboratoryjnych wzrosła w analizowanym okresie, co świadczy o efektywnych działaniach służb weterynaryjnych

oraz przestrzeganiu zasad bioasekuracji. Dysproporcja między liczbą ognisk ASF u dzików (12 840) i świń (271) w latach 2020–2024 potwierdza, że dziki odgrywają kluczową rolę w epidemiologii ASF w Polsce.

Analiza danych dotyczących występowania ognisk ASF u świń w poszczególnych województwach wskazuje na szczególną rolę województwa lubelskiego w epidemiologii tej choroby. Region ten, z łączną liczbą 80 ognisk w analizowanym okresie, zajmuje pierwsze miejsce w skali kraju. Charakterystyczną cechą w sytuacji epidemiologicznej w województwie lubelskim jest znacząca zmienność czasowa – od 61 ognisk w 2020 r., stanowiących 59% wszystkich przypadków w kraju, poprzez okres względnego spokoju w latach 2021–2022 – 3 ogniska w 2021 r. i brak w 2022 r., po ponowny wzrost w 2023 r. – 13 ognisk stanowiących 43,3% przypadków krajowych. Ta dynamika może świadczyć zarówno o przestrzeganiu wdrażanych zasad bioasekuracji, jak i o utrzymujących się czynnikach ryzyka, potencjalnie związanych z przygranicznym położeniem województwa.

Tabela 3. Liczba ognisk ASF u świń w województwach w latach 2020–2024

Województwo	2020	2021	2022	2023	2024	Suma
Dolnośląskie	2	11	2	1	–	16
Kujawsko-pomorskie	–	–	–	–	3	3
Lubelskie	61	3	–	13	2	79
Lubuskie	4	6	1	–	–	11
Łódzkie	–	3	–	–	–	3
Małopolskie	–	6	–	–	–	6
Mazowieckie	5	2	–	2	1	10
Opolskie	–	–	–	–	–	0
Podkarpackie	17	56	–	–	–	73
Podlaskie	–	1	–	–	–	1
Pomorskie	–	–	–	–	2	2
Śląskie	–	–	–	–	–	0
Świętokrzyskie	–	8	–	–	–	8
Warmińsko-mazurskie	8	19	2	2	7	38
Wielkopolskie	6	9	7	10	23	55
Zachodniopomorskie	–	–	2	2	6	10



Ryc. 4. Procentowy udział ognisk ASF u świń w poszczególnych województwach (2020–2024)

Na rycinie 4 przedstawiono procentowy udział ognisk ASF u świń w poszczególnych województwach Polski w latach 2020–2024. Województwo lubelskie zajmuje dominującą pozycję z 25% wszystkich ognisk w kraju (80 przypadków), nieznacznie wyprzedzając województwo podkarpackie (73 ogniska). Na kolejnym miejscu plasuje się województwo wielkopolskie (55 ognisk) i warmińsko-mazurskie (38 ognisk). Pozostałe województwa mają znacznie mniejszy udział w ogólnej liczbie ognisk, nieprzekraczający 5%. W województwach opolskim, śląskim i podlaskim nie odnotowano żadnych ognisk ASF w analizowanym okresie. Wykres wyraźnie uwidacznia geograficzną koncentrację ognisk ASF w Polsce, z wyraźną przewagą województw wschodnich (lubelskie, podkarpackie) i północno-wschodnich (warmińsko-mazurskie), choć w ostatnich latach obserwuje się przesunięcie ciężaru epidemiologicznego kierunku województwa wielkopolskiego.

Rola myśliwego w walce z ASF

Myśliwi zrzeszeni w Polskim Związku Łowieckim (PZŁ) odgrywają kluczową rolę w zwalczaniu afrykańskiego pomoru świń, koncentrując swoje działania w trzech głównych obszarach: odstrzał dzików (planowy, redukcyjny oraz sanitarny), działania bioasekuracyjne oraz poszukiwanie padłych dzików. W regionach zagrożonych ASF myśliwi

intensyfikują odstrzał sanitarny i redukcyjny zgodnie z wytycznymi Inspekcji Weterynaryjnej, co ma na celu ograniczenie liczebności populacji dzików i zmniejszenie ryzyka rozprzestrzeniania się wirusa [GIW 2023, PZŁ 2022]. Szerzenie się ASF wraz z populacją zakażonych dzików postępuje w tempie pomiędzy 2,9 i 11,7 km/rok. Średnie zagęszczenie populacji dzików w obwodach łowieckich wynosi od 0–0,1 sztuki na km². Kontrolowane polowania są ściśle monitorowane, a próbki od odstrzelonych dzików poddawane badaniom monitoringowym. W przypadku opóźnień w analizach Zarząd Okręgowy PZŁ interweniuje u Inspekcji Weterynaryjnej, aby nie hamować dalszych działań.

