

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

# Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska

Tom 4

Środowisko - Roślina - Zwierzę - Produkt

**WUP**

Wybrane zagadnienia z zakresu  
ochrony i zagrożeń środowiska

Tom 4

Środowisko – Roślina – Zwierzę – Produkt

# Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska

Tom 4

pod redakcją

Marka Babicza

Bożeny Nowakowicz-Dębek

Adama Gawryluka

Lublin 2024

## Recenzenci

dr n. o zdr. Piotr Choina  
dr n. med. i n. o zdr. Martyna Kasela  
dr hab. inż. Beata Seremak, prof. ZUT  
dr hab. inż. Anna Sikorska, prof. PUZ

Redaktor prowadzący  
Magdalena Marcewicz

Opracowanie redakcyjne  
Zofia Budzyńska  
Justyna Józkiewicz  
Alicja Pitucha

Skład i łamanie  
Małgorzata Lużyńska

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 978-83-7259-448-8 on-line  
<https://doi.org/10.24326/mon.2024.13>

WUP

Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin  
<https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo/>  
14,9 ark. wyd.

## Spis treści

<b>Martyna Cenian, Natalia Misiewicz, Nikola Zgierska, Agnieszka Buczaj, Anna Pecyna</b> Ocena obciążenia statycznego na stanowisku pracownika biurowego ..... 8 Assessment of static load in the office worker's position	8
<b>Dominika Chmielewska, Paulina Holub, Julia Maciejczak, Katarzyna Wadowska, Anna Pecyna, Agnieszka Buczaj</b> Wypalenie zawodowe wśród fizjoterapeutów ..... 15 Occupational burnout among physiotherapists	15
<b>Oliwia Fischer, Zbigniew Belkot</b> Antropogeniczne wyzwania dla populacji nosorożców w Republice Południowej Afryki .... 26 Anthropogenic challenges for the rhino population in South Africa	26
<b>Mateusz Gancarz, Maciej Wilk, Sebastian Jaguszewski, Łukasz Wlazło, Katarzyna Karpińska, Bożena Nowakowicz-Dębek</b> Ocena narażenia na hałas artysty muzycznego ..... 33 Noise exposure assessment for a music artist	33
<b>Urszula Grykin</b> Mikrogrzyby w antropogenicznym środowisku psychrofilnym ..... 40 Microfungi in an anthropogenic psychrophilic environment	40
<b>Maria Grzegorzek, Agnieszka Chmielowiec, Zbigniew Belkot</b> CRISPR/Cas9: rewolucyjna metoda w modyfikacji genomu zwierzęcego i przywracaniu życia wymarłych gatunków ..... 47 CRISPR/Cas9: a revolutionary method in modifying the animal genome and restoring life to extinct species	47
<b>Kamila Hunek, Rozalia Sowisz, Adam Gawryluk, Agnieszka Komor, Szymon Chmielewski</b> Preferencje studentów na rynku mieszkaniowym w Lublinie ..... 55 Students' preferences on the housing market in Lublin	55
<b>Sebastian Jaguszewski, Mateusz Gancarz, Maciej Wilk, Mateusz Ossowski, Katarzyna Karpińska, Bożena Nowakowicz-Dębek</b> Drgania mechaniczne w środowisku pracy operatora walca drogowego Dynapac CC122 .... 63 Mechanical vibrations in the working environment of the Dynapac CC122 road roller operator	63
<b>Weronika Kadłubek, Rafał Frączek, Piotr Czyżowski</b> Wpływ czynników środowiskowych na behavior wydry europejskiej <i>Lutra lutra</i> utrzymywanej w warunkach ogrodu zoologicznego ..... 69 Effects of environmental factors on the behavior of the European otter <i>Lutra lutra</i> kept under zoo conditions	69
<b>Iga Kamińska, Iga Kowalczyk</b> Zwierzęta domowe – czym możemy się zarazić? ..... 77 Domestic animals – what can we get infected with?	77

<b>Aleksandra Kamińska, Aleksandra Garbacz, Jan Sadurski</b>	
Katalaza i dysmutaza ponadtlenkowa jako wybrane enzymatyczne biomarkery stresu oksydacyjnego .....	85
Catalase and superoxide dismutase as selected enzymatic biomarkers of oxidative stress	
<b>Kacper Lewikowski, Klaudia Siedlecka, Piotr Listos</b>	
Base of heart tumor in dog – case study .....	92
Nowotwór podstawy serca u psa – opis przypadku	
<b>Kacper Lewikowski, Klaudia Siedlecka, Piotr Listos</b>	
Use of entomology and entomotoxicology in veterinary forensic medicine .....	97
Wykorzystanie entomologii i entomotoksykologii w opiniowaniu weterynaryjno-sądowym	
<b>Kinga Lewkowicz, Iga Kamińska, Iga Kowalczyk</b>	
Zrównoważona ochrona roślin: rola induktorów odpornościowych w redukcji użycia pestycydów .....	104
Sustainable plant protection: the role of resistance inducers in reducing pesticide use	
<b>Julia Maciejczak, Katarzyna Wadowska, Paulina Hołub, Dominika Chmielewska, Anna Pecyna, Agnieszka Buczaj</b>	
Ocena wydatku energetycznego podczas zimowo-wiosennych prac przy uprawie jabłek i wiśni .....	111
Evaluation of energy expenditure during winter-spring apple and cherry cultivation works	
<b>Katarzyna Michaś</b>	
Potencjał wąwozów lessowych w retencjonowaniu wód opadowych na przykładzie Lublina .....	117
The potential of loess ravines in rainwater retention – a case study of Lublin	
<b>Natalia Misiewicz, Nikola Zgierska, Martyna Cenian, Anna Pecyna, Agnieszka Buczaj</b>	
Ergonomiczna ocena domowych stanowisk pracy z monitorami ekranowymi wśród studentów .....	126
Ergonomics assessment of home workstations with screen monitors among students	
<b>Aleksandra Niziołek, Marcin Skowronek, Rafał Łopucki, Iłona Sadok</b>	
Quantitative analysis of bacteria present on the surface of slides at public playgrounds .....	135
Analiza ilościowa bakterii występujących na powierzchni zjeżdżalni na publicznych placach zabaw	
<b>Damian Oleksiak, Szymon Strawa, Rafał Łopucki, Marcin Skowronek, Iłona Sadok</b>	
The assessment of microbiological air quality at urban playgrounds – analysis of aerosol bacteria .....	141
Ocena jakości mikrobiologicznej powietrza na miejskich placach zabaw: analiza bakterii w aerozolu	
<b>Mateusz Piejak, Barbara Banach-Albińska</b>	
Anomalie fenologii roślinności w Polsce: analiza wskaźnika VIP (Vegetation Index and Phenology) w latach 1981–2014 .....	148
Anomalies of vegetation phenology in Poland: analysis of the VIP index (Vegetation Index and Phenology) from 1981 to 2014	
<b>Emilia Rain-Kosarska, Adam Kosarski</b>	
Świadomość Polaków na temat biologii i ekologii jemioty ( <i>Viscum</i> sp.) .....	155
Poles' awareness of the mistletoe ( <i>Viscum</i> sp.) biology and ecology	
<b>Magdalena Sytka, Agata Kobyłka</b>	
Świadomość szkodliwości wyboru samolotu jako środka transportu przez osoby młode .....	162
Awareness of the harmful effects of young people choosing an airplane as a means of transport	

<b>Katarzyna Wadowska, Julia Maciejczak, Dominika Chmielewska, Paulina Hołub Anna Pecyna, Agnieszka Buczaj</b>	
Zjawisko wypalenia zawodowego wśród pracowników sklepów spożywczych .....	173
The phenomenon of professional burnout among grocery store employees	
<b>Iwona Wieczorek, Kamila Chojnacka, Marcelina Wojtaszko, Szymon Chmielewski, Adam Gawryluk</b>	
Analiza widoczności algorytmem Viewshed – czy można jej ufać? .....	183
Viewshed algorithm visibility analysis – can it be trusted?	
<b>Maciej Wilk, Mateusz Gancarz, Sebastian Jaguszewski, Anna Chmielowiec-Korzeniowska, Katarzyna Karpińska, Bożena Nowakowicz-Dębek</b>	
Narażenie na hałas w zawodzie nauczyciela wychowania przedszkolnego .....	194
Noise exposure in preschool teacher’s work environment	
<b>Kamil Wójcicki, Edyta Górska-Drabik, Izabela Kot</b>	
Stan poznania fauny pszczoł (Hymenoptera: Apoidea) w Polsce .....	201
State of knowledge of the bee fauna (Hymenoptera: Apoidea) in Poland	
<b>Nikola Zgierska, Martyna Ceniań, Natalia Misiewicz, Anna Pecyna, Agnieszka Buczaj, Agnieszka Lemke-Krasucka</b>	
Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku magazyniera w wybranym zakładzie produkcyjnym .....	210
Occupational risk assessment for the position of a warehouseman in a selected production plant	



## Ocena obciążenia statycznego na stanowisku pracownika biurowego

Assessment of static load in the office worker's position

### Wstęp

Praca biurowa jako jedna z najpowszechniejszych form zatrudnienia we współczesnym społeczeństwie odgrywa kluczową rolę w działaniu organizacji i funkcjonowaniu gospodarki jako całości. Choć dla niektórych może wydawać się rutynową czynnością wykonywaną przy biurku, to jednak jej znaczenie i dynamika zmieniły się wraz z postępem technologicznym, zmianami w organizacji pracy oraz rosnącymi wymaganiami biznesowymi. Współczesne biura to nie tylko przestrzenie do wykonywania zadań, lecz także centra innowacji, kreatywności oraz współpracy, w których ludzie dzielą się pomysłami, rozwiązują problemy i tworzą nowe możliwości rozwoju [Gembalska-Kwiecień i Ignac-Nowicka 2014]. Jednym z głównych zadań pracodawcy, wynikających z Kodeksu Pracy, jest obowiązek zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pracownikom oraz organizowania pracy w taki sposób, aby była ona jak najmniej uciążliwa dla personelu. Pracownicy biurowi, do realizacji swoich zadań, wykorzystują najczęściej monitory ekranowe. Pracodawca zatem powinien zorganizować pracę w taki sposób, aby zatrudnieni mieli możliwość łączenia pracy związanej z obsługą monitora z innymi rodzajami prac, które nie obciążają wzroku i są związane ze zmianą pozycji ciała. W praktyce oznacza to, że pracownicy mają unikać pracy przy monitorze przez ponad godzinę bez przerwy i po każdej przepracowanej w ten sposób godzinie powinni zrobić 5-minutową przerwę, która jest wliczana w czas pracy. Prawo do przerwy po godzinowej pracy z monitorem wynika z zapisów rozporządzenia w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe [Dz.U. 1998 nr 148 poz. 973 ze zm.].

Ze względu na specyfikę pracy w biurze, jej monotonię oraz niewłaściwe dopasowanie stanowiska do pracownika mogą pojawić się różne zagrożenia i niedogodności. Długotrwała praca przy monitorze komputerowym, bez odpowiednich przerw i dostatecznej ochrony oczu, może prowadzić do zmęczenia wzroku, suchości i podrażnienia, a w konsekwencji do pogorszenia widzenia. Długotrwałe pozostawanie w siedzącej i dodatkowo wymuszonej pozycji ciała może doprowadzić do nadmiernego obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego, a co za tym idzie do urazów, bólu i dyskomfortu

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe Ergonomii i BHP, martynacenan@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Podstaw Techniki

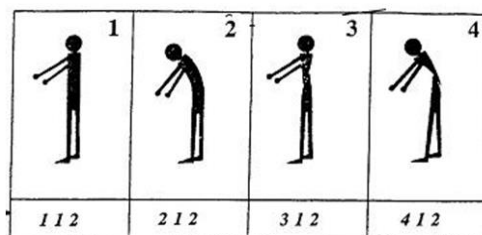
fizycznego, zwłaszcza w obszarze dolnej części kręgosłupa [Malińska 2019]. Niedostosowanie oświetlenia w pomieszczeniu, brak naturalnych źródeł światła, może powodować szybkie zmęczenie wzroku, trudności w koncentracji oraz negatywnie wpływać na wydajność i komfort pracy pracowników biurowych. Niewłaściwe ustawienie monitora ekranowego, niedopasowane siedzisko i oparcie krzesła biurowego, nieodpowiednia wysokość biurka i niedostosowanie innych niezbędnych elementów wyposażenia lub ich brak może prowadzić do nieprawidłowej postawy ciała, co z kolei może skutkować bólami pleców, głowy, szyi, ramion i przedramion, sztywnością mięśni, a w przyszłości problemami mięśniowo-szkieletowymi [Pawlak i in. 2016, Bajdur i in. 2019]. Jednym z najbardziej uciążliwych aspektów pracy biurowej jest nadmierne obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego, wynikające ze specyfiki wykonywanych zadań, co często prowadzi do powstawania dolegliwości w tym obszarze (MSDs) [Wang i in. 2015].

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie oceny obciążenia statycznego pracą na stanowisku pracownika biurowego. Dzięki przeprowadzonej analizie można będzie sprawdzić, czy praca jest wykonywana bezpiecznie oraz czy nie wpływa negatywnie na zdrowie pracownika.

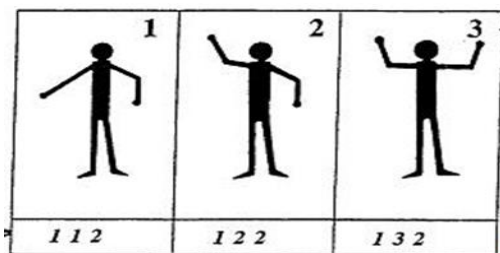
## Material i metody

Badania przeprowadzono na stanowisku telefonicznej obsługi klienta. Badany pracownik biurowy był zatrudniony w niewielkiej lubelskiej firmie, która oferowała usługi przeprowadzkowe w województwie lubelskim. Na badanym stanowisku pracowała kobieta w wieku około trzydziestu lat. Posiadała wykształcenie średnie. Jej staż pracy na stanowisku wynosił trzy lata. W firmie pracowali też zatrudnieni na innych stanowiskach, takich jak: pracownik gospodarczy, asystent działu wsparcia informatycznego a także pracownicy realizujący zlecenia bezpośrednio u klientów. Badana pracownica miała szereg obowiązków. Najważniejszym z nich była telefoniczna i internetowa obsługa klientów, sporządzanie i uzupełnianie dokumentacji, układanie kolejności realizacji zleceń, archiwizacja dokumentów. Wszystkie te zadania wykonywała przy pomocy komputera i telefonu komórkowego oraz odpowiednio dedykowanych programów. Badana osoba pracowała po osiem godzin dziennie, co dawało 40 godzin tygodniowo. Nie pracowała w godzinach nadliczbowych.

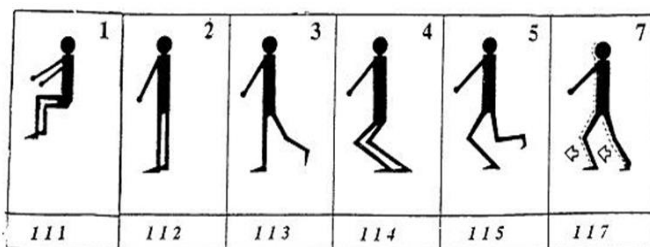
Do realizacji badań obciążenia statycznego wykorzystano metodę OWAS (z ang. *ovako working posture analysis system*). Jest ona oparta na analizie pozycji poszczególnych części ciała w trakcie wykonywania danego rodzaju pracy. Analiza ryzyka rozwoju dolegliwości dokonywana jest na podstawie kombinacji ułożeń pleców, ramion i nóg [Roman-Liu i Tokarski 2010]. Wyznaczono również różne kody klasyfikacyjne dla ułożenia pleców (ryc. 1), ramion (ryc. 2) i nóg (ryc. 3).



Ryc. 1. Kody położenia pleców w metodzie OWAS [źródło: CIOP]



Ryc. 2. Kody położenia ramion w metodzie OWAS [źródło: CIOP]



Ryc. 3. Kody położenia nóg w metodzie OWAS [źródło: CIOP]

Opracowano cztery zakresy obciążeń dla różnych rodzajów pracy i ułożeń poszczególnych części ciała (tab. 1) oraz zdefiniowano kategorie obciążeń (tab. 2).

Tabela 1. Zakresy obciążeń przyjmowanych pozycji [źródło: CIOP]

Nogi		1			2			3			4			5			6			7		
Siła zewnętrzna		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Plecy	Ramiona																					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Tabela 2. Określenie kategorii obciążeń przyjmowanych pozycji  
[opracowanie na podstawie: CIOP]

Pozycje ciała			
kategoria I	kategoria II	kategoria III	kategoria IV
naturalne, niewymagające uwagi	do skorygowania do następnej kontroli	do niezbędnego skorygowania w najbliższym czasie	wymagające natychmiastowej ko- rekty

Podczas oceny obciążenia pracą, istotną rolę odgrywa siła, jaką pracownik wywiera podczas wykonywania poszczególnych zadań. Klasyfikacja tej siły jest uzależniona od płci pracownika i została przedstawiona w tabeli 3.

Tabela 3. Klasyfikacja siły zewnętrznej [źródło: CIOP]

Kategoria siły zewnętrznej	Mężczyźni	Kobiety i młodociani chłopcy	Młodociane dziewczeta
1	poniżej 10 kg	poniżej 5 kg	poniżej 2 kg
2	od 10 do 20 kg	od 5 do 10 kg	od 2 do 6 kg
3	powyżej 20 kg	powyżej 10 kg	powyżej 6 kg

Ocena obciążenia statycznego na badanym stanowisku pracy wymaga procentowego uwzględnienia czasu utrzymywania pozycji ciała w określonej kategorii, zgodnie z metodą OWAS, odnoszącą się do czasu trwania zmiany roboczej [Roman-Liu 1997].

## Wyniki badań

Zapewnienie ergonomicznego i bezpiecznego stanowiska pracy jest kluczowe dla zdrowia i komfortu pracowników. W trakcie obserwacji pracy zatrudnionej kobiety, zauważono szereg nieprawidłowości w postawie ciała oraz niedopasowanie wyposażenia stanowiska do jej potrzeb fizjologicznych. Podczas rozmowy o swojej pracy i potencjalnych dolegliwościach bólowych wskazała ona kilka kluczowych problemów. Przede wszystkim zaznaczyła, że odczuwa ból karku i szyi podczas długotrwałych rozmów telefonicznych. Dodatkowo, zwróciła uwagę na długie, monotonne okresy pracy przed komputerem, w czasie których brakowało jej możliwości zmiany pozycji ciała. Z tego powodu badana zgłaszała bóle nóg oraz bóle dolnej części pleców. Z obserwacji jej stanowiska pracy wynikało, że kobieta spędzała długi czas w niezmięnionej pozycji, a także ma niedostosowane stanowisko biurowe do jej uwarunkowań fizjologicznych m.in. za wysokie krzesło, zbyt wysoko umieszczone na stałe (bez funkcji regulacji wysokości) podłokietniki, brak podestu pod laptop (podwyższenia poziomu wysokości ekranu laptopa do górnej wysokości oczu pracownika), brak myszki.

W tabeli 4 przedstawiono chronometraż dnia pracownika biurowego wraz z uwzględnieniem czasu pracy w minutach i procentach, kody pozycji OWAS, kategorie obciążenia oraz przyjętą pozycję pracownika (wymuszoną czy swobodną).

Tabela 4. Chronometraż dnia pracy pracownika biurowego i inne składowe oceny obciążenia

Lp.	Nazwa czynności	Plecy	Ramiona	Nogi	Siła zewnętrzna	OWAS	Kategoria obciążenia	Czas trwania (min)	Czas pracy (%)	Pozycja
1.	praca z wykorzystaniem monitora ekranowego	2	1	1	1	2111	2*	180	38,7	wymuszona
2.	rozmowy telefoniczne + wprowadzanie danych do komputera	2	2	1	1	2211	2*	135	29	wymuszona
3.	rozmowy telefoniczne	1	2	1	1	1211	1	45	9,7	wymuszona
4.	wypełnianie dokumentacji	2	1	1	1	2111	2*	75	16,1	niewymuszona
5.	inne czynności	1	1	3	1	1131	1	30	6,5	niewymuszona
Podsumowanie							2	465	100	wymuszona

\* pracownik ma pochyloną głowę do przodu

Zgodnie z danymi przedstawionymi w tabeli 4 można stwierdzić, że kategoria druga i pozycja wymuszona są dominującymi na tym stanowisku pracy. Ponad 70% czasu pracy badana pracownica spędza w wymuszonej pozycji ciała.

Podczas obserwacji pracy kobiety zauważono nieprawidłowość w jej postawie ciała, towarzyszące jej przy niektórych przybieranych pozycjach. Podczas wprowadzania danych do laptopa i jednoczesnej rozmowy telefonicznej oraz w czasie wypełniania dokumentacji towarzyszyło jej zbyt duże pochYLENIE głowy do przodu. Ta pozycja głowy jest nienaturalna. Pracownica we wspomnianych pozycjach przebywa w ciągu dnia długi czas i ta nieprawidłowość mogła powodować (wspomniane wcześniej, przed podjętą obserwacją), dolegliwości bólowe szyi i głowy. Zaleca się korektę postawy przyjmowanej podczas tych czynności oraz robienie krótkich przerw na odpoczynek od monitora. W czasie wyżej wymienionych przerw pracownik powinien wykonać ćwiczenia rozluźniające odcinek szyjny, które wykonywane regularnie, przyniosą z pewnością ulgę w dolegliwościach.

Kolejną nieprawidłowością zauważoną na stanowisku pracy był brak podstawki pod laptop. Brak podstawki sprawiał, że górna krawędź ekranu była poniżej wysokości oczu pracownicy, co zmuszało ją do pochylania głowy. Długotrwałe utrzymywanie tej pozycji prowadziło do wcześniej opisanych dolegliwości bólowych. Rozwiązaniem powyższego problemu byłoby wyposażenie stanowiska w podpórkę lub podest, który pozwoli na dostosowanie wysokości ekranu do poziomu oczu pracownika.

Następnym zaleceniem jest zaopatrzenie stanowiska w myszkę. Pracownica wykonując funkcje zaznaczania, klikania, przesuwania na touchpadzie laptopa męczy dłoń, a gdy robi to przez dłuższy czas męczy również rękę. Z pewnością zakup tego sprzętu poprawi komfort jej pracy. Ważnym wskazaniem jest również wymiana krzesła biurowego, które znajdowało się na stanowisku podczas badania. Nie posiadało ono funkcji regulacji wysokości ani regulacji ułożenia czy wysokości podłokietników. Te niedogod-

ności były bardzo uciążliwe dla ułożenia rąk, gdyż pracownica musiała trzymać je w nie-naturalnej pozycji, bardzo blisko tułowia. Nowe krzesło powinno spełnić wcześniej wspomniane wymagania i być na pięcioramiennej podporze. Można również rozważyć wykorzystanie piłki do aktywnego siedzenia jako tymczasowej alternatywy dla krzesła biurowego w trakcie dnia pracy.

Ostatnim, ale zarazem najważniejszym, zaleceniem jest przestrzeganie przerw podczas pracy z monitorem ekranowym. Pracownica nie stosowała się do obowiązujących przepisów, mówiących o tym, że po każdej przepracowanej pełnej godzinie powinna zrobić pięciominutową przerwę na odpoczynek oczu. Nie przestrzegała również zaleceń, dotyczących robienia przerw w przypadku odczuwania dyskomfortu, związanego z długotrwałym przebywaniem w jednej pozycji. Łączny czas wykorzystanych przez nią przerw wynosił zaledwie piętnaście minut.

Zaleca się regularne robienie przerw oraz wykonywanie ćwiczeń rozciągających ciało lub jego poszczególne części. Ćwiczenia te wykonywane z odpowiednią częstotliwością, pomogą w zachowaniu dobrej postawy ciała, zniwelują również dolegliwości bólowe.

### **Podsumowanie**

Z przeprowadzonych badań oceny obciążenia statycznego na stanowisku wynika, że obciążenie statyczne pracownika biurowego kształtuje się na średnim poziomie i wpisuje się do drugiej kategorii obciążenia. Pracownica spędza w wymuszonej pozycji ciała ponad połowę czasu pracy. Obserwacja jej codziennego rytmu pracy ujawniła szereg nieprawidłowości w dostosowaniu stanowiska roboczego do jej fizjologicznych potrzeb, włączając w to niedopasowane krzesło, brak regulacji podłokietników, brak podestu pod laptop, brak myszki oraz długotrwałe utrzymanie niewłaściwej pozycji ciała. Te kwestie wymagają natychmiastowego uwzględnienia i korekty, aby zapewnić pracownicy komfort i zdrowie podczas wykonywania jej obowiązków. Ważne jest, aby nie zapominać o przestrzeganiu innych przepisów, dotyczących bezpiecznego stanowiska pracy i jego otoczenia. Dbłość o ergonomię pracy oraz zdrowie pracownika biurowego powinna być priorytetem dla pracodawcy. Inwestycja w odpowiednie wyposażenie stanowiska pracy i promowanie zdrowych praktyk przyniesie korzyści zarówno dla pracowników, jak i dla przedsiębiorstwa. Zwiększy się efektywność i komfort pracy pracowników, a przedsiębiorstwo będzie mogło odnotować wyższe zyski i wyniki.

### **Bibliografia**

- Bajdur M.W., Folentarska M., Kula M., 2019. Analiza zagrożeń na stanowisku pracy administracyjno-biurowym w zakładzie produkcyjnym. Ryzyko i bezpieczeństwo w działalności gospodarczej. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków
- Gembalska-Kwiecień A., Ignac-Nowicka J., 2014. Analiza obciążeń statycznych na stanowiskach pracy biurowej. Systemy wspomagania w inżynierii produkcji. Jakość i bezpieczeństwo. Wyd. P.A. NOVA, Gliwice
- Malińska M., 2019. Dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego u operatorów komputerowych. Med. Pr. 70(4), 511–521

- CIOP, Centralny Instytut Ochrony Pracy, [https://www.ciop.pl/CIOPPortaWAR/appmanager/ciop/pl?nfpb=true&pageLabel=P62009861340178661073&html\\_tresc\\_root\\_id=300012898&html\\_tresc\\_id=300012981&html\\_klucz=32274&html\\_klucz\\_spis=](https://www.ciop.pl/CIOPPortaWAR/appmanager/ciop/pl?nfpb=true&pageLabel=P62009861340178661073&html_tresc_root_id=300012898&html_tresc_id=300012981&html_klucz=32274&html_klucz_spis=) [dostęp 15.03.2024 r.].
- Pawlak H., Buczaj A., Pecyna A., Konowalek M., 2016. Świadomość ergonomiczna pracowników biurowych i ich pracodawców. *Zesz. Nauk. Małopol. Wyż. Szk. Ekon. Tarn.* 31 (3), 141–148. <https://doi.org/10.25944/znmwse.2016.03.141148>
- Roman-Liu D., 1997. Ryzyko zawodowe – obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego. *Bezp. Pr.* 4 (309), 16–19.
- Roman-Liu D., Tokarski T., 2010. Ocena obciążenia statycznego z zastosowaniem metody OWAS. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka Prakt.* 7/8, 28–31. Warszawa
- Rozporządzenia w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe (Dz.U. 1998 nr 148 poz. 973 ze zm.)
- Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 roku. Kodeks Pracy (Dz.U. 1974 nr 24 poz. 141 ze zm.).
- Wang D., Dai F., Ning X., 2015. Risk assessment of work-related musculoskeletal disorders in construction: state-of-the-art review. *J. Constr. Engineer. Manag.* 141(6), 04015008. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000979](http://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000979).

Dominika Chmielewska<sup>1</sup>, Paulina Hołub<sup>1</sup>, Julia Maciejczak<sup>1</sup>, Katarzyna Wadowska<sup>1</sup>,  
Anna Pecyna<sup>1</sup>, Agnieszka Buczaj<sup>1</sup>

## Wypalenie zawodowe wśród fizjoterapeutów

Occupational burnout among physiotherapists

### Wstęp

Wypalenie zawodowe jest rzadko rozpatrywanym problemem strukturalnym w miejscu pracy, jednak jest często spotykanym problemem we współczesnych organizacjach. Popularne podejście do tego zjawiska koncentruje się na jednostce oraz jej ograniczonej odporności na psychiczne obciążenia. W rzeczywistości syndrom wypalenia jest ściśle związany z poziomem stresu odczuwanym w miejscu zatrudnienia oraz chronicznym przeciążeniem emocjonalnym. Pracownicy, którzy przez długi czas funkcjonują pod stałym natężeniem odczuwalnego stresu, zaczynają odczuwać rosnący dysonans między sobą a organizacją, czego skutkiem jest obniżenie motywacji i zaangażowania w pracę [Kraczla 2013, Wilczek-Rużyczka 2014].

Osoby pracujące w zawodach medycznych są szczególnie narażone na to zjawisko. Praca związana z niesieniem pomocy ludziom, w bezpośrednim kontakcie z nimi, może bardzo mocno wyczerpywać emocjonalnie. Wielogodzinny kontakt z chorymi, cierpiącymi ludźmi, którzy często potrzebują intensywnej uwagi, zrozumienia, wysłuchania, porady, może prowadzić do sytuacji, w której pacjenci często obarczają pracowników medycznych, w tym fizjoterapeutów swoimi problemami. Może to skutkować zatarciem się granicy oddzielającej życie osobiste pracowników medycznych od strefy zawodowej [Aszyk i Borowski 2018].

To niebezpieczne zjawisko może prowadzić do wielu powikłań zdrowotnych, jak również może nieść konsekwencje w życiu osobistym i rodzinnym, szczególnie wtedy, kiedy wiąże się z długotrwałym, ciągłym stresem związanym z pracą – a zaznaczyć należy, iż znaczną część naszego życia poświęcamy właśnie wykonywaniu obowiązków zawodowych.

### Pojęcie wypalenia zawodowego

Wypalenie zawodowe (ang. *professional burnout*) to reakcja naszego organizmu na stres, która wynika z warunków pracy. Przyczyną tego zjawiska może być długotrwałe obciążenie obowiązkami, zbyt duża odpowiedzialność, a co za tym idzie trudne zadania, a także monotony, wyczerpujący lub nudny charakter pracy. Wypalenie zawodowe, określane również jako *burnout*, pojawia się, gdy praca przestaje przynosić efekty, a pracownik odczuwa brak rozwoju zawodowego, zmęczenie i niezadowolenie

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe Ergonomii i BHP, [chmielewska.dominika@o2.pl](mailto:chmielewska.dominika@o2.pl)



z wykonywanych czynności, które niegdyś sprawiały mu przyjemność. Jest to efekt chronicznego stresu („wypalenia się”) spowodowanego przepracowaniem, szczególnie często występujący w zawodach wymagających intensywnych interakcji z ludźmi [Znańska-Kozłowska 2013].

Najbardziej rozpowszechniony jest wieloaspektowy model Christiny Maslach. W opinii autorki wypalenie zawodowe jest „psychologicznym zespołem wyczerpania emocjonalnego, depersonalizacji oraz obniżonego poczucia dokonań osobistych, który może wystąpić u osób, które pracują z innymi ludźmi w pewien określony sposób” [Sęk 2000]. Depersonalizacja – choć termin ten może być mylący – w przypadku tego zjawiska odnosi się do procesu obronnego dystansowania się oraz przyjmowania negatywnych postaw wobec usługobiorców (pacjentów), co może prowadzić do traktowania ich w sposób bezosobowy, cyniczny lub pogardliwy. Trzeci element to tendencja do pesymistycznego oceniania własnych osiągnięć oraz kompetencji zawodowych. Określenie *reduced personal accomplishment* często tłumaczy się jako obniżone poczucie osiągnięć osobistych, aczkolwiek może być używane również w kontekście zmniejszonego zaangażowania zawodowego lub obniżonej satysfakcji z pracy [Anczewska i in. 2005].

### Przyczyny, źródła, objawy i skutki wypalenia zawodowego

Wypalenie zawodowe ma swoje główne źródła w specyfice pracy, szczególnie w zawodach, gdzie duży nacisk kładzie się na bliskie relacje z klientami oraz zaangażowanie emocjonalne – „relacja między dwojgiem ludzi: tym, który daje, i tym, który bierze” [Tucholska 2001]. Nadmierne obciążenie obowiązkami, depersonalizacja oraz konflikty w miejscu pracy stanowią główne czynniki prowadzące do wyczerpania organizmu, co doprowadza do tego, że pracownik zmaga się z chronicznym stresem.



Ryc. 1. Model obszarów dopasowania zawodowego według Maslach [Wilczek-Rużyczka 2014]

Może to skutkować utratą empatii, nadawaniem pacjentom „etykiet” i postrzegania ich jedynie jako kolejne „przypadki medyczne”, zamiast jako osoby cierpiące, potrzebujące wsparcia. Kolejnym aspektem jest niskie poczucie osiągnięć (dokonań) osobistych u fizjoterapeutów, które objawia się obniżeniem poczucia własnych kompetencji i efektywności zawodowej. Ten wskaźnik wypalenia może być powiązany z obniżoną samooceną, skłonnością do depresji oraz trudnościami w spełnieniu wymagań zawodowych. Dodatkowo brak dbałości o rozwój własnych kwalifikacji oraz niewystarczające wsparcie społeczne mogą nasilić apatię i poczucie własnej nieprzydatności [Pustułka-Piwnik 2010].

Konsekwencje wypalenia zawodowego mogą być poważne zarówno dla pracownika, jak i jego otoczenia zawodowego i osobistego. Bagatelizowanie objawów może prowadzić do: pogorszenia stanu psychicznego, wystąpienia objawów depresji, zwiększonego ryzyka wystąpienia różnych zaburzeń psychicznych (np. fobie lub zaburzenia obsesyjno-kompulsywne), rozpadu relacji rodzinnych, a także do uzależnień od substancji psychoaktywnych. Dodatkowo występować może agresja, złość, brak wrażliwości. Niektóre z tych następstw wymagają pomocy psychoterapeutycznej, farmakologicznej, a niekiedy również – hospitalizacji [Aszyk i Borowski 2018].

W tabeli 1 zostały przedstawione objawy mogące wskazywać na wypalenie zawodowe, na które warto zwrócić uwagę.

Tabela 1. Objawy wypalenia zawodowego [Aszyk i Borowski 2018]

Sygnaly emocjonalne	Sygnaly poznawcze
obniżenie nastroju, zmienność nastrojów, płaczliwość, wyczerpanie emocjonalne, zwiększone napięcie i niepokój	bezzadność, utrata sensu i nadziei, poczucie bezsilności, poczucie porażki, niskie poczucie własnej wartości, poczucie winy, brak pomysłów, niezdolność do koncentracji, zapominanie i trudności z wykonaniem złożonych zadań
sygnaly somatyczne	sygnaly behawioralne
bóle głowy, nudności, zawroty głowy, bóle mięśni, zaburzenia snu, zaburzenia gastryczne, chroniczne zmęczenie	nadpobudliwość i impulsywność, zwiększone spożycie kofeiny, tytoniu, alkoholu, używanie narkotyków, zaprzestanie aktywności rekreacyjnej, częste narzekanie
sygnaly motywacyjne	
utrata zapału do pracy, rezygnacja, rozczarowanie swoją pracą lub zawodem	

## **Charakterystyka zawodu fizjoterapeuty**

Zawód fizjoterapeuty jest stosunkowo nowy wśród zawodów medycznych i dopiero niedawno został oficjalnie uznany jako specjalność. Ustawa z dnia 25 września 2015 r. o zawodzie fizjoterapeuty [Dz. U. 2015 poz. 1994] normuje wiele aspektów dotyczących tego zawodu, takich jak zasady jego wykonywania, procedury uzyskiwania uprawnień do pracy, kształcenie zawodowe i podyplomowe, a także zasady odpowiedzialności zawodowej (art. 1 ust. 1). Ponadto ustawa ta powołuje do życia samorząd zawodowy fizjoterapeutów, określając jego strukturę, zadania oraz prawa i obowiązki jego członków (art. 1 ust. 2).

Fizjoterapeuta jednoznacznie kojarzy się z osobą wykonującą zawód medyczny, co wynika z zakresu obowiązków przypisanych tej profesji. W art. 4 ust. 2 ustawodawca przedstawił szeroki katalog świadczeń zdrowotnych, które mogą być realizowane przez fizjoterapeutów. Obejmują one między innymi „diagnostykę funkcjonalną pacjenta; kwalifikowanie, planowanie i prowadzenie fizykoterapii, kinezyterapii i masażu; zlecenie wyrobów medycznych; dobieranie do potrzeb pacjenta wyrobów medycznych; nauczanie pacjentów posługiwania się wyrobami medycznymi; prowadzenie działalności fizjoprofilaktycznej; wydawanie opinii i orzeczeń odnośnie do stanu funkcjonalnego osób poddawanych fizjoterapii oraz przebiegu procesu fizjoterapii, a także nauczanie pacjentów mechanizmów kompensacyjnych i adaptacji do zmienionego potencjału funkcji ciała i aktywności”. Warto podkreślić, że katalog ten ma charakter otwarty, co pozwala fizjoterapeutom świadczyć także inne usługi zdrowotne niewymienione w ustawie, takie jak na przykład instruktaż dla rodziców dotyczący wykonywania określonych ćwiczeń z dziećmi [Kłusek 2016].

Celem niniejszej pracy jest ocena wypalenia zawodowego u fizjoterapeutów w województwie lubelskim.

## **Material i metody**

Do realizacji celu pracy opracowano ankietę badawczą w oparciu o kwestionariusz Christiny Maslach (Kwestionariusz do mierzenia skali odczuć zawodowych). Narzędzie badawcze rozpowszechniono w formie papierowej oraz elektronicznej. Dodatkowo badanie zostało uzupełnione o osobiste rozmowy z respondentami. W badaniach wzięło udział 52 fizjoterapeutów na terenie województwa lubelskiego, pracujących w różnych placówkach medycznych.

Do obowiązków fizjoterapeutów, którzy wzięli udział w ankiecie, należało m.in. diagnozowanie, leczenie i nadzorowanie leczenia pacjentów z różnymi dysfunkcjami neuromięśniowymi, mięśniowo-szkieletowymi, sercowo-naczyniowymi i oddechowymi. Ponadto ankietowani zgłaszali, że stosują leczenie czynnościowe i fizykalne; podejmują działania profilaktyczne w celu zapobiegania, leczenia lub zmniejszenia objawów, zarówno chorób somatycznych, jak i psychicznych. Jak informowali badani, niezależnie od tego, jaki mają czas pracy lub w jakiej placówce pracują, ich najważniejszym zadaniem jest pomoc pacjentowi, opieka nad nim, w tym również wsparcie psychiczne.

Czas pracy badanych fizjoterapeutów różnił się w zależności od ich miejsca pracy oraz wykonywanych zadań. W prywatnych placówkach (lub własnej działalności gospodarczej) fizjoterapeuci realizują szeroką praktykę zawodową, codziennie wykonują różne zadania, natomiast w placówkach publicznych zgłaszano rotacje pracowników na stanowiskach, ze względu na możliwość wystąpienia monotoności na niektórych stanowiskach pracy, takich jak: podłączanie do urządzeń fizykoterapeutycznych (np. lasery terapeutyczne, urządzenia do elektroterapii, ultradźwięki, masażery pneumatyczne), wykonywanie zabiegów manualnych, instruowanie pacjentów w ćwiczeniach i technikach rehabilitacyjnych, prowadzenie dokumentacji.

Kwestionariusz zawierał 31 pytań, w tym 6 pytań dotyczyło określenia podstawowych danych ankietowanych, takich jak wiek, płeć, staż pracy, dzienny czas pracy, rodzaj placówki, w jakiej pracują, oraz forma zatrudnienia. Pytano także o możliwość rotacji pracowników na stanowiskach oraz ocenę satysfakcji z wynagrodzenia w kontekście wykonywanej pracy. Kolejne pytania dotyczyły odczuwania emocjonalnego i fizycznego wyczerpania, depersonalizacji oraz poczucia osobistych dokonań.

Badani wskazywali swoje odpowiedzi spośród następujących możliwości: bardzo często, często, rzadko, nigdy. Każdej z tych odpowiedzi zostały przyporządkowane określone wartości punktowe: dla pytań od 1 do 17 (odpowiedzi sugerujące wypalenie): bardzo często – 4 pkt, często – 3 pkt, rzadko – 2 pkt, nigdy – 1 pkt; dla pytań od 18 do 24 (odpowiedzi przeczące) bardzo często – 1 pkt, często – 2 pkt, rzadko – 3 pkt, nigdy – 4 pkt. W celu określenia stopnia wypalenia zawodowego dla każdego fizjoterapeuty obliczono sumę zdobytych punktów. Ponadto po przeprowadzeniu rozmów z respondentami pozyskano dodatkowe informacje dotyczące specyfiki wykonywanych obowiązków w tym zawodzie.

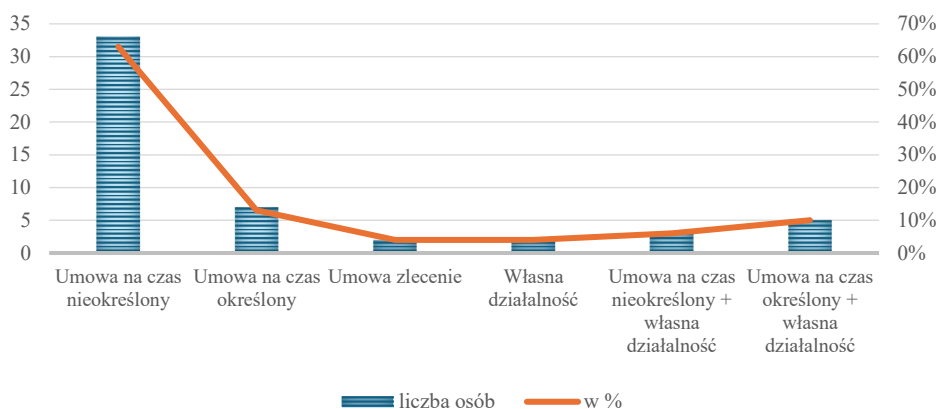
## **Wyniki i dyskusja**

Wyniki dotyczące wypalenia zawodowego wśród fizjoterapeutów, które zostały przedłożone zarówno w formie graficznej, jak i opisowej otrzymano na podstawie przeprowadzonych analiz.

Z badań wynika, że w badanej grupie zdecydowanie przeważały kobiety, których liczba wynosi 36, a liczba pracowników płci męskiej to tylko 16. Respondenci pracowali w różnych placówkach medycznych, takich jak szpitale (13 osób), przychodnie (25 osób), gabinety prywatne (3 osoby), własna działalność (2 osoby) oraz sanatorium (1 osoba). Dodatkowo część ankietowanych, obok pracy w placówkach publicznych, prowadziła własną działalność (8 osób).

Najliczniejszą grupę ankietowanych stanowią osoby w przedziale wiekowym 31–40 lat (52%), natomiast najmniejszą grupę stanowiły osoby powyżej 51. roku życia (8%). Najmłodsza grupa wiekowa 25–30 lat stanowiła 19% respondentów, a 41–50 lat – 21%.

Pod kątem stażu pracy 42% ankietowanych pracowało od 11 do 20 lat, 25% pracowało nie dłużej niż 5 lat, 19% miało staż pracy od 6 do 10 lat, 8% od 21 do 30 lat, a 6% pracowało ponad 30 lat (ryc. 2).



Ryc. 2. Przedstawienie odpowiedzi na pytanie: „Na jakiej umowie pan/i pracuje?”

Pod względem formy zatrudnienia większość fizjoterapeutów (33 osoby) pracuje na umowę o pracę na czas nieokreślony, 7 osób pracuje na umowę o pracę na czas określony, 2 osoby na umowę zlecenie, 2 osoby prowadzą własną działalność. Dodatkowo 3 osoby pracują na umowę o pracę na czas nieokreślony i prowadzą własną działalność, a 7 osób pracuje na umowę o pracę na czas określony i prowadzi własną działalność.

Na pytanie dotyczące adekwatności wynagrodzenia do wykonywanej pracy, ankietowani odpowiedzieli: tak – 13 osób, nie – 24 osoby, nie jestem pewny/a – 15 osób.

W tabeli 2 zaprezentowano sumaryczną liczbę odpowiedzi przekazanych przez fizjoterapeutów na wyróżnione pytania zawarte w kwestionariuszu.

Tabela 2. Ankieta na podstawie kwestionariusza „wypalenia się” MBI (The Maslach Burnout Inventory) oraz łączna liczba odpowiedzi do poszczególnych pytań

Pytanie	Odpowiedź			
	bardzo często	często	rzadko	nigdy
1	2	3	4	5
1. Jak często czujesz się wyczerpany/a psychicznie?	6	26	19	1
2. Czy zdarza ci się być zmęczonym już na samą myśl o nadchodzącym dniu pracy?	5	19	25	3
3. Czy odczuwasz brak energii po zakończeniu pracy?	9	21	19	3
4. Czy czujesz się wykończony/a po całodziennych, intensywnych sesjach rehabilitacyjnych – pracą z ludźmi?	8	26	17	1
5. Jak często traktujesz pacjentów w sposób rutynowy, bez angażowania się emocjonalnego?	2	10	27	13

cd. tab 2.

1	2	3	4	5
6. Czy odczuwasz oziębłość w relacjach z pacjentami odkąd wykonujesz tę pracę?	2	4	33	13
7. Czy zauważasz zmniejszoną empatię w kontaktach z pacjentami?	2	10	29	11
8. Czy zdarza ci się traktować pacjentów jedynie jako obiekty swojej pracy?	3	14	20	15
9. Czy masz wrażenie, że zbyt ciężko pracujesz?	10	28	13	1
10. Czy zdarza ci się myśleć o zmianie zawodu z powodu braku satysfakcji z obecnej pracy?	5	11	22	14
11. Jak często czujesz, że nie odnosisz sukcesów w pracy zawodowej?	6	13	24	9
12. Poprzez moją pracę czuję się wypalony/a.	4	16	22	10
13. Przez moją pracę czuję się sfrustrowany/a.	5	16	21	10
14. Czy uważasz, że obecne warunki pracy sprzyjają rozwojowi wypalenia zawodowego?	12	26	11	3
15. Czy doświadczyłeś/łaś wzrostu uczucia zmęczenia w ostatnich miesiącach?	7	27	14	4
16. Jak często zdarza ci się pracować po godzinach nadmiernie?	9	17	20	6
17. Mam wrażenie, że niektórzy pacjenci i ich rodziny sądzą, iż to ja jestem odpowiedzialny/a za ich problemy.	9	11	18	14
18. Czy uważasz, że poprzez swoją pracę pozytywnie wpływasz na życie pacjentów?	15	34	3	0
19. Czy w obecnej pracy występuje rotacja pracowników na stanowiskach?	10	15	18	9
20. Czy czujesz, że masz wystarczające wsparcie w pracy od swoich przełożonych?	5	11	26	10
21. Czuję w sobie duże pokłady energii.	6	21	25	0
22. Czuję się ożywiony/a, kiedy ściśle współpracuję z moimi pacjentami.	7	28	17	0
23. W mojej pracy traktuję problemy emocjonalne bardzo spokojnie.	9	26	17	0
24. W mojej pracy osiągnąłem/am wiele znaczących celów.	8	25	16	3

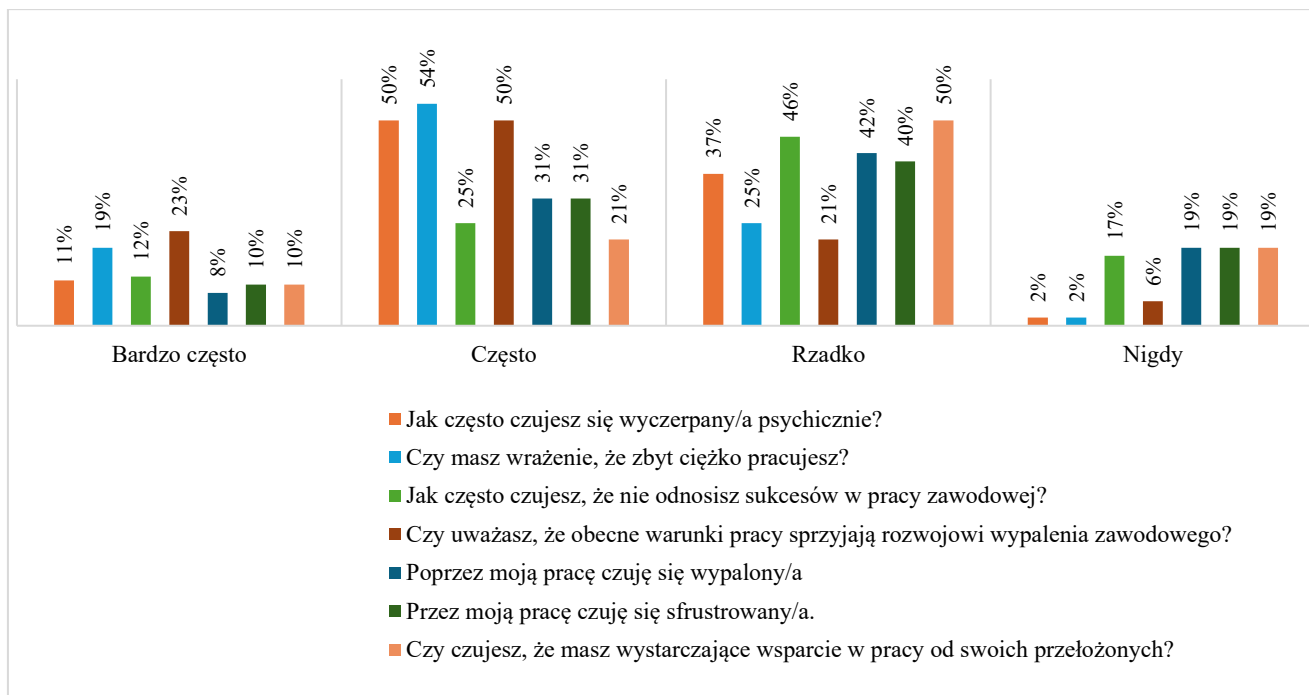
W tabeli 3 sporządzono zestawienie punktów zdobytych przez fizjoterapeutów w ocenie poziomu wypalenia zawodowego.