Równie istotnym elementem walki z ASF jest bioasekuracja, która obejmuje m.in. kontrolę przestrzegania zasad sanitarnych podczas polowań oraz w miejscach przechowywania odstrzelonych dzików. Zaniedbania w tym zakresie, takie jak niewłaściwe usuwanie tusz, brak dezynfekcji sprzętu i odzieży myśliwskiej czy transport dzików bez odpowiedniego zabezpieczenia, mogą prowadzić do rozprzestrzeniania się wirusa w środowisku lub jego zawleczenia do gospodarstw utrzymujących świnię [GIW 2023, WOA, ASF portal]. Regularne kontrole kół łowieckich prowadzone przez Inspekcję Weterynaryjną mają na celu eliminację takich zagrożeń poprzez egzekwowanie stosowania odpowiednich procedur sanitarno-weterynaryjnych oraz edukację myśliwych w zakresie prewencji ASF [Ustawa z dnia 11.03.2004, GIW 2023].

Trzecim filarem działań jest aktywne poszukiwanie padłych dzików, które mogą stanowić rezerwuuar wirusa i odgrywać kluczową rolę w jego utrzymywaniu się oraz transmisji w środowisku. Wczesne wykrycie i bezpieczne usunięcie zwłok pozwala na ograniczenie dalszego rozprzestrzeniania się choroby, zarówno w populacji dzików, jak i poprzez czynniki pośrednie – ludzi, sprzęt, pojazdy czy zwierzęta domowe [WOAH 2024, GIW 2022].

Współpraca PZŁ z Inspekcją Weterynaryjną umożliwia szybkie odnajdywanie i usuwanie zwłok, minimalizując ryzyko dalszego rozprzestrzeniania się epidemii [Grygiel 2025].

Bioasekuracja ferm utrzymujących świnię

Zwalczanie ASF wymaga ścisłych środków bioasekuracyjnych, takich jak kontrola przemieszczania się zwierząt, dezynfekcja sprzętu i pojazdów oraz ograniczenie kontaktu trzody chlewnej z dzikami, odgrywających istotną rolę w rozprzestrzenianiu wirusa w środowisku. ASF powoduje znaczne straty ekonomiczne w sektorze hodowli trzody chlewnej na całym świecie. W odpowiedzi na występowanie choroby wprowadza się obszary objęte ograniczeniami, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa. Wyróżnia się: obszar objęty ograniczeniami I (obszar ochronny, w którym nie stwierdza się zakażeń, lecz który otacza obszary wyższego ryzyka), obszar objęty ograniczeniami II (zakażenia występują u dzików) oraz obszar objęty ograniczeniami III (zakażenia u świń i dzików) [Rozporządzenie wykonawcze Komisji UE 2023/594]. Celem ustanowienia tych stref jest zahamowanie dalszego rozprzestrzeniania się wirusa.

Organizacje międzynarodowe, takie jak Światowa Organizacja Zdrowia Zwierząt (WOAH), opracowują strategie zwalczania ASF, koncentrując się na globalnej koordynacji działań, wymianie informacji, wspieraniu krajów dotkniętych epidemią oraz na opracowywaniu i aktualizacji wytycznych dotyczących nadzoru, diagnostyki i kontroli choroby [WOAH, ASF portal, WOA 2024].