Tabela 3. Suma uzyskanych punktów w ocenie poziomu wypalenia zawodowego wśród badanych fizjoterapeutów

Liczba uzyskanych punktów	Poziom wypalenia	Liczba osób
24–37	bardzo niski	2
38–52	niski	16
53–61	średni	15
62–77	wysoki	17
78–94	bardzo wysoki	2

Większość respondentów często lub bardzo często doświadcza wyczerpania psychicznego (61%) oraz odczuwa, że pracuje zbyt ciężko (ponad 70%) (ryc. 3). Niemal dwie trzecie ankietowanych często lub bardzo często odczuwa brak sukcesów w pracy zawodowej (63%), co może wpływać negatywnie na ich motywację i zaangażowanie. Ponad 70% fizjoterapeutów uważa, że obecne warunki pracy sprzyjają rozwojowi wypalenia zawodowego, co podkreśla pilną potrzebę poprawy środowiska pracy. Co więcej, blisko połowa respondentów odczuwa wypalenie lub frustrację przez swoją pracę (49%), przy jednoczesnym braku wystarczającego wsparcia od swoich przełożonych (blisko 40%). Te wyniki wskazują na pilną potrzebę działań mających na celu poprawę warunków pracy oraz wsparcie psychospołeczne dla fizjoterapeutów, aby zapobiec wypaleniu zawodowemu i zwiększyć ich jakość życia zawodowego.

Według Małgorzaty Aszyk, psychologa, psychoterapeuty i psychoonkologa [2018], istotnym problemem wpływającym na wypalenie zawodowe są warunki pracy, w tym konflikty z przełożonymi oraz między pracownikami. Równie ważnym czynnikiem jest brak dbałości o własne potrzeby, takie jak lekceważenie swoich starań, zapominanie o poświęceniu czasu i energii dla pacjentów oraz brak czasu na odpoczynek i relaks. Aszyk podkreśla, że osoby prowadzące własną działalność są jeszcze bardziej narażone na zapominanie o konieczności regeneracji fizycznej, psychicznej i emocjonalnej. To zaniedbanie prowadzi do nastroju dysforycznego, charakteryzującego się łatwym wpadaniem w złość, obojętnością, cynizmem i niechęcią do pracy. Skutki tych problemów są widoczne zarówno w relacjach zawodowych, jak i osobistych. Osoby dotknięte wypaleniem zawodowym dystansują się od pacjentów, tracą chęć na spotkania towarzyskie, a także przestają żartować i angażować się w życie społeczne. Długotrwałe bagatelizowanie problemu prowadzi do utraty kontroli nad sprawami zawodowymi i osobistymi. W rezultacie osoby te zamykają się w swoich negatywnych myślach, co nasila problem i wywołuje trudne, bolesne emocje. Objawy te mogą manifestować się w postaci różnorodnych dolegliwości fizycznych i złego samopoczucia, co dodatkowo wpływa na ich zachowanie. Wiele osób, szczególnie tych, których praca polega na pomaganiu innym, po powrocie do domu nadal myśli o pracy i stara się pomagać innym, zaniedbując swoje potrzeby. Dlatego tak ważne jest, aby pracownicy byli świadomi objawów wypalenia zawodowego, umieli rozpoznawać je u siebie, a także wiedzieli, jak sobie pomóc, pracować nad sobą i się relaksować.



Ryc. 3. Procentowe przedstawienie odpowiedzi na pytania określające wypalenie



Porównując te wyniki z naszymi badaniami, również zauważyć można, że konflikty w miejscu pracy i brak czasu na regenerację są kluczowymi czynnikami prowadzącymi do wypalenia zawodowego. Nasze badania potwierdzają, że świadomość pracowników na temat wypalenia zawodowego jest niezbędna do jego skutecznego zapobiegania i leczenia. Edukacja na temat mechanizmów wypalenia oraz technik relaksacyjnych może znacząco poprawić dobrostan pracowników i ich efektywność zawodową.

W badanej grupie stwierdzono różnice w poziomach wypalenia zawodowego. Tylko 4% ankietowanych osiągnęło bardzo wysoki poziom wypalenia, co stanowi skrajnie niebezpieczną sytuację zarówno dla zdrowia, jak i dalszej kariery zawodowej. Z kolei 32% respondentów uzyskało wysoki poziom wypalenia, co wskazuje na poważne problemy zarówno w miejscu pracy, jak i życiu osobistym. Średni poziom wypalenia zaobserwowano u 29% uczestników badania, co może wpływać na ich samopoczucie i wydajność zawodową. Natomiast 31% respondentów uzyskało niski poziom wypalenia, co sugeruje, że mogą oni doświadczać częściowych objawów wypalenia, ale zazwyczaj nie są one niebezpieczne. Bardzo niski poziom wypalenia osiągnęły jedynie 2 osoby z badanej grupy, co oznacza, że nie doświadczają one uczucia wypalenia lub jego objawy są minimalne. Dodatkowo, aż 34 osoby znajdują się w przedziale, gdzie poziom wypalenia może znacząco zagrażać ich zdrowiu lub bardzo utrudniać codzienne funkcjonowanie.

## **Podsumowanie**

Badania wykazują, że znaczna część fizjoterapeutów często czuje się psychicznie wyczerpana oraz odczuwa zmęczenie po zakończeniu dnia pracy. Obciążenia psychiczne wynikające z oczekiwań stawianych przed nimi oraz praca z pacjentami chorymi mogą stanowić jeden z głównych czynników wypalenia zawodowego. Pomimo trudności, fizjoterapeuci nie odczuwają zmniejszonej empatii ani oziębłości w relacjach z pacjentami, a praca z nimi może ich ożywiać. Wielu badanych dostrzega u siebie objawy wypalenia zawodowego, jak również zauważają, że obecne warunki pracy mogą sprzyjać rozwojowi wypalenia, a brak odpowiedniego wsparcia ze strony przełożonych dodatkowo pogłębia frustrację. Nieadekwatne wynagrodzenie badanych stanowi dodatkowy czynnik, który może przyczynić się do ich niezadowolenia z pracy i wzrostu poziomu wypalenia zawodowego. Paradoksalnie większość badanych podkreśla pozytywny wpływ swojej pracy na życie pacjentów, choć jednocześnie doświadczają objawów wypalenia zawodowego.

Istnieje potrzeba wprowadzenia programów wsparcia psychologicznego dla pracowników, regularnych szkoleń z radzenia sobie ze stresem oraz elastyczniejszych form organizacji pracy, aby zmniejszyć obciążenie psychiczne fizjoterapeutów. Niezbędne jest zwiększenie świadomości pracodawców na temat konieczności zapewnienia odpowiednich warunków pracy oraz wsparcia dla pracowników w zapobieganiu i radzeniu sobie z wypaleniem zawodowym. Rekomendowane jest kontynuowanie badań nad czynnikami ryzyka i mechanizmami rozwoju wypalenia zawodowego wśród fizjoterapeutów, aby lepiej zrozumieć i skutecznie zapobiegać temu zjawisku w przyszłości.

## Bibliografia

- Anczewska M., Świtaj P., Roszczyńska J., 2005. Wypalenie zawodowe. *Post. Psych. Neurol.* 14(2), 67–77.
- Aszyk M., Borowski T., 2018. Wypalenie zawodowe u fizjoterapeutów. *Głos fizjoterapeuty. Biul. Inf. KIF* 3, 2018.
- Kłusek P., 2016. Fizjoterapeuta jako wolny zawód i zawód zaufania publicznego. *Rozpr. Nauk. AWF Wrocł.* 53, 44–56.
- Kowalska J., 2011. Wypalenie zawodowe wśród polskich fizjoterapeutów. *Post. Rehab.* (3), 43–52. <https://doi.org/10.2478/rehab-2013-0014>
- Kraczla M., 2013. Wypalenie zawodowe jako efekt długotrwałego stresu. *Zesz. Nauk. Wyż. Szk. Humanitas. Zarz.* 2, 69–81.
- Pustułka-Piwnik U., 2010. Wpływ stresogenności pracy na wypalenie zawodowe w grupie fizjoterapeutów. *Post. Rehab.* 24(2), 21–27.
- Sęk H. (red.), 2000. Wypalenie zawodowe przyczyny, mechanizmy, zapobieganie. PWN, Warszawa. 13–31.
- Tucholska S., 2001. Christiny Maslach koncepcja wypalenia zawodowego: etapy rozwoju. *Prz. Psychol.* 44(3), 301–317.
- Ustawa z dnia 25 września 2015 r. o zawodzie fizjoterapeuty (DZ. U. 2015 poz. 1994).
- Wilczek-Rużyczka E., 2014. Wypalenie zawodowe pracowników medycznych. Warszawa, 24.
- Znańska-Kozłowska K., 2013. Wypalenie zawodowe – pojęcie, przyczyny i objawy. *Zesz. Nauk. Wyż. Szk. Humanitas. Zarz* 1, 105–113.

## **Antropogeniczne wyzwania dla populacji nosorożców w Republice Południowej Afryki**

Anthropogenic challenges for the rhino population in South Africa

Z uwagi na spowodowane działalnością człowieka znaczne wyniszczenie populacji nosorożców w Republice Południowej Afryki już od 1933 r. wdrożono specjalne programy mające na celu ich reintrodukcję. Olbrzymie wysiłki i zaangażowanie wielu osób w realizację programu ochrony tych zwierząt przyniosły wzrost liczby nowo narodzonych osobników, jednak populacja nosorożców nie odbudowała się do odpowiedniego poziomu. Dodatkowym problemem od 2007 roku stało się wzmożone zainteresowanie i popyt na produkty pochodzące od nosorożców [Sas-Rolfes i in. 2022].

Populacja nosorożców czarnych w RPA w 1933 roku wynosiła jedynie 110 osobników. Na skutek podjętych działań już w 2009 roku ich liczba wzrosła do 627 [Roex i Ferreira 2020], a obecnie na terenie Południowej Afryki, według danych International Rhino Foundation z 2023 roku, znajduje się 2000 zwierząt tego gatunku.

W przypadku białych nosorożców, które zostały objęte ochroną i programem reintrodukcji już od 1885 roku, populacja rosła w tak szybkim tempie, że w 1961 roku pojawiła się obawa o jej nadmierny przerost. Zwierzęta zaczęto relokować – wiele z nich trafiło do prywatnych rezerwatów w kraju i za granicą. Wówczas władze RPA zdecydowały o złagodzeniu przepisów z 1969 roku, dotyczących ochrony nosorożców białych. W 1972 roku stan gatunku oceniano na 2100 osobników i zezwolono na odstrzał określonych zwierząt, w ramach polowań objętych specjalnym pozwoleniem [Sas-Rolfes i in. 2022].

Ze względu na nadinterpretację przepisów prawnych w tym zakresie 14 lat później wprowadzono rynkowy system aukcyjny żywych nosorożców, a nowe ustawodawstwo z 1991 roku wzmocniło prawa właścicieli do posiadania nosorożców na własność, co przyczyniło się do rozrostu ich populacji na prywatnych terenach Południowej Afryki [Emslie i in. 2019]. Według danych z International Rhino Foundation w roku 2023 aktualna liczba białych nosorożców na terenie Republiki Południowoafrykańskiej wynosiła niecałe 13 tysięcy osobników.

Pomimo wzrostu populacji obu gatunków nosorożców, dużym problemem stało się kłusownictwo. Szacuje się, że w ten sposób ginie średnio jeden osobnik dziennie. Sytua-

---

<sup>1</sup> Studenckie Koło Naukowe Chorób Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, oliwia.fischer@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia

cja geopolityczna w Republice Południowej Afryki, z szeroką sprywatyzowaną własnością ziemi i poważnymi podziałami społecznymi, jeszcze bardziej pogłębia problemy tego gatunku, utrudniając skuteczną koordynację działań na rzecz ochrony środowiska.

Celem pracy było przedstawienie wybranych czynników, wpływających negatywnie na utrzymanie populacji nosorożca w środowisku naturalnym.

## Kłusownictwo

Największe przejawy kłusownictwa odnotowano w RPA w 2013 roku, zginęło wówczas w ten sposób ponad 1000 nosorożców. Ta wysoka liczba ofiar kłusownictwa utrzymywała się jeszcze przez parę kolejnych lat. Niewielki spadek tego procederu w następnych latach wynikał ze zmniejszenia liczby nosorożców, które nadal były narażone na kłusownictwo. Jednak w odniesieniu do procentowego ich udziału liczebność populacji nie uległa istotnej zmianie.

Pierwsze doniesienia medialne na temat kłusownictwa tych zwierząt pojawiły się już w 2008 r., kiedy odnaleziono 83 padłe nosorożce, a w wiadomościach pojawiły się informacje na temat „alarmująco szybkiego wzrostu ilości ofiar wśród populacji” [Wildlife Pictures Online 2016]. W przeciągu pięciu kolejnych lat ilość padłych w ten sposób zwierząt zwiększyła się pięciokrotnie. Republika Południowej Afryki jest domem dla około 80% światowej populacji nosorożców, co sprawia, że jest atrakcyjnym miejscem dla kłusowników, szukających łatwego zarobku [Engelbrecht 2020].

Na terenie Kruger National Park, w którym znajduje się 49% populacji nosorożców białych w RPA, w 2020 roku przeprowadzone zostały przez Nhleko i in. [2021] badania, oparte na danych z lat 1998–2019. Pokazują one, że obecny poziom kłusownictwa doprowadzi do 2030 roku do obniżenia ilości nosorożców o 35%, co spowoduje spadek ich liczby do 2300 osobników, w porównaniu z obecnymi 3500 nosorożców. Obliczono, że zmniejszenie ilości przypadków kłusowniczych już o 50%, pozwoliłoby na zachowanie tendencji wzrostowej w populacji białych nosorożców i powiększenie się stad do około 5000 osobników. W przypadku zmniejszenia negatywnego zjawiska do 20% – populacja zwiększyłaby się czterokrotnie. Obliczono także, że reprodukcja samic nosorożca białego w przeciągu całego życia, bez zjawiska kłusownictwa, wynosi średnio ponad 5 młodych na samicę. Uwzględniając problem kłusownictwa, średnia ta drastycznie spada, ponieważ nie rodzi się nawet 1 młode (0,73), a przy doliczeniu śmierci cieląt na skutek utraty matki średnia ta obniża się do 0,52 [Nhleko i in. 2021]. Wyniki prowadzonych badań są alarmujące, podają one bowiem do wiadomości, jak olbrzymi wpływ na populacje nosorożców południowoafrykańskich ma kłusownictwo. Jeżeli proceder kłusownictwa nie zostanie wyeliminowany, może to doprowadzić do całkowitego wymarcia tych olbrzymów.

Największa liczba zabitych nosorożców notowana jest po okresach pełni księżyca, tzw. zabójczej pełni. Widna noc pozwala kłusownikom na zlokalizowanie i zabicie zwierząt bez użycia sztucznego światła. Podczas księżycowej pełni następuje intensyfikacja działań patroli i organów bezpieczeństwa tej części kraju. Mimo prowadzonych w tym czasie działań prewencyjnych stale utrzymuje się tendencja zwiększonej liczby ofiar [Chapman i White 2020]. Jednym ze sposobów utrudnienia kłusownikom dostania się do nosorożców oraz zdobycia informacji na temat ich przybywania jest ocenianie dokładnych danych z poszczególnych terenów. Większość pracowników placówek chronionych nie ma dostępu do informacji, jaka jest dokładna liczba nosorożców i jakie gatunki

przebywają na danym obszarze. Ma to zapobiec nie tylko korupcji, ale także wzmocnić bezpieczeństwo ludzi pracujących w takich placówkach.

Kolejnym krokiem zmierzającym do ograniczenia kłusownictwa jest wprowadzenie zakazu publikowania zdjęć w Internecie, w szczególności takich, na których pojawiają się jakieś charakterystyczne cechy danego obszaru, (np. nietypowy pagórek czy twarz pracownika). Przed wjazdem na teren chroniony konieczne jest obowiązkowe wyłączenie lokalizacji w telefonie lub innym urządzeniu nagrywającym. Obecne technologie pozwalają w bardzo krótkim czasie wyszukać i rozpoznać miejsca, z którego zdjęcia zostały wysłane.

Kolejną czynnością zapobiegającą kłusownictwu są działania lekarzy weterynarii, polegające na obniżeniu wartości rynkowej rogów nosorożców, które są skracane do minimalnej długości. Jest to rodzaj trwałego uszczerbku zdrowia zwierzęcia, które zostaje pozbawione swojego naturalnego narzędzia obrony oraz zdolności behawioralnych typowych dla swojego gatunku. Jest to procedura naruszająca w pewien sposób etykę zawodu wyżej wymienionych lekarzy, jednak nie wzbudza ona wśród nich kontrowersji, ponieważ wiedzą, że jest to forma ochrony życia tych zwierząt. Nie jest to jednak w pełni skuteczna metoda, gdyż pozostawiona długość rogu nosorożca, jest wielkością dłoni dorosłego człowieka. Takie cięcie wymuszone jest anatomią czaszki zwierzęcia, która pod rogiem jest wypukła. Cena takiego skróconego rogu pozostałego po cięciu jest dla kłusowników nadal atrakcyjna, ponieważ na tzw. czarnym rynku wynosi od 3,5 do nawet 17 tys. dolarów amerykańskich. Sytuacja ta sprawia, że nosorożce nawet po zabiegu są dla kłusowników cennym łupem, a zabieg ten nie chroni zwierząt przed ich atakami.

### **Straty cieląt**

Problem osierocenia cieląt nosorożców ma częściowo podłoże antropogeniczne. Straty cieląt łączone są bezpośrednio z kłusownictwem, gdzie zabijana jest matka, a czasami również młode. Ich straty związane są także z celowym odławianiem zwierząt w celu profilaktyki i leczenia przez lekarzy weterynarii. Podczas immobilizacji samicy nosorożca z cielęciem często spłoszone zwierzęta rozbiegają się i tracą ze sobą kontakt. Jeśli oddalą się od siebie na zbyt długo albo zbyt daleko, młode wówczas nie usłyszy nawiływań matki i odnalezienie jej nie zawsze się udaje.

Osierocoone w ten sposób cielęta nie mają szansy przeżycia w naturalnym środowisku i są w takich sytuacjach transportowane do ośrodków zajmujących się odchowywaniem osieroczonych nosorożców. Dlatego jeśli nie ma bezwzględnej potrzeby łapania samicy z młodym, tego typu akcje nie są podejmowane przez służby zajmujące się ochroną nosorożców. Do takiej sytuacji dochodzi najczęściej, gdy młode zwierzę ukrywa się i nie zostaje dostrzeżone przy matce podczas zabiegu immobilizacji.

W przypadku bezwzględnej potrzeby złapania samicy z cielęciem immobilizuje się zarówno matkę, jak i jej młode. To wiąże się z użyciem silnych substancji opioidowych, które mogą być niebezpieczne dla malca.

W przypadku procedury kłusowniczej problem ten nie jest uwzględniany i bardzo często pozostawione bez opieki cielęta giną na skutek ataku drapieżników.

## Aspekty socjologiczno-ekonomiczne

Problem kłusownictwa wymusza wdrożenie rozwiązań wzmoczonego bezpieczeństwa na terenach przebywania nosorożców. Koszty z tym związane są zróżnicowane, w zależności od obszaru kraju, którego dotyczą. Miejsca, w których przebywają zwierzęta, wymagają wysokich nakładów finansowych i ciągłych inwestycji obejmujących m.in.: zapewnienie i utrzymanie infrastruktury (dróg, ogrodzeń), wydatki na personel (wynagrodzenia, zakwaterowanie), pojazdy i helikoptery, sprzęt (broń, monitoring, krótkofalówki i inne narzędzia wspomagające łączność w terenie), oddziały psów, obsługę weterynaryjną, zabezpieczenie paszy do dokarmiania i stałego karmienia w ośrodkach zamkniętych. Głównym wyzwaniem dla osób wspierających nosorożce jest pokrycie i ograniczenie kosztów, które w ciągu ostatniej dekady znacznie się zwiększyły, w wyniku ciągle nawarstwiającego się problemu kłusownictwa.

Według systemu prawnego nosorożce białe oraz poszczególne osobniki nosorożców czarnych należą do właścicieli gruntów, na których przebywają. Taki stan prawny predysponuje do zachowań korupcyjnych i nadużyć, ponieważ kłusownicy ofiarują olbrzymie kwoty mniejszym hodowcom za możliwość wstępu na ich prywatny teren.

Kolejnym problemem, wpływającym negatywnie na populację nosorożców, jest wysoki poziom bezrobocia w RPA, który, wynosząc ponad 44%, należy do najwyższych na świecie. Dlatego też dla tak biednego społeczeństwa każda możliwość zarobku, nawet niezgodna z prawem, jest kusząca. Ponadto zniszczone ogrodzenia, spowodowane wędrówkami dużych dzikich zwierząt, generują wysokie koszty związane zarówno ze stratą zwierząt, jak i naprawą ogrodzenia. Z kolei dobrze zabezpieczone tereny ograniczają behawioralne zachowanie nosorożców, polegające na wędrówkach na dalekie odległości i wymianę puli genetycznej w populacji.

Rozwiązania instytucjonalne w RPA obejmują selektywną decentralizację własności ziem dla podmiotów zarządzających dziką fauną i florą, tzw. model określony przez Child [Child 2019]. Jest to projekt planu strategii, która najlepiej radzi sobie z ochroną populacji dużych ssaków, zarówno poza obszarami chronionymi w Afryce, jak również w ich obrębie. Pozwala to ograniczyć ryzyko zwiększania wydatków i relokacji pieniędzy, które jest szczególnie podwyższone w przypadku zcentralizowanych systemów [Sas-Rolfes i in. 2022].

Ponieważ w RPA większość terenów jest w rękach prywatnych, model postępowania w tym kraju, ze względu na opłacalność, skupia się na przetrzymywaniu dużych dzikich zwierząt na prywatnych obszarach. Dodatkowo, uzupełnia to ochronę nosorożców w tzw. parkach stanowych, umożliwiając niepaństwowym właścicielom gruntów czerpanie korzyści finansowych z takich działań, jak turystyka fotograficzna, legalne polowania, a także sprzedaż żywych zwierząt. Postępowanie to ma zachęcić do ochrony i hodowli populacji nosorożców na gruntach prywatnych. Z kolei państwowe agencje ochrony przyrody odnoszą również korzyści finansowe ze sprzedaży żywych nosorożców sektorowi prywatnemu [Sas-Rolfes i in. 2022].

Parki narodowe, takie jak Kruger National Park, muszą być samowystarczalne, tereny wymagające wsparcia finansowego rządu nie są jednak samodzielne, a tym samym nie są stabilnie bezpiecznym miejscem do utrzymywania zagrożonych zwierząt. Taka sytuacja wymusza na placówkach parkowych zarabianie pieniędzy w celu utrzymywania zagrożonych gatunków i jest też jednym z powodów, dla których ekolodzy i lekarze weterynarii zajmujący się dziką zwierzyną popierają całkowite zniesienie zakazu polowań

na nosorożce. Powrót takiego prawa, które zezwalałoby na limitowane i ograniczone polowania, pomógłby placówkom w utrzymaniu dzikich zwierząt na generujących znaczne koszty terenach. Także eliminacja niewielkiej liczby samców może poprawić demografię populacji i zmienić różnorodność genetyczną wśród obu zagrożonych gatunków nosorożców. Poparcie dla limitowanych polowań jest również wysokie wśród prywatnych hodowców, którzy widzieliby w tym możliwości zarobkowe i samofinansowanie się hodowli [Clements i in. 2020].

Wśród prywatnych właścicieli nosorożców Clements i in. [2020] przeprowadzili w latach 2014–2015 badania ankietowe w postaci wywiadu na temat działań, będących odpowiedzią na kryzys związany z kłusownictwem. Jak z nich wynika, w analizowanym okresie większość z ankietowanych (57%) nie sprzedawała swoich nosorożców, nie kupowała nowych osobników ani nie poszerzała swoich terenów. Jedynie 4% właścicieli zdecydowało się na relokację zwierząt. Natomiast aż 25% respondentów nie zdecydowało się na doinwestowanie sekcji ochrony i bezpieczeństwa terenu. Najmniej liczna grupa właścicieli (15%) zdecydowała się na przeniesienie części nosorożców na alternatywne, bezpieczniejsze miejsce – przy czym jedna trzecia z nich przeniosła ponad 67% zwierząt, a najczęściej wybieranym miejscem przenosin była południowa część kraju. Wszyscy właściciele, pochodzący z tej grupy, zdecydowali się na podniesienie kosztów związanych z ochroną i bezpieczeństwem własnego terenu, a większość powiększyła kwotę na to przedsięwzięcie o ponad 67%. W omawianej grupie hodowców żaden nie sprzedał nosorożców, za to wielu z nich zdecydowało się na kupno nowych zwierząt wraz z dokupieniem kolejnych ziem [Clements i in. 2020].

Jak potwierdzają przeprowadzone wyniki badań, różnorodność działań ochronnych widoczna była w strategiach przyjętych przez prywatnych właścicieli nosorożców, w obliczu narastającego kryzysu kłusowniczego. Aż 28% największych inwestorów hodujących nosorożce, posiadających łącznie ok. 33% wszystkich zwierząt na terenie całego kraju i mających taki sam udział w posiadaniu ziem prywatnych, wycofywało się z inwestowania w aktywną ochronę gatunku [Stoddard 2019].

Sytuacja ta potwierdza obawy przedstawione przez Emslie i in. [2019], że kłusownictwo spowoduje rezygnację prywatnych właścicieli z hodowli nosorożców. Kryzys związany z kłusownictwem, jak potwierdzają opinie największego inwestora, obniżył wartość żywych nosorożców i spowodował brak opłacalności w tym sektorze [Milliken i in. 2009].

Bezpieczną formą utrzymania finansowego hodowców jest ekoturystyka. Nie wymaga dużego zagęszczenia zwierząt, a przychody przez nią generowane (w porównaniu ze sprzedażą nosorożców i polowaniami), nie są bezpośrednio zależne od liczby nosorożców. Poza tym obiekty ekoturystyczne są mniej narażone na problem dotyczący kłusownictwa i wymagają niższych inwestycji w ochronę terenu. Placówki takie mają różne rozmieszczenie geograficzne, a wiele z nich znajduje się poza głównymi obszarami zainteresowań kłusowników (północno-wschodnie granice RPA) [Clements i in. 2020].