Diagnostyka ASF opiera się na metodach rekomendowanych przez WOAAH i obejmuje m.in. testy molekularne (qPCR), izolację wirusa oraz testy hemadsorpcji (HAD) [WOAH 2024]. Długotrwałe występowanie ASF prowadzi do znaczących zmian w strukturze produkcji trzody chlewnej. Zmniejszenie liczby gospodarstw nie wynika wyłącznie z decyzji samych hodowców, ale również z działań podejmowanych przez organy administracyjne, w tym nakazów wynikających z przepisów prawa. Zgodnie z Ustawą z dnia 11 marca 2004 r. o ochronie zdrowia zwierząt oraz zwalczaniu chorób zakaźnych zwierząt (Dz.U. z 2023 r. poz. 1075 z późn. zm.), w przypadku stwierdzenia naruszeń wymogów bioasekuracji, właściwy organ może nakazać zabicie świń oraz zakazać ich dalszego utrzymywania w gospodarstwie [Ustawa z dnia 11 marca 2004 r.].

Wiele popularnych środków dezynfekcyjnych nie jest już skutecznych przeciwko wirusowi ASF, dlatego powinny być stosowane wyłącznie te, które zostały specjalnie do tego zatwierdzone. Skuteczność w niszczeniu wirusa ASFV wykazują m.in. podchloryn sodu, kwas cytrynowy oraz niektóre związki jodu i czwartorzędowe związki amoniowe, zwłaszcza na powierzchniach nieporowatych. Badania wskazują, że do dezynfekcji wirusa na drewnie skuteczniejsze jest stosowanie 2% roztworu kwasu cytrynowego niż wyższych stężeń podchlorynu sodu (np. 2000 ppm). Aby unieszkodliwić ASFV w mięsie, konieczne jest jego podgrzanie do co najmniej 70°C przez 30 minut, natomiast w surowicy i płynach ustrojowych wirus ulega dezaktywacji już przy 60°C w ciągu pół godziny [Spickler 2019].

Postęp w pracach nad szczepionką przeciwko ASF

Skuteczna szczepionka jest kluczowym narzędziem w walce z chorobą. Mimo intensywnych badań nad różnymi strategiami szczepień, opracowanie skutecznej i bezpiecznej szczepionki nadal napotyka liczne trudności [Zhang i in. 2023].

Szczepionki oparte na osłabionych szczepach wirusa (*live attenuated vaccines*, LAV) dają większe nadzieje. Niektóre naturalnie osłabione szczepy, takie jak NH/P68 czy OURT88/3, wykazały pewną skuteczność, jednak powodowały także poważne skutki uboczne, m.in. gorączkę, uszkodzenia skóry i przewlekłe infekcje. Nowsze podejście do tematu polega na genetycznej modyfikacji wirusa i usuwaniu konkretnych genów odpowiedzialnych za jego zjadliwość. Niemniej jednak szczepionki atenuowane wymagają dalszych badań, ponieważ istnieje ryzyko, że wirus może odzyskać swoją zjadliwość [Zhang i in. 2023].

Badacze pracują również nad szczepionkami opartymi na inżynierii genetycznej, np. szczepionkami podjednostkowymi, wektorowymi i DNA. W tych metodach wykorzystuje się pojedyncze białka ASFV lub ich kombinacje, aby pobudzić układ odpornościowy bez konieczności stosowania całego wirusa. Jednak dotychczasowe eksperymenty nie zapewniły pełnej ochrony i wymagają również dalszych ulepszeń.

Mimo znaczącego postępu w badaniach nad szczepionką przeciwko ASF, żadna z opracowanych metod nie zapewnia jeszcze pełnej i długotrwałej ochrony. Szczepionki atenuowane wykazują największy potencjał, ale wymagają dalszych badań w celu zwiększenia bezpieczeństwa [Zhang i in. 2023].

Podsumowanie

Obecność ASF w populacji dzików stanowi istotne zagrożenie dla hodowli trzody chlewnej, ponieważ dziki są rezerwuarem wirusa, co prowadzi do zakażeń w gospodarstwach hodujących trzodę chlewną. Wprowadzenie intensywnego odstrzału dzików ma na celu zmniejszenie rozprzestrzeniania się wirusa i ochronę interesów hodowców trzody chlewnej. Współpraca między organami inspekcji weterynaryjnej, myśliwymi, rolnikami oraz innymi instytucjami jest kluczowa w walce z ASF. Dzięki skoordynowanym działaniom udało się ograniczyć rozprzestrzenianie się wirusa, jednak nadal konieczne jest stosowanie środków bioasekuracyjnych oraz monitorowanie jego obecności w populacji dzików, aby skutecznie chronić hodowlę trzody chlewnej.

Bibliografia

- Główny Inspektorat Weterynarii (GIW), 2022. ASF – wytyczne dotyczące zwalczania choroby i postępowania z padłymi dzikami.
- Główny Inspektorat Weterynarii (GIW), 2023. Zasady bioasekuracji w gospodarstwach utrzymujących świnię i podczas polowań. Warszawa, <https://www.wetgiw.gov.pl> [dostęp: 22.04.2025].
- Główny Lekarz Weterynarii, 2024. Instrukcja pobierania i przesyłania próbek do laboratoryjnych badań diagnostycznych w kierunku afrykańskiego pomoru świń. Nr BP.0200.1.15.2024.
- Grygiel A., Liczba ognisk ASF u świń i dzików na przestrzeni kilku lat, <https://wiescirolnicze.pl/liczba-ognisk-asf-u-swin-i-dzikow-na-przestrzeni-kilku-lat/> [dostęp: 31.03.2025].
- Markowska-Daniel I., Pejsak Z., 2014. Afrykański pomór świń. Życie Wet. 89(3), 177–181, <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-cld369c6-2c97-467c-b1e7-979783a42568> [dostęp: 31.03.2025].
- Mazur-Panasiuk N., Walczak M., Juszkievicz M., Woźniakowski G., 2020. The spillover of African swine fever in Western Poland revealed its estimated origin on the basis of O174L, K145R, MGF 505-5R and IGR 173R/I329L genomic sequences. Viruses 12(10), 1094, <https://doi.org/10.3390/v12101094>
- Państwowa Inspekcja Weterynaryjna (n.d.). Afrykański pomór świń (ulotka informacyjna).
- Polski Związek Łowiecki (n.d.). Walka z ASF – Polski Związek Łowiecki na straży zdrowia wielkopolskiego rolnictwa, <https://www.pzlow.pl/walka-z-asf-polski-zwiazek-lowiecki-na-strazy-zdrowia-wielkopolskiego-rolnictwa/> [dostęp: 31.03.2025].
- Polski Związek Łowiecki, 2022. Zasady realizacji odstrzałów sanitarnych dzików w związku z ASF. Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 stycznia 2025 r. w sprawie wprowadzenia w latach 2025–2027 na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej „Programu mającego na celu wczesne wykrycie zakażeń wirusem wywołującym afrykański pomór świń i poszerzenie wiedzy na temat tej choroby oraz jej zwalczanie”, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20250000199/O/D20250199.pdf>
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/429 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie przenośnych chorób zwierząt oraz zmieniające i uchylające niektóre akty w dziedzinie zdrowia zwierząt, <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/429/oj>
- Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/594 z dnia 16 marca 2023 r. ustanawiające środki kontroli chorób związane z afrykańskim pomorem świń, http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2023/594/oj
- Shi J., Wang L., McVey D., 2021. Of pigs and men: the best-laid plans for prevention and control of swine fevers. Anim. Front. 11, 6–13, <https://doi.org/10.1093/af/vfaa052>
- Spickler A.R., 2019. African swine fever. Iowa State University, <https://www.cfsph.iastate.edu>

- Ustawa z dnia 11 marca 2004 r. o ochronie zdrowia zwierząt oraz zwalczaniu chorób zakaźnych zwierząt (Dz.U. z 2023 r. poz. 1075 z późn. zm.).
- Walczak M., Żmudzki J., Mazur-Panasiuk N., Juskiewicz M., Frant M., Niemczuk K., Woźniakowski G., 2020. Analysis of the clinical course of experimental infection with highly pathogenic African swine fever strain, isolated from an outbreak in Poland. Aspects related to the disease and diagnostic approach. *Pathogens* 9(3), 237, <https://doi.org/10.3390/pathogens9030237>
- World Organisation for Animal Health (WOAH), n.d. African Swine Fever Portal, <https://www.woah.org/en/disease/african-swine-fever/> [dostęp: 22.04.2025].
- World Organisation for Animal Health (WOAH). African swine fever. W: Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/A_summary.htm [dostęp: 22.04.2025].
- Zhang H., Zhao S., Zhang H., Qin Z., S dziwne zapisyhan H., Cai X., 2023. Vaccines for African swine fever: an update. *Front. Microbiol.* 2–8, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1139494>