Turyści przyczyniają się również do zmniejszenia wpływu kłusownictwa, ponieważ mają swój udział w utrzymaniu narodowych parków w RPA. Szczególnie ważni w tej kwestii są turyści zagraniczni, stanowiący dla przykładu 500 tysięcy klientów rocznie w Kruger National Park. Według badań z 2017 roku, przeprowadzonych przez Lubbe i in. [2017], zagraniczni turyści są mniej świadomi łączenia problemu nosorożców z kłusownictwem niż obywatele RPA. Natomiast turyści świadomi tego problemu w większości stwierdzali, że antykłusownicze działania podejmowane przez placówki parku nie są wystarczające.

Analizując narastający problem ratowania tych zwierząt, zauważyć można większe zaangażowanie turystów w problem ochrony nosorożców, co objawia się presją wywieraną zarówno na władze parków narodowych, jak i na rządzących w Południowej Afryce.

Przeprowadzone badania wykazały również większą chęć zaangażowania się ludzi w walkę o nosorożce. Praktyki oparte na wzmożonych działaniach antyklusowniczych (np. helikoptery patrolujące) były odbierane przez turystów jako zjawisko negatywne, burzące spokój obcowania z przyrodą. Zwiedzający zaznaczali przy tym, iż z tego powodu powtórnie tu nie wrócą [Lubbe i in. 2017].

Istotnym elementem ochrony zagrożonych gatunków jest w ostatnich latach 75% spadek ceny żywych nosorożców. Według Clementsa i in. [2020] zjawisko to w połączeniu z dramatycznym spadkiem sprzedaży tych zwierząt stanowi jeden z czynników wycofywania się ludzi z inwestycji w hodowlę i ochronę nosorożców. Ponadto zniechęca do dalszego utrzymywania ich na swoich prywatnych terenach. Większość inwestorów przyznaje, że uczestniczyłaby chętnie w legalnym handlu rogami, co z kolei sugeruje, że takie możliwości handlowe pozwoliłyby ograniczyć problemy finansowe w tym sektorze gospodarki [Clements i in. 2020]. Taki stan potwierdza przypuszczenia, że jeśli koszty finansowe ochrony nosorożców na terenach prywatnych przewyższą korzyści ich utrzymywania, to właściciele gruntów przestaną w nie inwestować [Ferreira i in. 2014].

### **Podsumowanie**

Reasumując, należy stwierdzić, że pomimo znacznego odnowienia liczebności populacji nosorożców nie udało się jeszcze osiągnąć akceptowalnego stanu, który mógłby uznać te zwierzęta za niezagrożone wyginięciem w naturalnym środowisku. Działania człowieka wspierające proces odnowy gatunku są skuteczne, ale nie dają wystarczających rezultatów. Jeżeli kłusownictwo nie zostanie zahamowane, populacja nosorożców znacznie ponownie spadać, nie tylko z powodu śmierci dorosłych osobników, lecz także z powodu strat w młodych, które nie będą chronione przez matki. Stosowane obecnie różne działania antyklusownicze, takie jak ścinanie rogów, zatajanie informacji dotyczących populacji czy zwiększona cenzura, nie są wystarczające.

Pomimo licznych działań prewencyjnych kłusownictwo nie jest jedynym problemem, z którym boryka się populacja nosorożców w RPA. Kolejnym bardzo ważnym czynnikiem w zmniejszaniu się populacji, jest malejący udział prywatnych hodowców i inwestorów w ochronę gatunku. Obecna polityka kraju zabraniająca handlu rogiem oraz brak skutecznych rozwiązań dotyczących kłusownictwa doprowadziły do spadku wartości rynkowej żywych nosorożców aż o 75 %. Sytuacja ta zniechęciła prywatnych hodowców do posiadania dużej ilości zwierząt, spowodowała także wycofywanie się wielu z nich z inwestycji w ich hodowlę. Problem ten mógłby ulec zmianie, gdyby został wdrożony plan legalnego handlu rogiem nosorożca, za którym opowiada się większość farmerów. Zwiększenie skuteczności ochrony i zabezpieczenia terenów, mogłoby ograniczyć problem z kłusownictwem, ale wielu właścicieli hodowli niechętnie odnosi się do zwiększenia wydatków, zabezpieczających ochronę gatunku i inwestowanie w sektor, który przynosi straty finansowe.

Najważniejszym problemem wymagającym udziału rządu RPA jest ponowne przywrócenie opłacalności utrzymywania nosorożców na terenie prywatnym, po to, aby zarówno inwestorzy, jak i ekolodzy, mogli się skupić na planowaniu i wdrażaniu wspólnych



rozwiązań na rzecz zagrożonych gatunków. Głównym wyzwaniem wymagającym interwencji rządu Republiki Południowej Afryki jest przywrócenie opłacalności hodowli nosorożców na terenach prywatnych. Pozwoli to inwestorom i ekologom skoncentrować się na tworzeniu i wdrażaniu wspólnych strategii ochrony zagrożonych gatunków.

## Piśmiennictwo

- Chapman L.A., White P.C.L., 2020. Patterns in rhino poaching activity on private land in South Africa. *Afr. J. Ecol.* 59, 378–386. <https://doi.org/10.1111/aje.12842>
- Child B., 2019. Sustainable governance of wildlife and community-based natural resource management. Routledge. <https://doi.org/10.1111/conl.12741>
- Clements H.S., Knight M., Jones P., Balfour D., 2020 Private rhino conservation: diverse strategies adopted in response to the poaching crisis. *Conserv. Lett.* 13.6, e12741.
- Emslie R.H., Milliken T., Talukdar B., Burgess G., 2019. A report from the IUCN Species Survival Commission (IUCN SCC) African and Asian Rhino Specialist Groups and TRAFFIC to the CITES Secretariat pursuant to Resolution Conf 9.14 (Rev. CoP17). Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Sri Lanka.
- Engelbrecht, A., 2020. An appraisal theory approach to news reports on rhino poaching in South Africa. *Language Matt.* 51(1), 86–112.
- Ferreira S.M., Pfab M., Knight M. (2014) Management strategies to curb rhino poaching: Alternative options using a cost-benefit approach. *South Afr. J. Sci.* 110(5–6), 1–8.
- Lubbe, B.A., Preez, E.A., Douglas, A., Fairer-Wessels, F., 2017. The impact of rhino poaching on tourist experiences and future visitation to National Parks in South Africa. *Curr. Issues Tourism* 1–8. <http://doi.org/10.1080/13683500.2017.13438>
- Milliken T., Emslie R.H., Talukdar B., 2009. African and Asian rhinoceroses – status, conservation and trade. A report from the IUCN Species Survival Commission (IUCN/SSC) African and Asian Rhino Specialist Groups and TRAFFIC to the CITES Secretariat pursuant to Resolution Conf 2009 Nov 20. Report number: CoP 17 Doc. 68 Annex 5 Affiliation. IUCN SSC African Rhino Specialist Group and CITES.
- Nhleko Z.N., Ahrens R., Ferreira S.M., Mc Cleery, R.A., 2021. Poaching is directly and indirectly driving the decline of South Africa's large population of white rhinos. *Anim. Conserv.* 25, 151–163. <http://doi.org/10.1111/acv.12720>
- Roex N., Ferreira S.M., 2020. Age structure changes indicate direct and indirect population impacts in illegally harvested black rhino. *PLOS One* 15(7), 1–13.
- Sas-Rolfes M., Emslie R., Adcock K., Knight M., 2022. Legal hunting for conservation of highly threatened species: The case of African rhinos. *Conserv. Lett.* 15, e12877. <https://doi.org/10.1111/conl.12877>
- Stoddard, E., 2019. Quo vadis South Africa's rhino rancher supreme? *Bus. Maverick*. Dostępne na <https://www.dailymaverick.co.za/article/2019-08-22-quo-vadis-south-africas-rhino-rancher-supreme/>

Mateusz Gancarz <sup>1</sup>, Maciej Wilk <sup>1</sup>, Sebastian Jaguszewski <sup>1</sup>, Łukasz Wlazło <sup>2</sup>,  
Katarzyna Karpińska <sup>2</sup>, Bożena Nowakowicz-Dębek <sup>2</sup>

## Ocena narażenia na hałas artysty muzycznego Noise exposure assessment for a music artist

### Wstęp

Praca zawodowa może być źródłem wielu zagrożeń wywołujących negatywne skutki zdrowotne dla organizmu człowieka. Jednym z takich zagrożeń jest hałas, którego szkodliwy wpływ stwierdzono m.in. w odniesieniu do układu krążenia czy układu trawiennego [Bortkiewicz i in. 2018]. Dodatkowo nadmierny poziom hałasu może prowadzić do uszkodzenia narządu słuchu, a także wywoływać drażliwość, napięcie, problemy z koncentracją [Kirpluk 2003, Bortkiewicz i in. 2018], a to z kolei negatywnie oddziałuje na realizację wymagających harmonogramów występów bądź na utrzymanie właściwych relacji międzyludzkich, generując stres, który jest szkodliwy dla pracy artysty muzyka [Widerszal-Bazył 2007, Skorupska-Król i in. 2014]. Muzyka natomiast jest nie tylko formą rozrywki czy narzędziem relaksu, ale także sposobem wyrażania emocji, hobby czy źródłem utrzymania. Artyści muzyczni muszą dysponować olbrzymimi pokładami kreatywności, często wykazywać zręczność przy grze na wymagających instrumentach muzycznych oraz wykorzystywać inteligencję w pracy z nowoczesnymi technologiami i zaawansowanym oprogramowaniem komputerowym. Niezależnie od stylu muzyki i sposobu jej tworzenia, nagrywania czy udziału w koncertach artyści muzyczni są narażeni na hałas.

Narażenie na głośne dźwięki może powodować stres, drażliwość i problemy z koncentracją [Kirpluk 2003, Bortkiewicz i in. 2018]. Zastosowanie systemów zwiększających głośność utworów uaktywnia i pobudza widownię, potęgując hałas, co dodatkowo stawia w niebezpieczeństwie zdrowie muzyków. Takie wydarzenia są wyjątkowym doświadczeniem, łączącym widownię z artystami i choć dla publiczności koncerty stanowią sposób na relaks i odpoczynek [Umbrello i in. 2019, De Witte i in. 2022], to dla artysty oznaczają wielogodzinne przygotowania i próby na scenie z wykorzystaniem nagłośnienia.

Długotrwałe narażenie na wysoki poziom dźwięku może prowadzić do trwałych uszkodzeń słuchu, takich jak szumy uszne czy utrata słuchu [Rakowski 2014, Kozłowski 2015]. Może to skutkować tym, że artyści zrezygnują ze swojej kariery i pasji już po kilku latach pracy. Nieliczni wykonawcy korzystają z urządzeń wspierających słuch, aby móc

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Studenckie Koło Naukowe Zagrożeń Zawodowych i Środowiskowych, mateusz.gancarz.1999@wp.pl

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

nadal działać w branży muzycznej. Dlatego ważne jest minimalizowanie zagrożeń i przeciwdziałanie negatywnym skutkom hałasu.

Celem tej pracy było określenie narażenia na hałas zdrowia artysty muzycznego w trakcie jego pracy i porównanie skali hałasu z poziomami dopuszczalnymi.

### Material i metody

Badania przeprowadzono podczas koncertu zespołu muzycznego, który odbył się w jednym z lubelskich lokali (ryc. 2–3). Wykonano 4-krotne pomiary hałasów w trakcie próby zespołu muzycznego, gdy pomieszczenie było jeszcze bez widowni, a następnie kolejne cztery pomiary w czasie trwania koncertu. Wykonano je za pomocą Sonometru (Sonopan DSA-50, klasa 1):

–  $L_{Aeq}$  (ang. *equivalent continuous sound pressure level*) – równoważny poziom dźwięku,  
–  $L_{Amax}$  (ang. *maximum sound level*) – największy poziom dźwięku w trakcie pomiaru,

–  $L_{Cmpk}$  (ang. *peak noise level*) – wartość szczytowa hałasu.

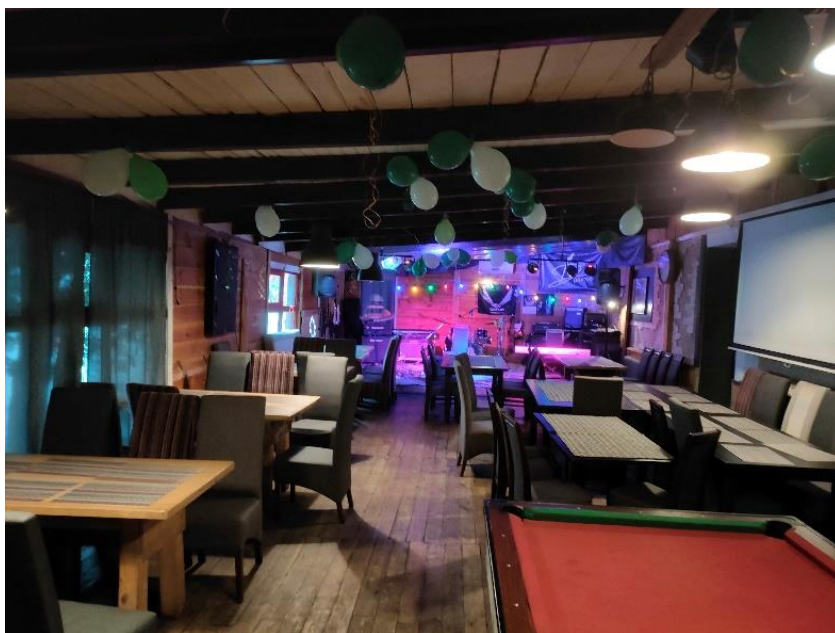
Przed rozpoczęciem badań miernik został skalibrowany.



Ryc. 1. Sonometr Sonopan DSA-50, klasa 1 (fot. M. Gancarz)



Ryc. 2. Miejsce pracy muzyków (fot. M. Gancarz)



Ryc. 3. Miejsce koncertu (fot. M. Gancarz)

Do wykonania obliczeń wykorzystano wzory:

a) poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left( \frac{T_e}{T_o} \right) [dB]$$

gdzie:

$L_{EX, 8h}$  – poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy,

$L_{Aeq, Te}$  – równoważny poziom dźwięku A efektywnej długości dnia pracy (dB),

$T_e$  – czas ekspozycji na hałas (min),

$T_o$  – przedział czasowy odniesienia;

b) równoważny poziom dźwięku:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1L_{Aeq,Te,n}} \right)$$

gdzie:

$L_{Aeq, Te}$  – równoważny poziom dźwięku A n-tego pomiaru – próbki (dB),

n – liczba pomiarów;

c) szacowanie niepewności

$$U = k \cdot u (L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u (L_{EX,8h})$$

gdzie:

U – niepewność rozszerzona,

k – współczynnik rozszerzenia (k = 1,65).

## Wyniki i dyskusja

Uzyskane wyniki poddano analizie zgodnie z PN i przedstawiono w tabelach 1–3. W trakcie próby zespołu najwyższy poziom hałasu uzyskano na poziomie ucha muzyka. Dotyczy to równoważnego poziomu dźwięku (93,4 dB), maksymalnego poziomu dźwięku (100,2 dB) i szczytowego poziomu dźwięku (117,5 dB). Na końcu sali uzyskano niższe wartości ocenianych parametrów, odpowiednio: 86,2 dB; 94 dB; 115,6 dB. Średni poziom hałasu określono jako 89,6 dB (tab. 1).

Tabela 1. Poziom hałasu w trakcie próby i koncertu w zależności od lokalizacji punktu pomiarowego (dB)

Miejsce pomiarów	Pomiary w trakcie próby		
	$L_{Cmpk}$	$L_{Amx}$	$L_{Aeq}$
Koniec sali	115,6	94	86,2
Przy uchu	117,5	100,2	93,4
Pod sceną	115,5	98,8	91,8
Pod sceną	115,6	97,4	87,1
M	116,1	97,6	89,6
SD	0,84	2,30	3,04
Kolejność pomiarów	Pomiary w trakcie koncertu		
	$L_{Cmpk}$	$L_{Amx}$	$L_{Aeq}$
1	121,7	103,9	96,9
2	121,3	103,8	96,8
3	122,5	107,7	95,6
4	122	104,3	96,7
M	121,9	104,9	96,5
SD	0,44	1,61	0,52

Objaśnienia: M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe

W trakcie czterogodzinnego koncertu równoważny poziom dźwięku przyjmował wartości od 95,6 dB do 96,9 dB, a średni poziom hałasu określono jako 96,5 dB.

Poziom gwaru w trakcie koncertu był zdecydowanie wyższy, ze względu na publiczność. Stopień szczytowy hałasu przekroczył próg bólu, który może objawiać się bolesnymi odczuciami dla ludzkiego ucha.

Analizując uzyskane wyniki wg obowiązujących wymagań PN, wykazano, że dzienny poziom ekspozycji na hałas  $L_{EX,8h}$  wynosi 91,6 dB, przy niepewności rozszerzonej 2,5 dB, co stanowi przekroczenie dopuszczalnych wartości określonych jako 85 dB.

Wysoki poziom hałasu w trakcie koncertu generowany jest nie tylko przez dźwięki instrumentów, lecz także przez aktywny udział publiczności [Kenny 2016]. Koncerty jako wydarzenia różnią się wielkością – od występów międzynarodowych gwiazd na stadionach po występy lokalnych artystów w klubach muzycznych. Zbyt wysoki poziom dźwięku, zwłaszcza dla muzyków, jest negatywnym zjawiskiem. Dillon [2006] jednak twierdzi, że muzyka może mieć pozytywny i terapeutyczny wpływ na zdrowie człowieka, można nią również leczyć choroby psychiczne. Wielu autorów wskazuje, iż długa ekspozycja pracowników na hałas może być bardziej szkodliwa niż krótkotrwałe jego oddziaływanie, jednak zależy to od rodzaju hałasu, czasu narażenia i częstotliwości dźwięków [Śliwińska-Kowalska i in. 2003, Pawlaczyk-Łuszczynska i in. 2010]. Często podczas różnych wydarzeń artystycznych stwierdza się przekroczenia dopuszczalnych wartości emitowanych dźwięków, dlatego ważna jest odpowiednia organizacja koncertów, a zwłaszcza umiejscowienie muzyków na scenie. W celu obniżenia poziomu hałasu można wykonać małe ekrany, które mają redukować dźwięki instrumentów o wysokim stroju, takich jak trąbki czy skrzypce. Jednak niewłaściwe zastosowanie ekranów może doprowadzić do wystąpienia zjawiska odbicia, a co za tym idzie do zwiększenia poziomu dźwięku. W ostatnich latach opracowano również specjalne wkładki przeciwhałasowe dedykowane muzykom [Śliwińska-Kowalska i in. 2003, Zbysińska i Lachowska 2020].

Tabela 2. Ekspozycja muzyków na hałas w trakcie przygotowania do koncertu i w trakcie jego trwania (dB)

Budżet niepewności		Symbole, zależności	Łączny czas trwania w ciągu dnia pracy (h)	
			czynność 1 – próba	czynność 2 – koncert
Poziom hałasu	niepewność standardowa	$u_{1a,m}$	1,89	0,30
	współczynnik wrażliwości	$c_{1a,m}$	0,24	0,76
Czas trwania czynności	niepewność standardowa	$u_{1b,m}$	0,00	0,00
	współczynnik wrażliwości	$c_{1b,m}$	0,52	1,65
Udział niepewności	związanej z poziomami hałasu	$c_{1a,m} \cdot u_{1a,m}$	0,45	0,23
	związanej z czasem trwania czynności	$c_{1b,m} \cdot u_{1b,m}$	0,00	0,00
	związanej z wyposażeniem pomiarowym	$c_{1a,m} \cdot u_{2,m}$	0,36	1,14
	związanej z wyborem pozycji pomiarowej	$c_{1a,m} \cdot u_3$	0,24	0,76
Wyniki		Nazwa czynności	Próba	Koncert
Średni poziom hałasu (dB)		$L_{p,A,eqT,m}$	91,5	96,5
Średni czas trwania (h)		$T_m$	2,0	2,0
Udział czynności m w $L_{EX,8h}$		$L_{EX,8h,m}$	88,5	93,5
Udział niepewności	poziom hałasu	$(c_{1a,m} \cdot u_{1a,m})^2$	0,21	0,05
	czas trwania czynności	$(c_{1b,m} \cdot u_{1b,m})^2$	0,00	0,00
	wyposażenie pomiarowe	$(c_{1a,m} \cdot u_{2,m})^2$	0,13	1,30
	pozycja pomiarowa	$(c_{1a,m} \cdot u_3)^2$	0,06	0,58
	suma dla każdej czynności m	$u^2(L_{EX,8h}) m$	0,39	1,93
	suma dla wszystkich czynności	$u^2(L_{EX,8h})$	2,32	
	złożona niepewność standardowa	$u(L_{EX,8h})$	1,5 dB	
Dzienny poziom ekspozycji na hałas $L_{EX,8h} = 91,6$ dB			Niepewność rozszerzona $U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) = 2,5$	

Należy pamiętać, że zmiany w narządzie słuchu wywołane nadmiernym hałasem są zazwyczaj nieodwracalne, dlatego bardzo ważne jest stosowanie w pracy muzyków działań profilaktycznych.

### Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że muzycy w trakcie swoich koncertów są narażeni na ponadnormatywny hałas. Średni jego poziom wynosił 96,5 dB, można go zatem porównać do wartości generowanych przez samochody ciężarowe, natomiast średni

szczytowy poziom dźwięku wynosił 104,9 dB. Dźwięk ten jest zbliżony do pracy maszyn budowlanych, takich jak młoty pneumatyczne lub wiertarki. Aby uniknąć trwałych uszkodzeń aparatu słuchowego, artyści sceniczni występujący podczas tego typu wydarzeń powinni stosować środki profilaktyczne. Zaleca się również przeprowadzenie dalszych badań w celu przeanalizowania różnic poziomu natężenia dźwięku, zarówno na koncertach otwartych, jak i zamkniętych.

### **Bibliografia**

- Bortkiewicz A., Czaja N., 2018. Pozasłuchowe skutki działania hałasu ze szczególnym uwzględnieniem chorób układu krążenia. *Forum Med.* 12(2), 41–49.
- De Witte M., Pinho A.D.S., Stams G.J., Moonen X., Bos A.E., Van Hooren S., 2022. Music therapy for stress reduction: a systematic review and meta-analysis. *HPR* 16(1), 134–159.
- Dillon S., 2006. Assessing the positive influence of music activities in community development programs. *Music Educ. Res.* 8(2), 267–280.
- Kenny A., 2016. *Communities of musical practice*. Routledge, London.
- Kirpluk M., 2003. Hałas. *Mag. Autostrady* 3, 30–34.
- Kozłowski E., 2015. *Wkładki przeciwhałasowe jako środek ochrony słuchu muzyków zawodowych*. Rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska.
- Pawlaczyk-Łuszczynska M., Dudarewicz A., Zamojska M., Śliwińska-Kowalska M., 2010. Ocena ryzyka uszkodzenia słuchu u muzyków orkiestrowych. *Med. Pr.* 61(5), Łódź, 493–511.
- Rakowski A., 2014. Noise as music. *Arch. Acoust.* 21(3), 267–274.
- Skorupska-Król A., Szabla A., Bodys-Cupak I., 2014. Opinie pielęgniarek na temat czynników stresogennych związanych z ich środowiskiem pracy. *Pielęg. XXI Wieku* 1(46), 23–26.
- Śliwińska-Kowalska M., Kotyło P., Fiszer M., 2003. Zawodowe uszkodzenia słuchu spowodowane hałasem – patogeneza, diagnostyka i zapobieganie. *Otolaryngologia* 2(4), 151–160.
- Umbrello M., Sorrenti T., Mistraretti G., Formenti P., Chiumello D., Terzoni S., 2019. Music therapy reduces stress and anxiety in critically ill patients: a systematic review of randomized clinical trials. *Min. Anestesiol.* 85(8), 886–898.
- Widerszal-Bazyl M., 2007. Niepewność pracy jako źródło stresu. *Bezp. Pr. Nauka Prakt.* 7/8, 20–23.
- Zbysińska M., Lachowska M., 2020. Uszkodzenia słuchu spowodowane hałasem u muzyków klasycznych. *Pol. Otorhinorev.* 9(2), 41–53, 41. <http://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1545>



## Mikrogrzyby w antropogenicznym środowisku psychrofilnym

Microfungi in an anthropogenic psychrophilic environment

### Wstęp

Psychrosfera jako środowisko charakteryzujące się niskimi temperaturami jest najbardziej rozpowszechnionym klimatem na kuli ziemskiej, zajmując ponad 80% biosfery [Pazgier i Turkiewicz 2003]. Za tym faktem przemawia również ilość organizmów psychrofilnych, które występują najliczniej na tle innych środowisk ekstremalnych i mikroorganizmów tam obecnych. Liczne gatunki mikroorganizmów, będąc psychrofilami fakultatywnymi, mogą rozwijać się także w temperaturze powyżej optymalnej ( $> 15^{\circ}\text{C}$ ), dostosowując się do trudnych warunków. Wiele z nich, po ustaniu niekorzystnych warunków, jest w stanie zwiększać biomasę. Mogą też przetrwać niedogodny okres poprzez wytwarzanie przetrwalników i szeregu związków chemicznych. Problem adaptacji grzybów pleśniowych i drożdży do niskich temperatur może wiązać się z potencjalnym zagrożeniem dla ludzi, np. poprzez skażenie żywności przechowywanej w zamrażalnikach, a co za tym idzie – dolegliwości pokarmowych, alergii i chorób.

Niektóre gatunki grzybów pleśniowych i drożdży można nazwać ekstremofilami, choć pierwotnie nie występowały w środowiskach o niskich temperaturach lub rzadko wykazywano ich obecność. Grzyby izoluje się z miejsc takich jak wieczna zmarzlina, dna oceanów czy lodowce. Wynika to z faktu, że są one niezwykle plastyczne – potrafią dostosować się do trudnych warunków środowiskowych i rozwijać się w nich lub przetrwać trudny okres w oczekiwaniu na lepsze warunki wzrostowe. Adaptacja tych mikroorganizmów wynika z wytworzenia szeregu mechanizmów, które na to pozwalają. Ochronę ww. organizmów przed niedogodną temperaturą stanowi błona komórkowa otaczająca protoplazmę. W ekstremalnie niskich temperaturach cytoplazma zmienia stan skupienia z płynnego na bardziej gęsty, zwany fazą żelu. Zwiększając swoją objętość, może powodować uszkodzenia błony, ściany komórkowej oraz organelli zawieszonych we wnętrzu. Mechanizmem obronnym jest również wytwarzanie kwasów tłuszczowych, które wzmacniają dwuwarstwę lipidową [Weinstein i in. 2000]. Grzyby produkują substancje rozpuszczalne, które pomagają przetrwać stres osmotyczny oraz brak dostępności wody. Jedną z najczęściej występujących substancji jest alkohol cukrowy – mannitol, który stabilizuje strukturę błony komórkowej. Trehaloza natomiast jest często izolowana z chlamydospor, będąc najbardziej efektywną substancją [Crowe i in. 1984]. Drożdże czerwone, takie jak *Rhodotorula* sp., oraz czarne drożdże *Exophiala* sp. i *Aureobasidium* sp.,

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Biologii i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Mykologów, urszula.grykin@student.uwm.edu.pl

produkują pigmenty (kolejno: karotenoidy i melaninę), służące jako ochrona przez promieniowaniem ultrafioletowym i jonizującym oraz wysuszeniem, na które są narażone w środowisku psychrofilnym [Selbmann i in. 2013]. Produkcję melaniny obserwuje się także u grzybów strzępkowych – *Cladosporium cladosporioides* [Llorente i in. 2012], *Penicillium* sp., *Aspergillus niger* i *A. fumigatus* [Eisenman i Casadevall 2011].

Celem pracy była ocena czystości mykologicznej lodu pobranego ze ścian zamrażarek poprzez analizę jakościową i ilościową mikrogrzybów. W pracy wymieniono podstawowe mechanizmy adaptacyjne grzybów pleśniowych i drożdży do środowiska psychrofilnego, zwrócono także uwagę na narastający problem zasiedlania miejsc ekstremalnych przez mikrogrzyby oraz na ich powiązanie z działalnością człowieka.

## Material i metody

Materiałem użytym do badań była pozyskana z powierzchni ścian 5 urządzeń (zamrażarek) zeszkrobiona loda, który nawarstwiał się przez różny przedział czasowy (od roku do 4 lat). Próby pobrano do sterylnych pojemników, przetransportowano je do laboratorium Katedry Mikrobiologii i Mykologii, Wydziału Biologii i Biotechnologii UWM w Olsztynie i pozostawiono do swobodnego topnienia. Uzyskana woda została poddana filtracji w zestawie do filtracji z pompą próżniową laboratoryjną (AGA LABOR). Upřednio każda z prób została zważona, w celu przeliczenia uzyskanych wartości wagowych na objętość ( $\text{Jtk/dm}^3$ ). Próbkę filtrowano przez filtry Merc o porowatości 0,45  $\mu\text{m}$ . Do oceny ilościowej i jakościowej filtry wyłożono na podłoże mykologiczne Sabouraud Agar z 0,1% chloramfenikolem. Podłoża były inkubowane w 25°C przez 72 godz. Po czasie inkubacji zliczono kolonie grzybów pleśniowych i drożdży oraz dokonano analizy makroskopowej, biorąc pod uwagę cechy takie jak: kolor awersu i rewersu, strukturę, wrastanie w podłoże, produkcję barwników, szybkość wzrostu. Izolaty grzybów strzępkowych przeniesiono na podłoże Czapek-Dox do dalszej analizy makroskopowej, podczas gdy drożdże zostały umieszczone na podłożu Sabouraud z dodatkiem chloramfenikolu. Po uzyskaniu niezanieczyszczonych kolonii drożdży wykonano na agarze Nickersona mikrodowolę każdego szczepu. Aby lepiej obserwować izolaty, spłaszczono kolonię za pomocą olejku immersyjnego. Na podstawie charakterystycznych cech możliwa była identyfikacja rodzajowa lub/i gatunkowa. Z wyhodowanych kolonii grzybów pleśniowych przygotowano preparaty metodą odciskową, wykorzystując taśmę klejącą, barwioną błękitem anilinowym z laktofenolem [Gerlach 1972]. Preparaty analizowano przy użyciu mikroskopu świetlnego marki Olympus BX51 w celu zaobserwowania cech mikromorfologicznych, które były istotne w identyfikacji gatunkowej. Zwrócono uwagę na sposób tworzenia oraz kształt konidioforów, wygląd i rozmiar zarodników, a także obecność lub brak chlamydospor. Wykonano dokumentację fotograficzną, którą skatalogowano.

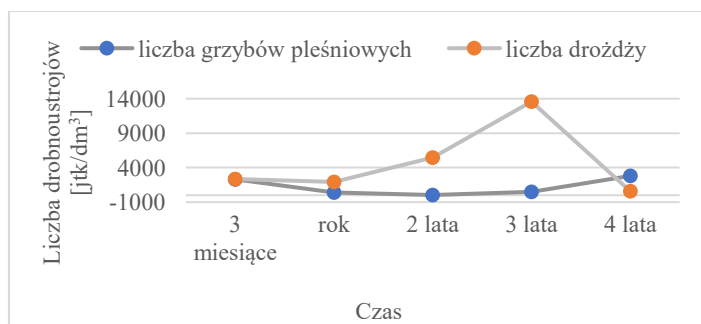
## Wyniki i dyskusja

Mikrogrzyby zasiedlają wszystkie ekosystemy kuli ziemskiej, również te o ekstremalnych warunkach. Wśród izolowanych z psychrosfery grup morfologicznych mikroorganizmów, zauważa się grzyby pleśniowe i drożdżopodobne [Biedunkiewicz i Ejdys

2011, Perini i in. 2019] oraz drożdże [Ejdys i in. 2014]. W badaniach własnych stwierdzono obecność grzybów pleśniowych i drożdży, które mogły dostać się do wnętrza zamrażarek, osiadając na powierzchni przechowywanej żywności lub podczas otwierania urządzenia w wyniku napływu pary wodnej, która następnie przeszła w ciekły stan skupienia. W zamrażarkach domowego użytku temperatura sięgała  $-18^{\circ}\text{C}$ . Jest to wartość, która obniża aktywność wody, czyli wydobywa ciecz związaną z białkami. Proces ten powinien prowadzić do lizy komórek mikroorganizmów, jednak wiele z nich przystosowało się do niekorzystnych warunków. W takich warunkach rozwój biomasy grzybów jest znacznie utrudniony, więc mikroorganizmy aktywują mechanizmy łagodzące stres temperaturowy, czekając na korzystniejsze warunki środowiskowe, które umożliwią im dalszy rozwój. Obecność grzybów i drożdży obserwuje się w miejscach, gdzie przez cały rok panuje ujemna temperatura, np. w wiecznej zmarzlinie Antarktydy [Kochkina i in. 2012]. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano urządzenia, w których lód nawarstwiał się przez różny przedział czasowy, aby zaobserwować zależność długości działania czynnika niekorzystnego na liczbę, różnorodność oraz wzrost mikrogrzybów.

W badaniach własnych zaobserwowano zróżnicowanie w ogólnej liczbie mikrogrzybów izolowanych z prób. Największe zanieczyszczenie wykazano w próbie, gdzie lód zalegał 3 lata, a liczba grzybów wynosiła  $1,41 \cdot 10^4$  jtk/dm<sup>3</sup>. Lód zalegający przez rok okazał się pod tym względem najczystszy, ponieważ liczba mikrogrzybów wynosiła  $2,33 \cdot 10^3$  jtk/dm<sup>3</sup> (tab. 1). Zaobserwowane różnice mogą wynikać z różnorodnych sposobów eksploatacji zamrażarek – częstsze otwieranie urządzeń, przechowywanie różnego typu żywności oraz rotację produktów spożywczych. Wszystkie wymienione powyżej czynniki mogą przyczyniać się do zwiększania puli izolowanych grzybów. W środowisku takim jak zamrażarka, skład mikrobioty ciągle się zmienia, ponieważ te mikroorganizmy, które się najszybciej w niej pojawiły, najprawdopodobniej ulegną lizie pod wpływem długotrwałego działania czynnika niekorzystnego, jakim jest czas ekspozycji na ujemną temperaturę. Jednocześnie nowe mikrogrzyby stale napływają do wnętrza urządzenia.

Różnice w liczbie grzybów zauważono także w kontekście typów morfologicznych – liczba drożdży różniła się od liczby kolonii grzybów pleśniowych w próbkach po roku i po 4 latach, natomiast była niemal identyczna w próbkach z 3-miesięcznego okresu nawarstwiania lodu (ryc. 1). W każdej próbie, z wyjątkiem 4-letniej, liczba kolonii drożdżowych była wyższa, podczas gdy w próbkach 4-letnich dominowały grzyby pleśniowe. Dysproporcja ta może wynikać z lepszego przystosowania się mikroorganizmów do warunków ekstremalnych, a także ze stale napływającej mikrobioty do wnętrza urządzeń.



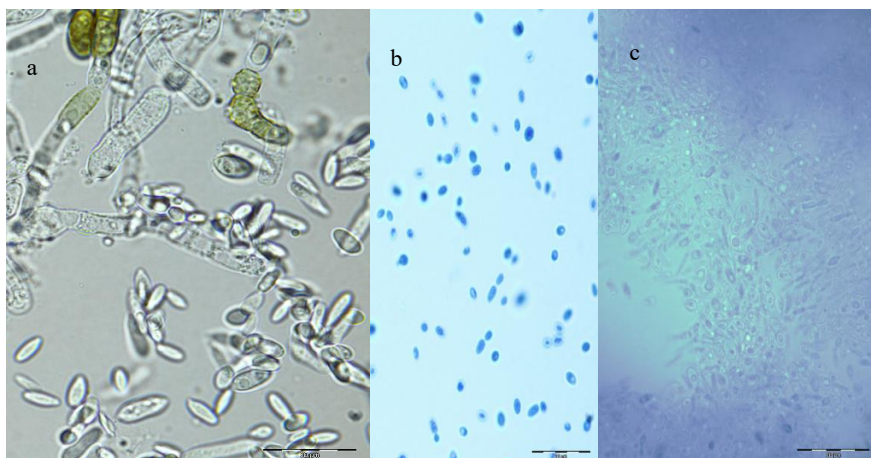
Ryc. 1. Ogólna liczba form morfologicznych mikrogrzybów w badanych próbkach

W badaniach własnych stwierdzono 6 gatunków grzybów pleśniowych oraz drożdże należące do 5 rodzajów. Największą różnorodnością mykologiczną wykazała się próba, w której lód zalegał przez 3 lata, ponieważ wykryto w niej obecność 3 gatunków grzybów strzępkowych i 3 rodzajów drożdży (tab. 1). W każdej z badanych prób stwierdzono obecność *Penicillium chrysogenum*, który, jak podają źródła, obecny jest np. w sezonowym śniegu Antarktydy [Kochkina i in. 2012]. *Aspergillus fumigatus*, *A. niger* oraz *Mucor ramosissimus* zostały wyizolowane z prób lodu oraz z pokrywy śnieżnej klimatu umiarkowanego [Grykin i Kaczorek 2023].

Tabela 1. Udział jakościowy i ilościowy mikrogrzybów wyizolowanych z badanych prób lodu

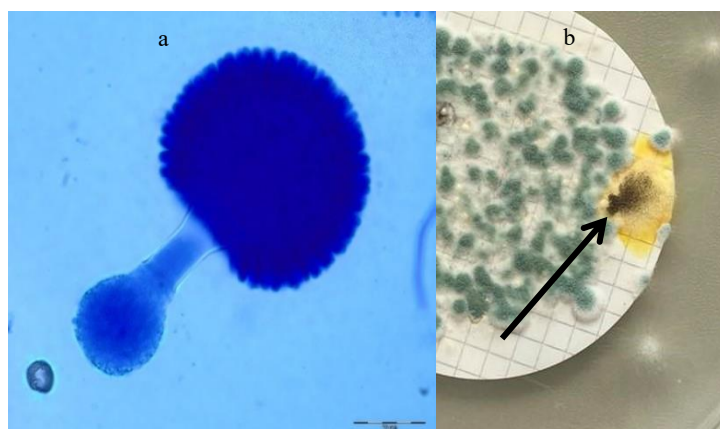
Czas nawarstwiania lodu	Grzyby pleśniowe	Ogólna liczba grzybów pleśniowych (jtk/dm <sup>3</sup> )	Drożdże	Ogólna liczba drożdży (jtk/dm <sup>3</sup> )
3 miesiące	<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	$2,31 \cdot 10^3$	<i>Rhodotorula</i> sp.	$2,37 \cdot 10^3$
1 rok	<i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Rhizopus oryzae</i>	$4,04 \cdot 10^2$	<i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Rhodotorula</i> sp.	$1,93 \cdot 10^3$
2 lata	<i>Mucor ramosissimus</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	$3,20 \cdot 10^1$	<i>Rhodotorula</i> sp. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$5,46 \cdot 10^3$
3 lata	<i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	$5 \cdot 10^2$	<i>Oosporidium</i> sp. <i>Rhodotorula</i> sp. <i>Kluyveromyces</i> sp.	$1,36 \cdot 10^4$
4 lata	<i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	$2,80 \cdot 10^3$	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$5,88 \cdot 10^2$

W jednej z prób stwierdzono występowanie *Aureobasidium pullulans*, który jest gatunkiem drożdży produkującym ciemny barwnik – melaninę (ryc. 2a). Przystosowanie tego gatunku do środowiska ekstremalnego wynika z tworzenia grubościennych chlamydospor, a sam rodzaj jest izolowany ze wszystkich ekosystemów, m.in. wiecznej zmarzliny, fyllosfery czy żywności [Zalar i in. 2008]. Czarne drożdże wykazują powolny wzrost, który może trwać nawet do kilku tygodni. Izolaty pozyskane z zamrażalników nie przestały powiększać swojej biomasy, nawet po umieszczeniu ich w temperaturze 4°C w celu przechowania, co wskazuje na ich doskonałe przystosowanie do warunków chłodniczych. W badaniach zaobserwowano także drożdże, które produkują karotenoidy i wspomagają grzyby w przystosowaniu się do warunków panujących w zimnym klimacie. Grzyby z rodzaju *Rhodotorula* są przykładem zanieczyszczenia żywności pochodzenia zwierzęcego typu sery, mleko czy mięso (ryc. 2b). Ich obecność może wiązać się z potencjalnym skażeniem żywności przechowywanej w zamrażarkach. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono też występowanie różnych gatunków magazynujących kwasy tłuszczowe, które są oznaką przystosowania się tych grzybów do trudnych warunków środowiskowych. *Kluyveromyces* sp. zawierają dużą ilośći tłuszczów zapasowych, dzięki czemu radzą sobie ze stresem związanym z gęstnieniem cytoplazmy i naciskiem na ścianę komórkową, unikając przy tym pęknięcia komórek (ryc. 2c).



Ryc. 2. a) *Aureobasidium* sp., b) *Rhodotorula* sp., c) *Kluyveromyces* sp. (pow. 1000 ×)  
(fot. Urszula Grykin)

Mikrogrzyby w środowisku o ujemnych temperaturach tracą zdolność do powiększenia biomasy. Zahamowanie zdolności do rozmnażania, która jest nadrzędna w procesie przedłużenia gatunku i dzielenia się na nowe substraty, powoduje u mikrogrzybów stan anabiozy. W momencie pojawienia się dogodnych warunków (temperatura, dopływ substancji pokarmowych), po długotrwałym stresie, grzyby pleśniowe ponownie odzyskują zdolność do wzrostu i pobierania substancji odżywczych, dążąc do jak najszybszego wytworzenia konidioforów oraz zarodników konidialnych. *A. Niger*, izolowany z badań własnych, w obrazie mikroskopowym preparatu wykonanym bezpośrednio po wzroście, wykazywał w małym stopniu zdolność do tworzenia strzępek substratowych. Obserwowano krótkie mycelia zakończone konidioforem z zarodnikami (ryc. 3a). Jedną z charakterystycznych odpowiedzi na stres środowiskowy *A. niger* jest wytwarzanie żółtego metabolitu do podłoża, który był obserwowany w dużej ilości, w obrazie makroskopowym kolonii (ryc. 3b).



Ryc. 3. *Aspergillus niger*, a) konidiofor (pow. 400×), b) makroskopowy wygląd kolonii  
(fot. Urszula Grykin)

## Podsumowanie

Działalność ludzka stale rozszerza się, tworząc nowe habitaty, w których mogą rozwijać się mikrogrzyby. Grzyby zasiedliły już wszystkie środowiska naturalne. Warunki środowiskowe są różnie odbierane, nawet przez te same gatunki. Z tego powodu skład mikrobioty może różnić się również między ekosystemami o podobnych warunkach, jak np. śnieg czy wieczna zmarzlina. Jednakże w wyżej wymienionych miejscach, obserwuje się występowanie mikroorganizmów należących do tych samych gatunków lub rodzajów, co oznacza, że mają one tendencję do adaptacji w środowiskach ekstremalnych. Największym uwarunkowaniem jest produkcja chlamydospor, czyli grubościennej komórki przetrwalnikującej. Nie wszystkie drożdże i grzyby pleśniowe mają zdolność do ich produkcji, dlatego ważnym mechanizmem są również wytwarzane związki. Węglowodany, poliole i kwasy tłuszczowe skutecznie wzmacniają struktury komórkowe, a wytwarzane metabolity pełnią właściwości ochronne dla strzępek grzybni. Barwniki chronią komórki przed promieniowaniem UV i wysuszeniem – są to czynniki, które nie występują w zamrażarkach. Jednak obecność grzybów w takim środowisku może być spowodowana ich ogólną adaptacją, a wytworzone mechanizmy obronne mogą im w tym pomagać.

Wytwarzanie czynników adaptacyjnych u gatunków, które nie są typowo psychrofilne, może stać się problemem masowym. Bardzo dobre przystosowanie grzybów pleśniowych i drożdży do środowiska psychrofilnego w miejscach antropogenicznie przekształconych stanowi potencjalne zagrożenie dla ludzi. Osoby z upośledzoną odpornością prawdopodobnie będą narażone na alergię, infekcje i choroby wywołane przez szczepy oportunistyczne. Badania własne wykonywano na różnych urządzeniach, jednak warto byłoby w przyszłości zaplanować i przeprowadzić wieloletni monitoring stanu sanitarnego jednej zamrażarki, aby uwzględnić więcej czynników mających wpływ na występowanie mikrogrzybów w tym samym siedlisku.

## Bibliografia

- Biedunkiewicz A., Ejds E., 2011. Icicles as carriers of yeast-like fungi potentially pathogenic to human. *Aerobiologia* 27, 333–337. <https://doi.org/10.1007/s10453-011-9198-y>
- Crowe J.H., Crowe L.M., Chapman D., 1984. Preservation of membranes in anhydro-biotic organisms: the role of trehalose. *Science* 223(4637), 701–703. <http://dx.doi.org/10.1126/science.223.4637.701>
- Eisenman H.C., Casadevall A., 2011. Synthesis and assembly of fungal melanin. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 93, 931940. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3777-2>
- Ejds E., Biedunkiewicz A., Dynowska M., Sucharzewska E., 2014. Snow in the city as a spore bank of potentially pathogenic fungi. *Sci. Total. Environ.* 1, 470–471, 646–50. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.045>
- Gerlach D., 1972. Zarys mikrotechniki botanicznej. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 230–231.
- Grykin U., Kaczorek Z., 2023. Śnieg jako rezerwuak mikrogrzybów. W: Babicz M., Nowakowicz-Dębek B., Gawryluk A., Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska, t. 3. WUP, Lublin, 60–67. <https://doi.org/10.24326/mon.2023.4>
- Kochkina G., Ivanushkina N., Ozerskaya S., Chigineva N., Vasilenko O., Firsov S., Spirina E., Gilichinsky D., 2012. Ancient fungi in Antarctic permafrost environments. *Microbiol. Ecol. FEMS*, 82(2), 501–509. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2012.01442.x>

- Llorente C., Barcena A., Bahima J.V., Saparrat M., Arambarri A.M., Rozas M.F., Mirifico M.V., Balatti P., 2012. *Cladosporium cladosporioides* LPSC 1088 Produces the 1,8-Dihydroxynaphthalene-Melanin-Like Compound and Carries a Putative pks Gene. *Mycopathology* 174(5–6), 397–408. <https://doi.org/10.1007/s11046-012-9558-3>
- Pazgier M., Turkiewicz M., 2003. The unique cold-adapted extracellular subtilase from psychrophilic yeast *Leucosporidium antarcticum*. *J. Mol. Catal. B Enzymatic* 21(1–2), 39–42. [https://doi.org/10.1016/S1381-1177\(02\)00134-0](https://doi.org/10.1016/S1381-1177(02)00134-0)
- Perini L., Mogrovejo D.C., Tomazin R., Gostinčar C., Brill F.H.H., Gunde-Cimerman N., 2019. Phenotypes associated with pathogenicity: their expression in Arctic fungal isolates. *Microorganisms* 7(12), 600. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120600>
- Selbmann L., de Hogg S., Zucconi L., Isola D., Onofri S., 2013. Black Yeasts in Cold Habitats. *Cold-adapted Yeasts* 8, 173–189. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-39681-6\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-39681-6_8)
- Weinstein R.N., Montiel P.O., Johnstone K., 2000. Influence of growth temperature on lipid and soluble carbohydrate synthesis by fungi isolated from fellfield soil in the maritime Antarctic. *Mycologia* 92(2), 222–229. <https://doi.org/10.2307/3761554>
- Zalar, P., Gostinčar, C., Hoog, G.S., Uršič, V., Sudhadham, M., & Gunde-Cimerman, N., 2008. Redefinition of *Aureobasidium pullulans* and its varieties. *Stud. Mycol.* 61, 21–38, <https://doi.org/10.3114/sim.2008.61.02>

## **CRISPR/Cas9: rewolucyjna metoda w modyfikacji genomu zwierzęcego i przywracaniu życia wymarłych gatunków**

CRISPR/Cas9: a revolutionary method in modifying the animal genome and restoring life to extinct species

### **Wstęp**

Nowoczesną metodą wprowadzania specyficznych zmian w genomie jest technologia CRISPR/Cas9, za której odkrycie Emmanuelle Charpentier i Jennifer Doudna otrzymały w 2020 r. Nagrodę Nobla. Metoda ta opiera się na technice, jaką stosują bakterie w obronie przed wirusami. Prostota i skuteczność systemu CRISPR/Cas9 wpłynęła na rozwój inżynierii genetycznej i pozwoliła na edytowanie genomu wielu komórek i organizmów.

Metoda CRISPR/Cas9 zrewolucjonizowała tworzenie zwierząt transgenicznych, które posiadają w swoim genomie obce DNA, czyli DNA pochodzące z innego organizmu. Wyłączenie określonego genu pozwala ustalić, w jakim procesie zachodzącym w komórce biorą udział produkty wytworzone na bazie danego genu. W wielu badaniach nad chorobami zwierzęta zastępują ludzi, na których eksperymenty są niedozwolone. Ponadto opisywana metoda poprzez tworzenie modeli zwierzęcych jest obiecującą alternatywą w leczeniu chorób człowieka, takich jak dystrofia mięśniowa Duchenne'a, choroba Leśniowskiego-Crohna, wirus HIV oraz nowotwory [Redman i in. 2016]. Edycję genomu wykorzystano również w celu poprawy cech produkcyjnych zwierząt, tj. tempa wzrostu, produkcji mięsa o walorach dietetycznych oraz odporności na choroby. Kontrowersyjne jest natomiast wykorzystanie techniki CRISPR w trwających eksperymentach nad przywróceniem wymarłego gatunku mamuta przez połączenie DNA słonia afrykańskiego z DNA mamuta [Rutkowske i in. 2022].

Zważywszy na tempo rozwoju i niezwykle postępy w badaniach nad CRISPR, można przypuszczać, że w niedalekiej przyszłości technologia ta pozwoli na edycję genomów zwierząt w celu produkcji narządów transplantacyjnych, leczenie chorób genetycznych poprzez wycinanie błędnych genów, genetyczne przekształcanie całych populacji w celu zapobiegania rozprzestrzenianiu się chorób oraz przywracanie wymarłych gatunków do życia [Shrock i Güell 2017]. Liczne doniesienia naukowe opisują zastosowanie systemu CRISPR do rozwoju nowych cech w uprawach roślin, poprawy jakości i wydajności plonów oraz zwiększania tolerancji na stres biotyczny i abiotyczny [Harwood i in. 2017].

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Chorób Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia



Celem pracy była dogłębna analiza mechanizmu działania CRISPR/Cas9 oraz wyjaśnienie jego zastosowań w manipulacji genetycznej zarówno u zwierząt, jak i roślin, a także odniesienie się do aspektów etycznych związanych z wprowadzaniem tej rewolucyjnej technologii.

Istotne jest zrozumienie, w jaki dokładnie sposób CRISPR/Cas9 interweniuje w genomie, jakie możliwości oferuje w sferze inżynierii genetycznej, w tym również przy tworzeniu modeli zwierzęcych i roślinnych o specyficznych cechach fenotypowych. Jednocześnie podejmowana jest dyskusja nad moralnymi dylematami związanymi z manipulacją genetyczną i kwestiami takimi jak bezpieczeństwo, sprawiedliwość społeczna oraz konsekwencje dla środowiska naturalnego.

### Czym jest CRISPR?

CRISPR (ang. *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*) oznacza „zgrupowane, regularnie rozmieszczone krótkie sekwencje palindromowe”. CRISPR znajduje się w naturalnym składzie w genomie bakteryjnym jako system obrony organizmów prokariotycznych. W CRISPR wyróżniamy powtarzalne sekwencje nukleotydów oraz znajdujące się między nimi sekwencje zmienne – przerywniki zw. z ang. *spacers*. W przypadku bakterii sekwencje zmienne są pobierane od wirusów, które wcześniej zatakowały bakterię. Służą one jako bank pamięci, który umożliwia bakteriom rozpoznawanie wirusów i odpieranie przyszłych ataków [Khliidj 2023]. Zjawisko to zostało potwierdzone eksperymentalnie, a następnie opisane w artykule opublikowanym w 2007 r. w czasopiśmie „Science” przez Rodolphe’a Barrangou i zespół naukowców z Danisco, firmy produkującej składniki żywności. Naukowcy obserwowali, jak bakterie *Streptococcus thermophilus*, powszechnie używane w jogurtach jako kultury starterowe, zachowywały się po ataku wirusa. Badania potwierdziły, że po ataku wirusa do regionu CRISPR bakterii zostały wprowadzone sekwencje zmienne. Sekwencje te były identyczne z częściami genomu wirusa. Naukowcy postanowili manipulować sekwencjami zmiennymi, usuwając je lub wstawiając nowe sekwencje wirusowego DNA, by sprawdzić, czy zabieg ten przyczyni się do zmiany odporności bakterii na wirusy. Potwierdzili swoją hipotezę, gdyż w ten sposób byli w stanie zwiększyć odporność bakterii na atak konkretnego wirusa. W ten sposób udowodniono, że CRISPR odgrywa ważną rolę w regulowaniu odporności bakterii [Barrangou i in. 2007].

Umiejętność wycinania elementu materiału genetycznego wirusa i jego wbudowania we własny genom wynika u bakterii z obecności występujących w sąsiedztwie CRISPR genów kodujących białka Cas. Naukowcy zauważyli, że niemal zawsze w pobliżu odcinka CRISPR znajdują się sekwencje kodujące białka Cas, w tym białko Cas9. Aktywność tych białek pozwala na cięcie materiału genetycznego wirusa, stąd wzięło się potoczne określenie CRISPR/Cas9, czyli „genetycznych nożyczek”. Białko Cas9 zawiera crRNA oraz tracrRNA, które są jego nawigatorami i wyznaczają mu miejsce, w którym ma wykonać cięcie. Ponadto zauważono, że bakteria posiada wbudowany mechanizm obronny przed autoatakiem. Enzym Cas9 nie przecina genomu w przypadkowych miejscach. Natomiast elementami, które inicjują cięcie przez Cas9, są krótkie odcinki genomu zw. PAMs. Jeśli Cas9 nie widzi w pobliżu odcinków PAMs, nie przystąpi do cięcia. Mechanizm ten zapobiega poszatkowaniu genomu bakterii przez enzym Cas9 [Tyagi i in. 2021].

Możliwości wykorzystania systemu CRISPR/Cas9 są nieograniczone, gdyż za jego pomocą można nakierować enzym Cas9 na konkretny odcinek genomu, wyciąć go, zastąpić innym, zmodyfikować lub dodać całkiem nowy. Dzięki takim procesom możliwe jest eliminowanie zmutowanych odcinków DNA powodujących choroby genetyczne, ale również ulepszanie wszelkiego rodzaju organizmów – począwszy od pojedynczych komórek, poprzez rośliny i zwierzęta aż po ludzi.

## **Przykłady badań nad genomem przy pomocy CRISPR**

### **Modyfikacje genomu zwierzęcego**

Częstym zwierzęciem doświadczalnym w badaniach biomedycznych jest mysz domowa (*Mus musculus*), gdyż łączy ją z człowiekiem 99% genów [Guenet 2005]. Jednak jako organizm modelowy ma również ograniczenia – w przypadkach wielu chorób ludzkich, np. choroby Huntingtona, Alzheimerera, Parkinsona, u myszy nie występują takie objawy jak u ludzi lub w nietypowy sposób odpowiada na potencjalne metody leczenia. Dlatego też technika CRISPR umożliwia modelowanie choroby u niemal każdego gatunku zwierzęcia, co znacznie poprawia wiarygodność badań.

### **Transplantacja**

Rozwój transplantacji przyniósł bardzo duże możliwości. Zbiegły się one ze znacznym zapotrzebowaniem na narządy konieczne do przeszczepów. W 2017 r. w Stanach Zjednoczonych odnotowano 124 000 pacjentów oczekujących na przeszczep, przy czym co 10 min do listy oczekujących była dodawana kolejna osoba. Natomiast codziennie średnio 22 osoby umierały, oczekując na możliwość przeszczepu [Doudna i Sternberg 2017].

Badania przeprowadzone przez Yanga i in. polegające na eliminacji wszystkich kopii genu PERV pol u świń oraz osiągnięciu 1000-krotnej redukcji zakażenia ludzkich komórek wywołały duże zainteresowanie ze względu na swoją skuteczność. Otrzymane wyniki sugerują, że świny mogą być potencjalnie doskonałymi kandydatami do produkcji ludzkich narządów do przeszczepów, co może znacznie rozwinąć dziedzinę ksenotransplantacji polegającej na przeszczepieniu tkanki lub narządu pobranego od dawcy zwierzęcia do biorcy człowieka [Yang i in. 2015].

### **Przywracanie wymarłych gatunków**

Zespół badaczy z Harvardu pod kierownictwem George'a Churcha przeprowadził badania mające na celu przywrócenie do życia wymarłego gatunku mamuta włochatego. Naukowcy zsekwencjonowali genom mamuta włochatego, który wymarł 20 000–60 000 lat temu. Przeprowadzone badania pozwoliły na wyczerpującą analizę zmian, które nastąpiły w toku ewolucji, pomiędzy mamutem włochatym a najbardziej spokrewnionym z nim obecnie żyjącym gatunkiem – słoniem [Doudna i Sternberg 2017]. W 2015 r. zespół Churcha, posługując się metodą CRISPR, zastąpił 14 odmian genów słonia wariantami obecnymi w genomie mamuta włochatego. Naukowcy dążą do przekształcenia 1,5 mln liter kodu genetycznego w ten sposób, by otrzymać organizm jak najbardziej podobny genetycznie do mamuta włochatego [Shapiro i Mammoth 2015]. Przedsięwzięcie to ma przyczynić się również do ochrony

środowiska i uregulowania klimatu, gdyż w przeszłości mamut włochaty odgrywał ważną rolę w ograniczaniu emisji metanu do atmosfery. Przywrócone do życia mamuty włochate przyczyniłyby się do stabilizacji zmian klimatycznych [Hout 2021].

### **Badanie chorób genetycznych**

Ze względu na wysoką efektywność i precyzję technologia CRISPR/Cas9 jest powszechnie stosowana w generowaniu modeli zwierzęcych chorób genetycznych. W 2014 r. wykorzystano metodę CRISPR do badania nowotworów u małąp, tworząc modele chorób, takich jak dystrofia mięśniowa i autyzm. Grupa badawcza z Szanghajskiego Instytutu Neuronauki zastosowała połączenie klonowania i CRISPR, aby wytworzyć 325 embriónów małąp posiadających tę samą mutację, która powoduje zakłócenia w rytmie dobowym u ludzi i jest związana z zaburzeniami snu, cukrzycą i nowotworami. Po wszczepieniu tych zmodyfikowanych zarodków do 65 samic macierzystych zespół badaczy uzyskał pięć genetycznie identycznych małąp z omawianym zaburzeniem [Cohen 2019].

Prace naukowe prowadzone przez Lai i in. koncentrowały się głównie na tworzeniu modeli chorób ludzkich w organizmach świńskich oraz ich wykorzystaniu do testowania skuteczności nowych leków. W ramach tych badań zmodyfikowano pewne linie hodowlane świń w taki sposób, aby wykazywały przyspieszone starzenie się lub objawy chorób neurodegeneracyjnych, które odpowiadają patologiom takim jak Alzheimer, Parkinson, stwardnienie boczne zanikowe i choroba Huntingtona [Li i in. 2022].

W badaniu przeprowadzonym przez Liu i in. w 2018 r. CRISPR/Cas zostały wykorzystane do skutecznego opracowania modeli zwierzęcych w postaci królików, które naśladują zespół progerii Hutchinsona-Gilforda (HGPS) występujący u ludzi. HGPS jest rzadką chorobą genetyczną, która charakteryzuje się przedwczesnym i szybkim procesem starzenia się u noworodków [Pollex i Hegele 2004].

Innymi przykładami wykorzystania technologii CRISPR/Cas9 są: królik naśladujący poważną chorobę niewydolności serca (XLCM) wynikającą z osłabienia mięśnia sercowego, która uniemożliwia skuteczne pompowanie krwi [Towbin i Bowles 2002], model świni do badania ludzkiego zespołu makrostomii typu ablepharon (AMS) i albinizmu oczno-skórnego typu 1 [Zhang 2020].

### **Leczenie nowotworów**

Nowotwory często mają swoje źródło w mutacjach DNA, dlatego też prowadzone są badania poszukujące sposobów korygowania tych zmian genetycznych. Pomimo postępów technologicznych w dziedzinie edycji i regulacji genów nie uzyskiwano zadowalających rezultatów. Dopiero pojawienie się koncepcji CRISPR w 2013 r. dało pewne możliwości zahamowania tego procesu. Innowacyjny system szybko zdominował badania nad nowotworami, przynosząc rewolucję w wielu obszarach onkologii, w modelowaniu i badaniach przesiewowych nowotworów, a także w terapii immunologicznej i leczeniu. Wielu badaczy twierdzi zgodnie, że metoda CRISPR zrewolucjonizowała podejście do walki z rakiem [Mimouni i in. 2022].

### **Poprawa cech zwierząt hodowlanych**

Dzięki nowym możliwościom precyzyjnej edycji genów badacze dokonali modyfikacji genetycznych u krów, świń, owiec oraz kóz. W wyniku tych zmian zwierzęta zyskały znaczną masę mięśniową w porównaniu z osobnikami niepoddanymi modyfikacji.

Ten efekt został osiągnięty poprzez edycję genu znanego jako myostatin, który reguluje produkcję tkanki mięśniowej przez organizm. Naukowcy badają, czy pobudzanie wzrostu mięśni poprzez inaktywację genu myostatin może być alternatywą do leczenia dystrofii mięśniowej objawiającej się zanikiem mięśni [Doudna i Sternberg 2017].

Geny zwierząt poddawane są edycji w celu wyhodowania osobników odporniejszych na choroby. Jednym z głównych wyzwań związanych z przemysłową hodowlą świń jest obecność wirusa zespołu rozrodczo-oddechowego świń (PRRSV). Infekcja powoduje roczne straty finansowe dla producentów wieprzowiny w USA, przekraczające 500 milionów dolarów. U chorych zwierząt dominują objawy oddechowe, przejawiające się trudnościami w oddychaniu, a także objawy rozrodcze z częstymi przypadkami poronień oraz narodzinami zmutyfikowanych prosiąt [Valdes-Donoso i in. 2018]. Zespół naukowców z Uniwersytetu Missouri stworzył świnię odporne na tę chorobę poprzez inaktywację genu CD163, który umożliwiał wirusowi przejmowanie kontroli nad komórkami świń [Whitworth i in. 2014].

### **Modyfikacje genomu roślinnego**

Zastosowanie technologii CRISPR umożliwia również modyfikowania genomu roślin, co pozwala na uzyskiwanie nowych cech, takich jak wzmoczona odporność na pleśń, szkodniki, suszę. Ponadto metoda ta umożliwia poprawę jakości oraz wydajności plonu.

Mączniak zbożowy jest to szkodliwy dla zbóż grzyb, który od dekad atakuje uprawy rolników w całej Europie. W 2014 r. naukowcy z Chińskiej Akademii Nauk rozwiązali długotrwały problem dotyczący upraw pszenicy. Przy wykorzystaniu technologii CRISPR dokonali modyfikacji sześciu kopii genu mlo w pszenicy zwyczajnej, która jest jednym z najważniejszych gatunków roślin uprawnych. Badacze otrzymali satysfakcjonujący wynik, uzyskując odporne na mączniaka rośliny [Wang i in. 2014]. Wynalezienie metody CRISPR wykorzystano również do zmodyfikowania genów ryżu przeciwko chorobom bakteryjnym oraz nadania kukurydzy, soi i ziemniakom odporności na herbicydy. Dzięki tej technologii uzyskano grzyby, które nie brązowieją i nie psują się zbyt wcześnie [Doudna i Sternberg 2017].

Kolejny przykład wykorzystania CRISPR stanowią ziemniaki, trzecia z najważniejszych na świecie roślin uprawnych. Długotrwałe przetrzymywanie ziemniaków może wpływać na to, że stają się słodsze. Z kolei proces obróbki termicznej przekształca cukry obecne w ziemniakach w akrylamid, który jest neurotoksyną. Szacuje się, że zakłady przetwarzające ziemniaki z tego powodu szacują rocznie 15% ubytku w surowcu. Naukowcy z firmy Calyxt dzięki CRISPR unieczynnili pojedynczy gen odpowiedzialny za wytwarzanie cukrów w ziemniakach, czego skutkiem był spadek poziomu akrylamidu o 70% oraz wyeliminowanie problemu ich brązowienia [Martínez-Prada i in. 2022].

### **Modyfikacje genomu ludzkiego**

Idea modyfikacji genomu zrewolucjonizowała współczesną erę badań terapeutycznych. Badania nad modyfikacją genomu przeszły długą drogę od modyfikacji genów w komórkach pierwotnych do modyfikacji genetycznych u zwierząt. Pierwotnym zamysłem modyfikacji genetycznych było wyeliminowanie wyniszczających organizm chorób genetycznych jeszcze w puli genetycznej embrionu. Jednak istnieje ogromne ryzyko, że

CRISPR może zostać wykorzystany do tworzenia tzw. zaprojektowanych dzieci. Szerokie zastosowanie metody CRISPR, oprócz modyfikacji genetycznych mających na celu eliminowanie chorób, umożliwia również kontrolę nad fenotypem osobników. Możliwy staje się wybór koloru oczu, skóry, ilorazu inteligencji czy budowy ciała. Wielu naukowców obawia się nadmiernego wykorzystania możliwości, jakie oferuje metoda CRISPR. Obecnie trwają dyskusje na temat regulacji prawnej stosowania tej metody. Aktualnie w większości krajów zakazano bezpodstawnego ingerowania w fenotyp ludzki, natomiast w Chinach ta praktyka jest legalna, ale budzi wiele zastrzeżeń pod względem etycznym i moralnym. W kwietniu 2018 r. chiński naukowiec He Jiankui ogłosił, że stworzył pierwsze na świecie zaprojektowane za pomocą CRISPR dzieci – bliźniaczki. Zmienił gen w zarodkach, dający dzieciom odporność na zakażenie wirusem HIV, zanim zostały wszczepione do macicy matki. Wykorzystał on CRISPR/Cas9, aby celowo wyłączyć gen, znany jako CCR5, który jest wykorzystywany do produkcji białka potrzebnego wirusowi HIV do wnikięcia do komórek gospodarza. Według He Jiankui eksperyment zakończył się sukcesem, nie wpłynął on negatywnie na inne geny dziewczynek. Badania nie zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych. Wielu specjalistów na świecie uważa badania chińskiego naukowca za nieetyczne i moralnie niedopuszczalne. Naukowiec za bezprawną ingerencję w ludzkie zarodki został ukarany więzieniem.

Modyfikacja zarodków ludzkich jest uważana za niedopuszczalną i nieetyczną przez ogół społeczeństwa na świecie. Natomiast badania nad terapiami genowymi u narodzonych już dzieci i osób dorosłych w celu zwalczania lub złagodzenia objawów chorób nie budzi już takich kontrowersji. Na świecie żyje 37,7 mln osób z HIV/AIDS, a rocznie umiera na AIDS ponad 600 tys. ludzi. Pomimo wielu postępów medycyny na przestrzeni lat nadal nie jest ona w stanie unieszkodliwić wirusa HIV i znaleźć skutecznego leku na zespół nabytego niedoboru odporności. Na całym świecie naukowcy prowadzą badania nad sposobem, który pozwoli na pozbycie się wirusa z organizmu zakażonych ludzi. Duże nadzieje w tym zakresie badań daje zastosowanie metody CRISPR/Cas9 jako narzędzia do edycji genów HIV. W 2013 r. zostały opublikowane pierwsze doniesienia o użyciu tej metody w leczeniu wirusa HIV. Opracowano metodę uniemożliwiającą ekspresję genów wirusa, zarówno aktywnego transkrypcyjnie, jak i latentnego. W przeprowadzonych badaniach udało się również usunąć z genomu gospodarza wewnętrzne geny wirusowe. W 2016 r. naukowiec Kamel Khalili z Temple University przedstawił wyniki, według których przy pomocy systemu CRISPR/Cas9 można wyciąć DNA HIV z zainfekowanych komórek przy użyciu próbek krwi pacjentów oraz transgenicznych myszy. Uzyskane wyniki są ważną alternatywą w terapii choroby, ponieważ klasyczne leczenie antyretrowirusowe (HAART) nie jest w stanie usunąć wirusa z zainfekowanych komórek. Połączenie terapii CRISPR/Cas9 z HAART daje dużo większe możliwości terapeutyczne i zwiększa szansę na przezwyciężenie wirusa. Badania nadal trwają i istnieją obawy, że metoda CRISPR/Cas9 mogłaby okazać się również nieskuteczna ze względu na zdolność wirusa HIV do bardzo szybkiej mutacji, którym sprzyjają także mechanizmy naprawcze. Powoduje to, że endonukleaza Cas9 nie może przyłączyć się do docelowego DNA. Obecnie prowadzone są badania w celu ulepszenia metody CRISPR/Cas9, aby możliwe było wyeliminowanie wirusa HIV na stałe, a tym samym pomoc w leczeniu milionów osób na całym świecie [Witkowska i in. 2017].

Oprócz badań nad użyciem metody CRISPR/Cas9 do walki z wirusem HIV prowadzone są również badania nad wykorzystaniem tej techniki do leczenia chorób

genetycznych takich jak: dystrofia mięśniowa Duchenne'a, wirusowe zapalenie wątroby typu B i C, choroby związane z wirusem Epsteina-Barr (EBV), wirusem opryszczki ludzkiej, mukowiscydoza, a także choroby zależne od transfuzji  $\beta$ -talasemia i niedokrwistość sierpowatokrwinkowa [Frangoul i in. 2021].

## Podsumowanie

Należy stwierdzić, że w świetle postępującej technologii CRISPR, umożliwiającej precyzyjne modyfikacje genomów u różnych gatunków, wydaje się nieuchronne, że również ludzie mogą niedługo znaleźć się na długiej liście istot o zrekonstruowanych genomach. Dlatego też naukowcy zadają sobie pytania, czy w wyniku odkrycia CRISPR edycja genów nie stała się zbyt łatwa oraz, czy istnieje ryzyko niewłaściwego zastosowania lub nadużywania technologii CRISPR, zwłaszcza w kontekście manipulacji ludzkim genomem.

Naukowcy na całym świecie pracują nad sposobem pokonania wielu ciężkich i śmiertelnych chorób za pomocą terapii genowej. Taki sposób ingerencji powoduje, że geny zostają zmienione u osoby, która poddała się terapii i wraz z nią umierają. Natomiast kwestią budzącą najwięcej kontrowersji jest wykorzystanie CRISPR/Cas9 do edycji kodu genomu plemnika, komórki jajowej czy zarodka nazywanej edycją genu linii zarodkowej. Taki eksperyment budzi wiele sprzeciwów natury etycznej i moralnej.

W 2015 r. ukazał się artykuł pt. „A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification” autorstwa Jennifer A. Doudny – wynalazczynie metody CRISPR. W artykule objaśniono technologię procesu i wyrażono zaniepokojenie jej rozwojem oraz szerokim wykorzystaniem. Badaczka zaapelowała, by na ten moment powstrzymano się przed wprowadzaniem do genomu człowieka dziedzicznych zmian do czasu, kiedy rządy całego świata uregulują prawnie tę kwestię, ponieważ nie można przewidzieć długotrwałych skutków tego typu działań [Baltimore i in. 2015].

Historia CRISPR, która dopiero się rozpoczyna, ukazuje nam, że rewolucyjne odkrycia rodzą się w nieoczekiwanych momentach i miejscach, oraz że każda odsłonięta przez naukowców tajemnica natury zamyka jeden eksperyment, otwierając jednocześnie drzwi do wielu innych.

## Bibliografia

- Baltimore D., Berg P., Botchan M., Carroll D., Charo R.A., Church G., Yamamoto K.R., 2015. A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification. *Science* 348(6230), 36–38. <https://doi.org/10.1126%2Fscience.aab1028>
- Barrangou R., Fremaux C., Deveau H., Richards M., Boyaval P., Moineau S., Horvath P., 2007. CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes. *Science* 315(5819), 1709–1712. <https://doi.org/10.1126/science.1138140>
- Cohen J., 2019. The CRISPR animal kingdom. *Science* 365(6452), 426–429. <https://doi.org/10.1126/science.365.6452.426>
- Doudna J.A., Sternberg S.H., 2017. *A crack in creation: The new power to control*. Bodley Head, London.
- Frangoul H., Ho T.W., Corbacioglu S., 2021. CRISPR-Cas9 gene editing for sickle cell disease and  $\beta$ -Thalassemia. *N. Engl. J. Med.* 384(3), 252–260. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2031054>
- Guénet J.L., 2005. The mouse genome. *Genome Res.* 15(12), 1729–1740. <https://doi.org/10.1101/gr.3728305>

- Khlij Y., 2023. What did CRISPR-Cas9 accomplish in its first 10 years? *Biochem Med.* 33(3), 283–294. <https://doi.org/10.11613/bm.2023.030601>
- Li C., Li J., Lai L., Li S., Yan S., 2022. Genetically engineered pig models of neurological diseases. *Ageing. Neur. Dis.* 2(3), 13. <https://doi.org/10.20517/and.2022.13>
- Martínez-Prada M. del M., Curtin S.J., Gutiérrez-González J.J., 2021. Potato improvement through genetic engineering. *GM Crops Food* 12(1), 479–496. <https://doi.org/10.1080/21645698.2021.1993688>
- Mimoune N., Bahouh M.W., Baazizi R., Boukhechem S., Khelef D., Kaidi R., 2022. CRISPR/Cas9 and cancer. *Vet. Stn.* 53(2), 127–139. <https://doi.org/10.46419/vs.53.2.4>
- Ming S., Tian-Rui X., Ce-Shi C., 2016. The big bang of genome editing technology: development and application of the CRISPR/Cas9 system in disease animal models. *Zoolog. Res.* 37(4), 191–204. <https://doi.org/10.13918/j.issn.2095-8137.2016.4.191>
- Pollex R.L., Hegele R.A., 2004. Hutchinson-Gilford progeria syndrome. *Clin Genet.* 66(5), 375–381. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0004.2004.00315.x>
- Redman M., King A., Watson C., King D., 2016. What is CRISPR/Cas9? *Arch Dis. Child Educ. Pract. Ed.* 101(4), 213–215. <https://doi.org/10.1136%2Farchdischild-2016-310459>
- Ricroch A., Clairand P., Harwood W., 2017. Use of CRISPR systems in plant genome editing: toward new opportunities in agriculture. *Emerg. Top. Life Sci.* 1(2), 169–182. <https://doi.org/10.1042/ETLS20170085>
- Rutkowske K.G., Willis J.N., Bierema A.M.-K., 2022. Assessing student conceptions of protein synthesis with a case study in CRISPR and de-extinction. *Am. Biol. Teach.* 84(7), 415–421. <http://dx.doi.org/10.1525/abt.2022.84.7.415>
- Shapiro B., 2015. Mammoth 2.0: will genome engineering resurrect extinct species?. *Genome. Biol.* 16, 228. <https://doi.org/10.1186/s13059-015-0800-4>
- Shrock E., Güell M., 2017. Chapter six – CRISPR in animals and animal models. *Prog. Mol. Biol. Transl.* 152, 95–114. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2017.07.010>
- Towbin J.A., Bowles N.E., 2002. The failing heart. *Nature* 415(6868), 227–233. <https://doi.org/10.1038/415227a>
- Tyagi S., Kumar R., Kumar V., Won S.Y., Shukla P., 2021. Engineering disease resistant plants through CRISPR-Cas9 technology. *GM Crops Food* 12(1), 125–144. <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1831729>
- Valdes-Donoso P., Alvarez J., Jarvis L.S., Morrison R.B., Perez A.M., 2018. Production losses from an endemic animal disease: Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) in selected midwest US sow farms. *Front. Vet. Sci.* 5, 102. <https://doi.org/10.3389%2Ffvets.2018.00102>
- Van Hout F., 2021. Our future with CRISPR: a brave new world?. *RAMS.*
- Wang Y., Cheng X., Shan Q., Zhang Y., Liu J., Gao C., Qiu J.L., 2014. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. *Nat. Biotechnol.* 32(9), 947–951. <https://doi.org/10.1038/nbt.2969>
- Whitworth K.M., Lee K., Benne J.A., Beaton B.P., Spate L.D., Murphy S.L., Samuel M.S., Mao J., O’Gorman C., Walters E.M., Murphy C.N., Driver J., Mileham A., McLaren D., Wells K.D., Prather R.S., 2014. Use of the CRISPR/Cas9 system to produce genetically engineered pigs from in vitro-derived oocytes and embryos. *Biol. Reprod.* 91(3), 78, 1–13. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.114.121723>
- Witkowska A., Kierepa A., Kowala-Piaskowska A., Mozer-Lisewska I., 2017. CRISPR/CAS9 jako nowa metoda w walce z HIV – perspektywy i historia rozwoju. *Post. Biol. Komórki* 44(4), 371–380.
- Yang L., Güell M., Niu D., George H., Lesha E., Grishin D., Aach J., Shrock E., Xu W., Poci J., Cortazio R., Wilkinson R.A., Fishman J.A., Church G., 2015. Genome-wide inactivation of porcine endogenous retroviruses (PERVs). *Science* 350(6264), 1101–1014. <https://doi.org/10.1126/science.aad1191>
- Zhang B., 2020. CRISPR/Cas gene therapy. *J. Cell. Physiol.* 236(4), 2459–2481. <https://doi.org/10.1002/jcp.30064>

## Preferencje studentów na rynku mieszkaniowym w Lublinie

Students' preferences on the housing market in Lublin

### Wstęp

Potrzeby ludzkie stanowią podstawowe źródło popytu. Po uporządkowaniu potrzeb pod względem ich ważności oraz pilności zaspokajania stają się one preferencjami konsumentów. Preferencje konsumentów można rozumieć jako „subiektywne oceny lub system ocen, którym kieruje się konsument, dokonując określonego wyboru” [Szymańska 2007]. Stąd w odniesieniu do zarządzania rynkiem nieruchomości kluczowe znaczenie ma identyfikacja czynników mających wpływ na podjęcie decyzji o wynajmie mieszkania. Niezależnie od obiektywnych motywów decydujących o wynajmie lub zakupie mieszkania są to zwykle atrybuty lub cechy opisujące mieszkanie, którymi kierują się potencjalni nabywcy. Jednakże wpływ tych czynników na decyzje o wynajmie lub zakupie mieszkania jest różny u poszczególnych grup nabywców [Trojanek 2009]. Wybory dokonywane przez konsumentów zależą bowiem nie tylko od ich możliwości finansowych, ale także od cech demograficznych, takich jak płeć, wiek czy wykształcenie. Na decyzję mają również wpływ indywidualne preferencje nabywcy, które są odzwierciedleniem jego upodobań oraz cech osobowości [Szymańska 2012].

W dużych ośrodkach akademickich znaczną część populacji miasta stanowią studenci, dlatego ich wymagania co do standardu i wyposażenia mieszkań mają duży wpływ na kształtowanie się rynku nieruchomości [Tallon 2010, Kempa i in. 2015]. Zmiany na rynku nieruchomości wynikające z preferencji studentów określa się mianem studentyfikacji [Murzyn-Kupisz i Szmytkowska 2012, Coulter i in. 2015]. Jest identyfikowana ze wzrostem popytu oraz cen wynajmu mieszkań [Smith i Hubbard 2014]. Jej konsekwencją jest budowa nowych osiedli studenckich oraz remonty mieszkań w celu przystosowywania ich do potrzeb studentów [Sage i in. 2012].

Studenci tworzą specyficzną grupę najemców nieruchomości, ponieważ większość z nich dysponuje niewielkimi środkami na utrzymanie. Decyzja o wynajęciu konkretnego mieszkania z reguły jest kompromisem między ceną wynajmu a oferowanym standardem [Roman i Sawczuk 2017]. Identyfikacja preferencji studentów związanych z wynajmem mieszkania pozwoli wskazać, w jakim kierunku powinien rozwijać się rynek

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiżynierii, kamila-hunek10@wp.pl



nieruchomości w miastach będących dużymi ośrodkami akademickimi. Wybór Lublina jako obszaru badawczego wynikał ze znaczenia miasta na akademickiej mapie Polski, wynikającego z wielowiekowych tradycji szkolnictwa wyższego na tym terenie. W roku akademickim 2022/2023 w Lublinie funkcjonowało dziewięć szkół wyższych, w których studiowało łącznie 65 256 osób. Liczba studentów w przeliczeniu na 10 000 mieszkańców wynosiła 2113. Studenci stanowią znaczącą grupę nabywców w przestrzeni miasta, stąd istotnym wydaje się potrzeba identyfikacji i oceny czynników wpływających na ich decyzje o wyborze mieszkania na lokalnym rynku.

Celem niniejszego opracowania było ustalenie podstawowych czynników, którymi kierowali się studenci podczas wynajmu mieszkania lub pokoju. Uzyskana wiedza może być przydatna ze względu na to, że badani studenci należą do pokolenia „Z”, którego rola będzie rosła wraz z ich wejściem na rynek pracy i wzrostem siły nabywczej.

## **Material i metody**

Na potrzeby realizacji założeń niniejszej pracy opracowano narzędzie badawcze w postaci ankiety, dzięki której uzyskano odpowiedzi na następujące pytania:

- Jaki rodzaj mieszkań najczęściej wynajmowali ankietowani?
- Jakimi czynnikami kierowali się respondenci w procesie podejmowania decyzji o wynajmie mieszkania?

Preferencje mieszkaniowe studentów określono na podstawie wyników ankiety internetowej i dwóch pogłębionych wywiadów fokusowych (metoda jakościowa), które przeprowadzono w grudniu 2023 roku. Dane poddano analizie ilościowej, wykorzystując w jej trakcie statystykę opisową (opis tabelaryczny). Badaniami objęto studentów Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, wynajmujących mieszkanie, pokój lub miejsce w pokoju. Ankiety wypełniło 203 studentów, a 10 z nich (wybranych losowo) wzięło udział w wywiadach fokusowych.

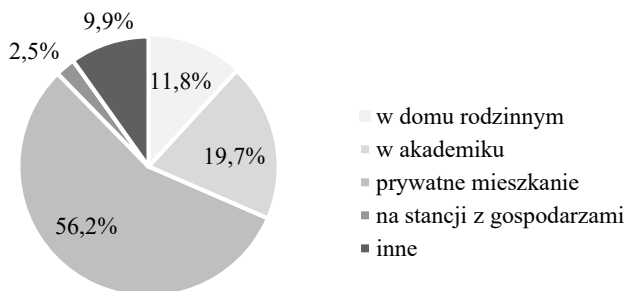
Na podstawie wyników ankiety i wywiadów fokusowych określono: koszty wynajmu (jakie ponoszą lub są skłonni ponosić), preferencje odnośnie do lokalizacji i standardu, a także najbardziej popularny okres wynajmu oraz najbardziej i najmniej korzystną porę roku na poszukiwanie mieszkania.

W ankiecie wzięły udział osoby w wieku od 19 do 34 lat. W badanej populacji zdecydowaną większość stanowiły kobiety (81,8%). Najliczniej reprezentowaną grupą byli studenci studiów licencjackich i inżynierskich (85,4%) oraz magisterskich (11,7%), a doktoranci stanowili jedynie 2,9% ankietowanych. Wśród studentów studiów licencjackich i inżynierskich najliczniejszą grupę stanowili studenci pierwszego roku studiów (42,7%), mniej liczną – studenci trzeciego i drugiego roku (odpowiednio 21,3 i 13,0%), a najmniej liczną grupą byli studenci piątego roku (0,8%).

## **Wyniki i dyskusja**

W pierwszej kolejności analizom poddano rodzaj mieszkań wynajmowanych przez ankietowanych. Przeprowadzone badania wykazały, że respondenci najczęściej wynajmowali prywatne mieszkanie (sami bądź wspólnie z innymi studentami). Ten rodzaj najmu wybrała ponad połowa ankietowanych (56,2%). Co piąty ankietowany wynajmował

pokój w akademiku (19,7%), natomiast co ósmy mieszkał w domu rodzinnym (11,8%). Tylko nieliczni studenci (2,5%) mieszkali na stacji razem z gospodarzami (ryc. 1).



Ryc. 1. Aktualny status zamieszkania studentów

Badania wykazały, że studenci wynajmowali głównie mieszkania 1–3-pokojowe. Co trzeci ankietowany wynajmował mieszkanie jednopokojowe (32,3%), natomiast co czwarty 2- i 3- pokojowe (odpowiednio 23,1 i 26,2%). Mieszkania 4-pokojowe wynajmowało zaledwie 6,2% ankietowanych, a 5-pokojowe 7,7%. Uzyskane wyniki są podobne do badań Ołowniuk [2016], z których wynika, że aż 85% studentów wynajmowało mieszkania 2- i 3-pokojowe.

Mieszkanie samodzielnie wynajmował prawie co piąty ankietowany (18,5%), co szósty (16,9%) dzielił je z jednym współlokatorem, a co trzeci ankietowany (32,2%) dzielił mieszkanie z dwoma współlokatorami. Również z badania Murzyn-Kupisz i Szmytkowskiej [2015] wynika, że model wynajmu mieszkania w dwie lub trzy osoby jest najbardziej popularny wśród studentów. Mieszkanie z trzema współlokatorami dzieli co piąty ankietowany (20%), natomiast mieszkanie z czworgiem współlokatorów dzieli 7,7% respondentów. Najmniej popularne są mieszkania wieloosobowe. Jedynie 3,1% ankietowanych wynajmuje mieszkanie z pięcioma współlokatorami, a 1,5% dzieli je z sześcioma innymi osobami. Zdecydowaną większość mieszkań wieloosobowych stanowią mieszkania wynajmowane wyłącznie przez studentów (75,0%).

W wynajmowanym pokoju mieszkała samodzielnie ponad połowa ankietowanych (66,2%). Mieszkanie z jednym współlokatorem dzieliło 9,2% ankietowanych, z dwoma – 16,9%, a z trzema – 7,7%. Jak wskazują ustalenia innych autorów, duża popularność wynajmowania pokoju samodzielnie może wynikać z chęci zapewnienia sobie prywatności, swobody i komfortowych warunków do nauki/życia [Raport Gumtree.pl 2018].

Zgodnie z art. 2 ust. 1 pkt 7 ustawy z dnia 21 czerwca 2001 r. o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego, jednym ze wskaźników świadczących o warunkach mieszkaniowych jest przeciętna powierzchnia użytkowa mieszkania przypadająca na jedną osobę. Z przeprowadzonych badań wynika, że prawie połowa respondentów (46,2%) miała do dyspozycji mniej niż 16 m<sup>2</sup> na jedną osobę, 27,7% dysponowało powierzchnią 16–20 m<sup>2</sup>, a 16,9% miała do dyspozycji 21–30 m<sup>2</sup>.

Tylko 6,2% ankietowanych dysponowało powierzchnią 31–40 m<sup>2</sup>, a zaledwie 3,1% większą niż 40 m<sup>2</sup>. Badania wykazały, że ponad 86% respondentów mieszka poniżej przyjętego dla Lublina standardu mieszkaniowego, wynoszącego 27,4 m<sup>2</sup> na jedną osobę.

W kolejnym etapie badań analizom poddano czynniki wpływające na podjęcie przez ankietowanych studentów decyzji o wynajmie mieszkania na terenie Lublina. Czynniki podzielono na trzy grupy:

- finansowe – wpływające na wysokość kosztów utrzymania studenta,
- lokalizacyjne – ze względu na sąsiedztwo różnych obiektów lub usług,
- dodatkowe kryteria – związane ze standardem i wyposażeniem mieszkania.

Zdaniem respondentów w podejmowaniu decyzji o wynajmie mieszkania istotna była wysokość czynszu (cena wynajmu). Cechę tę za najważniejszą uznało aż 99,5% ankietowanych. Ważnym kryterium wynajmu mieszkania była także liczba pokoi (70,9% wskazań), dobra lokalizacja (64,5% wskazań) oraz wygląd budynku (49,3% wskazań). Najmniej istotnym kryterium okazała się kaucja za wynajem (38,2%) oraz piętro, na którym znajduje się mieszkanie (13,7%).

Cena wynajmu pokoju zależała od ogólnej liczby pokoi w mieszkaniu. Za wynajem mieszkania 1-pokojowego (kawalerki) ankietowani płacili miesięcznie od 310 zł do ponad 1000 zł, 2-pokojowego od 350 zł do 1000 zł, 3-pokojowego od 400 zł do 700 zł. Ceny wynajmu były uzależnione od standardu i wyposażenia mieszkań oraz ich odległości od budynków uczelni.

Prawie połowa ankietowanych (46,2%) zadeklarowała, że miesięczna wysokość czynszu za wynajem pokoju lub mieszkania nie przekraczała 500 zł, 36,9% podała, że miesięczne koszty najmu kształtują się w granicy od 500 zł do 700 zł, natomiast 16,9% respondentów płaciło miesięcznie za wynajem 700–1000 zł. Z badań przeprowadzonych przez Digital Economy Lab na Uniwersytecie Warszawskim wynika, że w Polsce 34,8% studentów płaci za wynajem lokum mniej niż 500 zł miesięcznie [Raport Gumtree.pl 2018].

Udział kosztów wynajmu mieszkania lub pokoju w ogólnej kwocie, jaką miesięcznie dysponowali studenci, kształtował się w granicach od 0 do 80% budżetu. Żadnych opłat za wynajem nie ponosi 11,8% ankietowanych, którzy mieszkają w domu rodzinnym. Natomiast 10–20% dochodu przeznaczają na opłatę mieszkania tylko 1,5% ankietowanych, 20–30% dochodu – 4,1% ankietowanych, z kolei 31–40% swojego dochodu na opłatę mieszkania przeznaczają co piąty ankietowany (18,4%), a 40–50% dochodu co trzeci ankietowany (29,1%). Koszty mieszkania pochłaniały ponad połowę miesięcznego dochodu 35% respondentom, w tym 23,5% ankietowanym – 51–60% dochodów, 10% ankietowanych – 61–70% dochodu, a jedynie 1,5% – 71–80% dochodów.

Prawie połowa ankietowanych (45,3%) uważa, że ceny wynajmu mieszkań w Lublinie wzrosły, w porównaniu z rokiem ubiegłym, natomiast 42,9% badanych nie ma zdania na ten temat. Co ósmy ankietowany (11,3%) jest zdania, że ceny wynajmu mieszkań są niższe. Z badań Gawin [2017] udostępnionych przez serwis Bankier.pl wynika, że ceny wynajmu mieszkań w Lublinie nieznacznie wzrosły w porównaniu z rokiem ubiegłym.

Spośród czynników o charakterze kosztowym związanych z wynajmem respondenci za priorytetowe lub istotne uznali: cenę wynajmu (odpowiednio 99,5% i 46,8%), dostępność komunikacyjną (odpowiednio 49,7% i 46,8%), wysokość opłat za media (39,9% i 50,2%) oraz dostęp do Internetu (odpowiednio 32,0% i 42,4%). Badania innych autorów [Szymtkowska 2008, Jażdżewska 2010, Murzyn-Kupisz i Szymtkowska 2015, Grabkowska i Frankowski 2016] potwierdzają, że cena wynajmu oraz dobry dostęp do transportu publicznego uznano za najważniejsze kryteria przy wynajmie mieszkania. Również badania Kinton i in. [2018] potwierdziły, że dostęp do Internetu jest ważnym

czynnikiem brany pod uwagę przez studentów podczas poszukiwania lokum. Ponadto ponad połowa ankietowanych studentów z Lublina (53,7%) za istotne kryterium wynajmu uznała koszty drobnych napraw (tab. 1).

Tabela 1. Kryteria wyboru wynajmu mieszkania ze względu na ponoszone koszty (% odpowiedzi ankietowanych)

Kryterium wyboru	Znaczenie				
	nieistotne	małe	średnie	istotne	priorytetowe
Cena wynajmu	0,0%	0,5%	3,0%	46,8%	49,7%
Wysokość kaucji	3,4%	12,8%	38,4%	33,5%	11,8%
Wysokość opłat za media	0,5%	1,5%	7,9%	50,2%	39,9%
Koszty drobnych napraw (np. ciekąca spłuczka)	0,5%	3,0%	14,8%	53,7%	28,1%
Ilość współlokatorów w mieszkaniu	2,0%	6,4%	25,1%	46,3%	20,2%
Dostęp do Internetu	4,4%	4,9%	16,3%	42,4%	32,0%
Dostępność komunikacyjna	0,0%	2,0%	8,9%	45,3%	43,8%

Tabela 2. Znaczenie sąsiedztwa różnych obiektów lub usług w wyborze wynajmowanego mieszkania (% wskazań)

Sąsiedztwo	Znaczenie				
	nieistotne	małe	średnie	istotne	priorytetowe
Uczelni	0,5%	2,5%	20,2%	53,7%	23,2%
Centrum miasta	4,9%	20,7%	38,9%	33,0%	2,5%
Centrum handlowego	17,7%	32,5%	41,4%	8,4%	0,0%
Placu zabaw	58,1%	25,1%	11,3%	4,9%	0,5%
Parku	7,9%	22,7%	38,9%	22,2%	7,9%
Sklepu spożywczego	0,0%	0,0%	11,3%	49,3%	39,4%
Kawiarni/pubu	12,3%	28,1%	38,9%	17,2%	3,4%
Usług (np. fryzjer)	25,6%	42,4%	24,1%	6,9%	1,0%

Lokalizacja w sąsiedztwie sklepu spożywczego była priorytetowa dla 39,4% ankietowanych, a istotna dla 49,3% (tab. 2). Natomiast bliskość uczelni była priorytetowa dla 23,2% ankietowanych, a istotna dla 53,7%. Potwierdzają to badania Murzyn-Kupisz i Szmytkowska [2015], z których wynika, że co piąty student z Gdańska wynajmuje mieszkanie w pobliżu uczelni. Z kolei odległość do centrum miasta była priorytetowa lub istotna dla odpowiednio 49,3 i 33,0% respondentów. Natomiast odległość do centrum handlowego była ważna tylko dla 8,4% ankietowanych, a dla 41,4% miała średnie znaczenie. Sąsiedztwo parku w miejscu zamieszkania doceniał co piąty ankietowany (22,2%). Za najmniej istotne kryterium wyboru wynajmowanego mieszkania ankietowani uznali sąsiedztwo usług (6,9%) oraz placu zabaw (4,9% wskazań). Powodem nieprzykładania wagi do otoczenia miejsca zamieszkania jest przede wszystkim tymczasowego

charakteru studenckich gospodarstw domowych, ponieważ studenci spędzają w nich od sześciu do dziewięciu miesięcy w skali roku [Rogaly i Taylor 2015].

Bezpieczeństwo w miejscu zamieszkania było priorytetowe aż dla 47,2% ankietowanych, a dla 43,1% – istotne (tab. 3). Czystość mieszkania była priorytetowa dla 39,2% ankietowanych, a istotna dla 49,7%. Znaczenie miał także układ pomieszczeń w mieszkaniu (np. pokoje przechodnie), dla 36,8% ankietowanych była to sprawa priorytetowa, a dla 45,4% istotna. Termoizolacja budynku była istotna aż dla 57,9% respondentów. W podobnym stopniu zwracali oni uwagę na szczelność okien (56,3% wskazań), wyposażenie mieszkania w pralkę (58,6% wskazań). Za mniej ważne respondenci uznawali czas od ostatniego remontu, obecność balkonu czy stopień natężenia oświetlenia naturalnego.

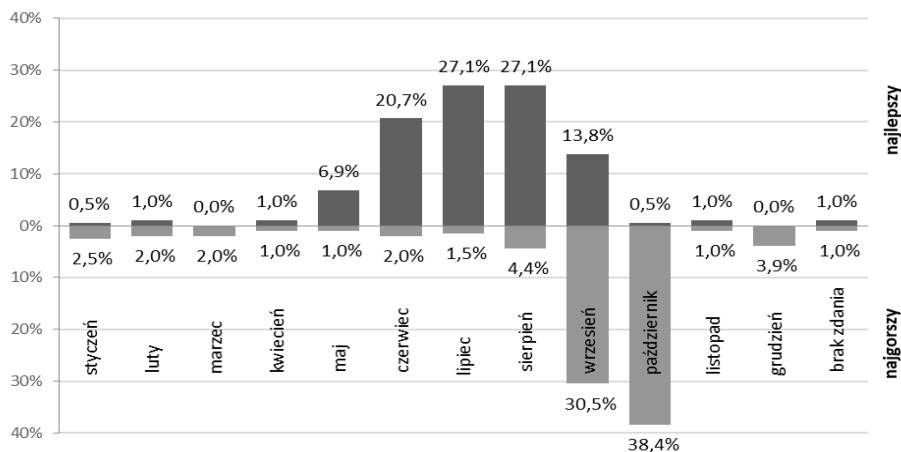
Tabela 3. Dodatkowe kryteria podczas wyboru mieszkania na wynajem (% wskazań)

Kryteria wyboru	Znaczenie		
	średnie	istotne	priorytetowe
Czas od ostatniego remontu	54,7%	40,9%	4,4%
Szczelność okien	10,1%	56,3%	33,6%
Ocieplenie budynku	13,8%	57,9%	28,2%
Jasność mieszkania	38,3%	49,2%	12,4%
Układ pomieszczeń (czy pokoje nie są przechodnie)	17,8%	45,4%	36,8%
Wyposażenie mieszkania w pralkę	20,4%	58,6%	21,0%
Balkonu w mieszkaniu	51,1%	36,7%	12,2%
Bezpieczeństwo	9,7%	43,1%	47,2%
Czystość mieszkania	11,1%	49,7%	39,2%

Prawie połowa ankietowanych (48,8%) uznała, że w 4-piętrowym budynku bez windy najkorzystniejsze do wynajmu mieszkania jest drugie piętro, natomiast co czwarty ankietowany wskazał pierwsze piętro (25,6%), a co piąty – trzecie piętro. Z kolei w 11-piętrowym budynku z windą jako optymalne piętro do wynajmu mieszkania wskazano czwarte i jedenaste piętro (odpowiednio 15,8% i 15,3% odpowiedzi) lub trzecie i piąte (po 12,3% odpowiedzi). Co ciekawe, niezależnie od wysokości budynku, żadna z ankietowanych osób nie wybrała mieszkania ulokowanego na parterze.

Ponad połowa ankietowanych (54,8%) chciałaby wynająć mieszkanie w budynkach powstałych po 2000 r., co piąty ankietowany (21,5%) – w budynkach z lat 1990–2000, natomiast 15,3% ankietowanych wskazało budynki z lat 1970–1990, jedynie 6,4% ankietowanych chciałoby mieszkać w budynkach z lat 50. lub 60. (zwłaszcza zbudowanych z cegły), a zaledwie 2,0% wskazała mieszkanie w budynkach z wielkiej płyty. Należy jednak podkreślić, że ponad połowa ankietowanych wynajmuje mieszkania w budynkach z wielkiej płyty (dzielnice Wieniawa – 31% oraz Rury – 28%). Przestrzenne rozmieszczenie mieszkań wynajmowanych przez badanych studentów jest ściśle związane z ich odległością od budynków Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Najlepszym okresem do poszukiwania mieszkania w opinii ankietowanych są lipiec i sierpień (po 27,1% wskazań). Zbliżona liczba respondentów (20,7%) wskazała na czerwiec (ryc. 2). Za najgorsze miesiące do poszukiwania nowego lokum ankietowani uznali wrzesień (30,5%) oraz październik (38,4%).



Ryc. 2. Najlepszy i najgorszy miesiąc w roku na poszukiwanie mieszkania [oprac. na podst. badań]

Okres trwania umowy najmu wynoszący dziewięć lub dziesięć miesięcy uznano za najlepszy (odpowiednio 21,7% i 18,7% respondentów). Dłuższy okres trwania umowy najmu (12 miesięcy) uznało za korzystny 15,8% respondentów. Natomiast dla 28,1% badanych czas trwania umowy najmu nie ma znaczenia. Z innych badań wynika, że studenci nie przywiązują się do wynajmowanego lokalu, co jest przyczyną dużej rotacji lokatorów [Raport Gumtree.pl 2018].

## Podsumowanie

Badania wykazały, że priorytetowymi czynnikami, które decydują o wynajmie mieszkania przez studentów, są: cena wynajmu (99,5% wskazań), liczba pokoi w mieszkaniu (70,9% wskazań), lokalizacja (64,5% wskazań), bezpieczeństwo (47,2% wskazań) oraz dostępność komunikacyjna (43,8% wskazań). Sąsiedztwo sklepów spożywczych było istotnym kryterium wyboru mieszkania dla 39,4% respondentów, a bliskość zakładów pracy lub uczelni była istotna dla 23,2%. Ponad połowa respondentów (64,1%) na opłatę mieszkania przeznaczają od 40 do 60% swego miesięcznego dochodu.

Studenci wynajmują mieszkania zazwyczaj na okres trwania semestru lub roku akademickiego. Najkorzystniejszym okresem na poszukiwanie wymarzonego mieszkania jest lipiec i sierpień. Studenci najchętniej decydują się na wynajem mieszkania 1-pokojowego, zlokalizowanego w pobliżu przystanków komunikacji miejskiej, sklepów oraz budynków uczelni.

## Bibliografia

- Coulter R., van Ham M., Findlay A.M., 2015. Rethinking residential mobility: Linking lives through time and space. *Prog. Hum. Geog.* 40(3), 352–374. <https://doi.org/10.1177/0309132515575417>
- Gawin M., 2017. Ceny ofertowe wynajmu mieszkań – październik 2017. Raport Bankier.pl. <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Ceny-ofertowe-wynajmu-mieszkan-pazdziernik-2017-Raport-Bankier-pl-7548395.html> [dostęp: 05.09.2024].
- Grabkowska M., Frankowski J., 2016. 'Close to the city centre, close to the university'. Are there symptoms of studentification in Gdańsk, Poland? *Bull. Geogr. Socio-Econom. Ser.* 32, 73–83. <http://dx.doi.org/10.1515/bog-2016-0016>
- Jażdżewska I., 2010. Osiedla blokowe w strukturze przestrzennej miast: XXIII Kierownik Wiedzy o Mieście. Łódź.
- Kempa O., Krajewska M., Palicki S., Rącka I., Wójta-Kempa M., 2015. Students' preferences on the residential real estate market in Polish cities. *Real Estate Manag. Valuat.* 23(1), 90–102. <https://doi.org/10.1515/remav-2015-0009>
- Kinton C., Smith D.P., Harrison J., Culora A., 2018. New frontiers of studentification: The commodification of student housing as a driver of urban change. *Geogr. J.* 184(3), 242–254. <https://doi.org/10.1111/geoj.12263>
- Murzyn-Kupisz M., Szymkowska M., 2012. Procesy studentyfikacji w przestrzeni polskich miast na przykładzie Krakowa i Trójmiasta. W: J. Jakóbczyk-Gryszkiewicz (red.), *Procesy gentryfikacji w mieście. Cz. 1. XXV Konferencja Wiedzy o Mieście*, 57–70.
- Murzyn-Kupisz M., Szymkowska M., 2015. Studentification in the post-socialist context: The case of Cracow and the Tri-City (Gdansk, Gdynia and Sopot). *Geografie* 120(2), 188–209. <https://doi.org/10.37040/geografie2015120020188>
- Ołowniak U., 2016. Jak mieszkają studenci w Warszawie?, <http://www.reas.pl/komentarze/jak-mieszkaja-studenci-w-warszawie> [dostęp: 05.09.2024].
- Raport Gumtree.pl „Flatsharing Millenialsów 2016: jak żyją, jak mieszkają, jak się dogadują” 2018. DeLab UW, [http://www.delab.uw.edu.pl/wpcontent/uploads/2016/09/FLATSHARING\\_MILLENIALSOW\\_RAPORT\\_2016.pdf](http://www.delab.uw.edu.pl/wpcontent/uploads/2016/09/FLATSHARING_MILLENIALSOW_RAPORT_2016.pdf) [dostęp: 05.09.2024].
- Rogaly B., Taylor B., 2015. For the likes of us? Retelling the classed production of a British University campus. *Acme: Int. E-j. Critic. Geogr.* 14(1), 235–259.
- Roman K., Sawczuk D., 2017. Zarządzanie rynkiem nieruchomości a preferencje mieszkaniowe studentów i absolwentów UPH w Siedlcach. *Zesz. Nauk. Uniw. Przyr.-Hum. Siedlcach*, ser. Adm. Zarz. 112, 187–193.
- Sage J., Smith D., Hubbard P., 2012. The diverse geographies of studentification: living alongside people not like us. *Housing Stud.* 27(8), 1057–1078. <https://doi.org/10.1080/02673037.2012.728570>
- Smith D.P., Hubbard P., 2014. The segregation of educated youth and dynamic geographies of studentification. *Area* 46(1), 92–100. <https://doi.org/10.1111/area.12054>
- Szymkowska M., 2008. *Przestrzeń społeczna miasta w okresie transformacji. Przypadek Gdyni*. Warszawa, 210.
- Szymańska A.I., 2007. Metodyczne problemy badań preferencji konsumenckich. *Zesz. Nauk. Akad. Ekon. Krak.* 739, 91–106.
- Szymańska A.I., 2012. Preferencje konsumenckie i ich determinanty. *Zesz. Nauk. Wyż. Szk. Ekon. Infor. Krak.* 8, 67–86.
- Tallon A., 2010. *Housing-led regeneration and gentrification*. W: *Urban regeneration in the UK*. Routledge, 196–221.
- Trojanecki M., 2009. Preferencje nabywców na pierwotnym rynku mieszkaniowym w Poznaniu. *Acta Sci. Pol., Adm. Locorum* 8(1), 5–19.
- Ustawa z dnia 21 czerwca 2001 r. o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego [Dz. U. z 2001 r. Nr 71, poz. 733, z późn. zm.].

Sebastian Jaguszewski<sup>1</sup>, Mateusz Gancarz<sup>1</sup>, Maciej Wilk<sup>1</sup>, Mateusz Ossowski<sup>2</sup>,  
Katarzyna Karpińska<sup>2</sup>, Bożena Nowakowicz-Dębek<sup>2</sup>

## **Drgania mechaniczne w środowisku pracy operatora walca drogowego Dynapac CC122**

Mechanical vibrations in the working environment  
of the Dynapac CC122 road roller operator

### **Wstęp**

W dzisiejszych czasach obserwujemy dynamiczny rozwój sektora budowlanego, będący wynikiem zwiększonej aktywności inwestycyjnej oraz potrzeb infrastrukturalnych. Wzrost liczby projektów budowlanych, zarówno na obszarach miejskich, jak i wiejskich, jest zauważalny zwłaszcza w zakresie infrastruktury komunikacyjnej. Nowe drogi, trasy kolejowe, a także infrastruktura miejska to tylko część projektów realizowanych w odpowiedzi na rosnące obecnie zapotrzebowanie społeczne i gospodarcze. Wraz z rozwojem sektora budowlanego wzrosła potrzeba mechanizacji. Specjalistyczne maszyny budowlane stały się integralną częścią procesu budowlanego, a ich wykorzystywanie sprzyja zwiększeniu wydajności i efektywności wykonywanych prac. Dzięki precyzyjnym systemom sterowania i nowoczesnym technologiom maszyny umożliwiają dokładne i równomierne wykonywanie różnorodnych zadań, co przekłada się na lepszą jakość finalnych produktów budowlanych [Hua i in. 2021].

Jednakże sama obecność na placu budowy ciężkich maszyn nie gwarantuje wykonania danego projektu. Do osiągnięcia sukcesu konieczna jest wyspecjalizowana załoga składająca się z operatorów maszyn posiadających odpowiednie dla danego rodzaju sprzętu uprawnienia oraz umiejętności. W swojej pracy operator oprócz obsługi maszyny, jest odpowiedzialny za jej stan, prowadzenie czynności eksploatacyjnych oraz zgłaszanie nieprawidłowości w jej funkcjonowaniu [Świder 2005]. Operatorzy maszyn są narażeni na różnorodne zagrożenia zawodowe, które mogą wpływać negatywnie na ich zdrowie i bezpieczeństwo. Drgania mechaniczne, ekspozycja na szkodliwe substancje czy ryzyko wypadków to tylko niektóre z zagrożeń, z których obecności pracownicy muszą być świadomi [Hadryś i Hadryś 2018].

Walec drogowy jest kluczową maszyną w budownictwie drogowym i w pracach brukarskich. Służy do zagęszczania i utwardzania podbudowy, nawierzchni dróg oraz terenów budowlanych, co jest niezbędne do zapewnienia stabilności oraz trwałości infrastruktury drogowej, które mają wpływ na bezpieczeństwo użytkowników dróg. Praca przy tej maszynie nieodłącznie jest związana z niebezpieczeństwem, szczególnie

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, mateusz.gancarz.1999@wp.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Zagrożeń Zawodowych i Środowiskowych



w kwestii występowania drgań mechanicznych przenoszonych na operatora [Chen 2014]. Walec drogowy wykorzystuje drgania w procesie zagęszczenia podłoża. Drgania te, będące integralną częścią procesu budowlanego, stanowią jedno z największych zagrożeń dla zdrowia i bezpieczeństwa operatora maszyny [Tyuremnov i in. 2021]. Drgania generowane w trakcie pracy walca drogowego przenoszone są na ciało operatora poprzez elementy konstrukcyjne maszyny: ramę, fotel czy kabinę [Bednarz 2012]. Ekspozycja na drgania mechaniczne może prowadzić do różnorodnych problemów zdrowotnych. Operator walca drogowego, jak każdy pracownik, ma prawo do wykonywania swojej pracy w bezpiecznych warunkach, dlatego konieczne jest podejmowanie przez pracodawcę działań, mających na celu dobranie stosownych dla danego stanowiska środków bezpieczeństwa. Przeprowadzanie pomiarów czynników szkodliwych, w tym drgań mechanicznych oddziałujących na pracownika, jest obowiązkiem pracodawcy. Ich wynik jest pomocny w podejmowaniu decyzji co do zasadności prowadzenia działań korygujących, ale też umożliwia precyzyjne dobranie metod ochrony pracownika przed zagrożeniem [Starry 2006].

Praca w warunkach, gdzie występują drgania, dotyczy szczególnie drgań miejscowych przenoszonych przez kończyny górne. Ten rodzaj narażenia może prowadzić do powstawania zmian patologicznych w organizmie operatora, w tym do rozwoju zespołu wibracyjnego – choroby wibracyjnej. W zależności od charakteru i intensywności narażenia na drgania oraz predyspozycji genetycznych istnieją różne warianty tej choroby. Wśród nich wyróżnia się m.in. postać naczyniowo-nerwową, kostno-stawową oraz postać mieszaną, złożoną z cech obu poprzednich wariantów [Nguyen i in. 2019]. Operator walca drogowego jest narażony na drgania mechaniczne, będące głównym czynnikiem szkodliwym w pracy z maszynami budowlanymi. Celem pracy była ocena narażenia operatora walca drogowego na drgania występujące w jego środowisku pracy.

## Material i metody

W ramach realizacji postawionego celu wykonano badania, które objęły swoim zakresem pomiary drgań mechanicznych na stanowisku operatora walca drogowego, w jednej z firm w województwie świętokrzyskim specjalizującej się w budowie i remontach dróg. Stwierdzono, że do zadań operatora należy szereg prac związanych z przygotowaniem podłoża oraz walcowaniem masy bitumicznej.

Maszyną wykorzystywaną przez operatora był walec drogowy firmy DYNAPAC, o oznaczeniu modelowym CC122 (ryc. 1).



Ryc. 1. Walec drogowy firmy DYNAPAC CC122

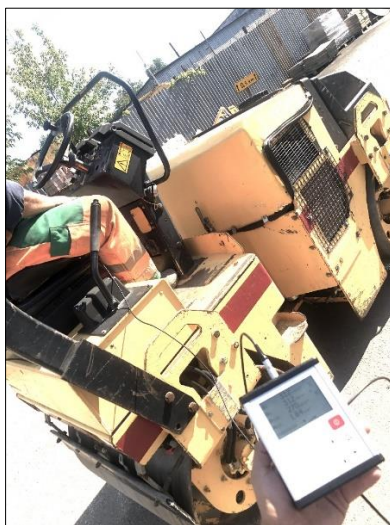
Badania zostały przeprowadzone za pomocą zestawu do pomiaru drgań firmy Sonopan typu DVA 100 z czujnikiem siedziskowym CDO-01S do pomiaru drgań ogólnych (ryc. 2).

Dodatkowo prowadzono pomiary mikroklimatu (temperatury i wilgotności powietrza) z wykorzystaniem termohigrometru (ST-3321).



Ryc. 2. Sonopan typu DVA 100 z czujnikiem siedziskowym CDO-01S

Pomiary wykonano zgodnie z normą PN-EN 14253+A1:2011. Pozwoliło to na określenie narażenia pracownika na ogólne drgania mechaniczne. Pomiary przeprowadzono w trakcie wykonywania, utwardzania gruntowej drogi dojazdowej, co należy do codziennych zadań operatora. Operator wykonywał swoją pracę w sposób niezaburzony i jednostajny. Czujnik siedziskowy został umieszczony na fotelu operatora, co pozwoliło na wychwycenie drgań ogólnych oddziałujących na pracownika (ryc. 3).



Ryc. 3. Przygotowanie do przeprowadzenia pomiaru

W przypadku badanego stanowiska pracy czas narażenia na drgania obejmował znaczną część zmiany roboczej, dlatego do oceny wykorzystano wielkość nazywaną 8-godzinną (lub inaczej dzienną) ekspozycją na drgania obliczaną dla każdego kierunku drgań zgodnie z zależnością:

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{wli}^2 * t_i}$$

gdzie:  $n$  – liczba wykonywanych czynności w narażeniu na drgania,  $i$  – numer czynności wykonywanej w narażeniu na drgania;  $l$  – kierunek drgań (x, y lub z);  $k_x = k_y = 1,4$ , dla kierunków x i y;  $k_z = 1$  dla kierunku z;  $t_i$  – czas wykonywania i-tej czynności;  $a_{wli}$  – wartość skorygowana przyspieszenia drgań, zmierzona w kierunku x, y i z dla i-tej czynności w narażeniu na drgania.

Tabela 1. Dzienna ekspozycja na drgania mechaniczne – progi działania [Dz. U. 2018 poz. 1286; Dz.U. 2005 Nr 157, poz. 1318]

Rodzaj drgań	Wartość progu działania dla drgań mechanicznych	Wartości dopuszczalne dla dziennej ekspozycji na drgania mechaniczne (NDN)
Miejscowe	$A = 2,5 \text{ m/s}^2$	$A = 2,8 \text{ m/s}^2$
Ogólne	$A = 0,5 \text{ m/s}^2$	$A = 0,8 \text{ m/s}^2$

Łącznie w trakcie badań wykonano cztery pomiary. W czasie pierwszego i czwartego pomiaru operator wykonywał naprzemiennie jazdę do przodu i do tyłu. Natomiast w czasie drugiego i trzeciego pomiaru dodatkowo załączał w maszynie funkcje wibracyjne. Uzyskane wyniki porównano z wartościami progowymi i dopuszczalnymi (NDN), określonymi w przepisach. Wartości dopuszczalne zamieszczono w tabeli 1.

## Wyniki i dyskusja

Szczegółowe wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 2. Średnia wartość temperatury w trakcie badań wynosiła  $23,0^\circ\text{C}$ , a wilgotność względna –  $54,2\%$ .

Przeprowadzona analiza uzyskanych wyników dla drgań mechanicznych ogólnych w miejscu pracy operatora walca drogowego wykazała, że wartości pomiarów drgań mechanicznych wynosiły od  $0,508 \text{ m/s}^2$  do  $0,578 \text{ m/s}^2$ . Odnosząc te wartości do wielkości normatywnych, możemy stwierdzić, że wszystkie cztery pomiary przekraczały próg działania drgań na organizm operatora, jednakże nie przekraczały najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN) dla ogólnych drgań mechanicznych, co oznacza, że badany egzemplarz walca drogowego generuje drgania odczuwane przez operatora, jednak ich poziom nie powinien przyczynić się do znacznego pogorszenia jego stanu zdrowia. Wielu autorów, prowadząc analizy wpływu drgań na pracownika oraz otoczenie, wskazało liczne możliwości niwelowania drgań z urządzenia do otoczenia. Na przykład Hua i in.

[2021] wskazują, że odpowiednie mocowania elementów roboczych generujących drgania poprawiają jakość jazdy maszyną, a co za tym idzie, poprawie ulega komfort pracy operatora i jakość wykonywanej pracy. Do podobnych wniosków doszli w swojej pracy Nguyen i in. [2018], którzy również wykazali, że odpowiednie mocowania hydrauliczne siedziska operatora lub całej kabiny redukują drgania przenoszone z walca na operatora. W badanym przypadku należałoby sprawdzić sprawność wymienionych systemów.

Tabela 2. Wyniki pomiarów drgań ogólnych w walcu drogowym

Lp.	Wartość	Czas pomiaru (min)	Czas ekspozycji (h)
1	0,513 m/s <sup>2</sup>	15	8
2*	0,578 m/s <sup>2</sup>	15	8
3*	0,569 m/s <sup>2</sup>	15	8
4	0,508 m/s <sup>2</sup>	15	8
Średnia	0,542 m/s <sup>2</sup>	–	–

\* w czasie pomiaru operator korzystał z wibracyjnych funkcji walca

W środowisku pracy występuje wiele zagrożeń, stanowiących kompleksowy zespół czynników, które mogą wpływać na bezpieczeństwo i zdrowie pracownika. Drgania i wibracje, również należą do szkodliwych czynników i są zjawiskiem, które określa się jako sekwencje zdarzeń, gdyż przypisane im wielkości fizyczne zmieniają się w czasie. Drgania mogą występować zarówno w ośrodkach płynnych, jak i stałych. Jednakże w kontekście bezpieczeństwa pracy najczęściej rozpatrywane są te, które rozprzestrzeniają się w ośrodkach stałych np. podczas prac budowlanych [Nguyen i in. 2018]. Istnieją stanowiska, na których drgania emitowane przez pracujące maszyny stanowią kluczowy szkodliwy czynnik środowiskowy. Jest to obserwowane wszędzie tam, gdzie drgania wykorzystywane są jako czynnik roboczy w procesach rozdrabniania, rozdzielania, zagęszczania czy wiercenia. W takich przypadkach obecność wibracji jest konieczna do odpowiedniej obróbki materiału i jest związana z bezpośrednim narażeniem operatora lub osób pracujących w takim środowisku [Kielbasa i in. 2019]. Jednak podczas analizy drgań i wibracji na stanowiskach roboczych należy również zwrócić uwagę, że często występują one jako efekt uboczny pracy np. silnika i mogą również szkodliwie oddziaływać na otoczenie pracy, w tym na operatora. Widać zatem, że bez względu na zasadność obecności drgań w zadaniu wykonywanym przez maszynę, jej operator mimowolnie jest poddawany ich oddziaływaniu na jego ciało. Pomimo naturalnych mechanizmów tłumienia drgań w organizmie człowieka, nie zawsze są one wystarczająco skuteczne, aby w pełni ochronić się przed wpływem szkodliwych czynników zewnętrznych [Tarasov i in. 2019]. Dlatego konieczne są działania zapobiegawcze w postaci regularnej analizy stanowisk pracy (jak zaprezentowana powyżej), aby wcześniej wykrywać zagrożenia związane np. z nadmierną emisją drgań mechanicznych i podejmować skuteczne działania naprawcze w celu ograniczenia wystąpienia poważnych konsekwencji zdrowotnych u pracownika.

## Podsumowanie

Wyniki badań wskazują na obecność szkodliwych drgań mechanicznych w środowisku pracy operatora walca drogowego. Ich natężenie stwierdzone podczas pomiarów przekraczało wartość progu działania (0,5 m/s<sup>2</sup>), jednocześnie było dalekie od wartości

najwyższego dopuszczalnego natężenia ( $0,8 \text{ m/s}^2$ ). W czasie pomiarów numer dwa i trzy, gdy operator korzystał z funkcji wibracyjnych walca, nastąpił zauważalny wzrost mierzonych wartości, jednak to nie wpłynęło na osiągnięcie progu dopuszczalnych wartości NDN. Odnotowane przekroczenia wartości progu działania dla drgań mechanicznych wskazują na zasadność podjęcia starań, mających na celu ochronę pracownika przed negatywnymi skutkami drgań oraz uświadamiania operatora na temat zagrożeń wynikających z nadmiernego korzystania z funkcji wibracyjnych walca. W celu uniknięcia pogorszenia warunków pracy na badanym stanowisku, wynikającego z nadmiernego oddziaływania drgań ogólnych na operatora, zaleca się okresowe kontrole stanu elementów tłumiących drgania, ponieważ ich zużycie w sposób bezpośredni wpływa na natężenie drgań docierających do organizmu pracownika.

### Bibliografia

- Bednarz J., 2012. Zastosowanie metody elementów skończonych w analizie drgań gruntu. *Tech. Transp. Szyn.* 19(9), 2215–2222.
- Chen F.B., 2014. Experimental study on the effect of road rollers construction vibration. *Appl. Mech. Mater.* 681, 195–199. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.681.195>
- Hadryś D., Hadryś L., 2018. Bezpieczne użytkowanie maszyn do robót ziemnych podczas robót budowlanych. *Promot. BHP* 5, 6–10.
- Hua W., Nguyen V., Zhou H., 2021. Experimental investigation and vibration control of semi-active hydraulic-pneumatic mounts for vibratory roller cab. *SAE Int. J. Veh. Dyn. Stab. NVH* 5(4), 409–423. <https://doi.org/10.4271/10-05-04-0028>
- Kielbasa P., Dróżdż T., Wojtas D., 2019. Analiza drgań ogólnych i miejscowych na stanowisku pracy operatora specjalistycznej maszyny drogowej. *Autobusy. Techn., Eksploat., Syst. Transp.* 20(1–2), 281–286. <http://dx.doi.org/10.24136/atest.2019.051>
- Nguyen V., Zhang J., Le V., Jiao R., 2018. Vibration analysis and modeling of an off-road vibratory roller equipped with three different cab's isolation mounts. *Shock Vib.* 1, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2018/8527574>
- Nguyen V., Zhang J., Yang X., 2019. Low-frequency performance analysis of semi-active cab's hydraulic mounts of an off-road vibratory roller. *Shock Vib.* 1–15. <https://doi.org/10.1155/2019/8725382>
- PN-EN 14253+A1:2011 Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia. Wytyczne praktyczne.
- Starry Jr.D.W., 2006. Vibratory rollers. *Transportation Research Circular E-C105. Factors Affecting Compaction of Asphalt Pavements.* TRR. 36–48.
- Świder R., 2005. Analiza wpływów dynamicznych wywołanych pracą walca wibracyjnego Stavostroj VV 1500D. *Zesz. Nauk. Politechn. Śląskiej* 104, 355–362.
- Tarasov V.N., Boyarkina I.V., Serebrennikov V.S., 2019. Analytical study of oscillating horizontal vibrations of a road roller. *J. Phys., Conf. Ser.* 1260(11), 112027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1260/11/112027>
- Tyuremnov I.S., Morev A.S., Krayushkin A.S., 2021. Justification of chosen values of the weight coefficients of the compaction value for continuous compaction control systems for vibration rollers. *J. Phys., Conf. Ser.* 1791(1), 012031. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1791/1/012031>

## **Wpływ czynników środowiskowych na behavior wydry europejskiej *Lutra lutra* utrzymywanej w warunkach ogrodu zoologicznego**

Effects of environmental factors on the behavior of the European otter *Lutra lutra*  
kept under zoo conditions

### **Wstęp**

Zwierzęta utrzymywane w ogrodach zoologicznych wystawione są na szereg bodźców, z którymi nie mają do czynienia w środowisku naturalnym. Na specyficzne reakcje zwierząt w tych warunkach wpływa m.in. ograniczenie przestrzeni życiowej, modyfikacja pozyskiwania pokarmu w stosunku do warunków naturalnych, a przede wszystkim styczność ze zwiedzającymi, którzy dostarczają różnego rodzaju bodźców [Kaleta 2014]. Stres u zwierzęcia przyczynia się do powstawania zachowań stereotypowych i często wynika z braku możliwości przejawiania czynności naturalnych lub narażenie na przebudowanie. Różnica między bodźcami występującymi w naturze i w niewoli polega na tym, że w warunkach naturalnych zwierzę ma możliwość kontroli stopnia narażenia na bodźce stresowe. W warunkach naturalnych zwierzę może zazwyczaj unikać niepożądanego światła lub dźwięku, szukać schronienia przed ekstremalnymi warunkami pogodowymi, czy też dostosować się do zmieniającego się środowiska. Natomiast zwierzęta przebywające w niewoli nie mają takiej swobody. Zazwyczaj nie mają kontroli nad czasem lub naturą oświetlenia, dźwięku, zapachu czy temperatury w otoczeniu. Brak tej kontroli jest bezpośrednim wynikiem uwięzienia. Ponadto oprócz utraty kontroli nad środowiskiem zwierzęta w niewoli doświadczają licznych innych stresorów, głównie związanych z ograniczeniem swobody wyboru. Bez względu na to, czy znajdują się w ogrodach zoologicznych, laboratoriach czy fermach, ich ruchy są ograniczone, nie mają swobody wchodzenia w interakcje z innymi osobnikami swojego gatunku, a także mają ograniczoną kontrolę nad czasem i charakterem pożywienia [Morgan i Tromborg 2007].

Wydra europejska (*Lutra lutra*) jest gatunkiem, który został wpisany do Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt jako gatunek ginący, jest również chroniona przepisami konwencji waszyngtońskiej (CITES). Wydra zalicza się do naszych rodzimych mieszkańców terenów nadwodnych [Sumiński i in. 1993]. Utrzymywanie wydr w ogrodach zoologicznych wspiera ochronę zasobów genetycznych tego gatunku i może być pomocne w jego przetrwaniu [Smielowski 1985].

Celem pracy było porównanie wybranych zachowań wydr utrzymywanych w ogrodzie zoologicznym z behaviorem osobników dziko żyjących, opisanym w literaturze.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Behavioru Zwierząt, Sekcji Behavioru i Dobrostanu Zwierząt Dzikożyjących, wera.kadlubek@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Etologii Zwierząt i Łowiectwa

Obserwacje miały też na celu wskazanie przyczyn anomalii behawioralnych u wydr utrzymywanych w niewoli oraz przedstawienie propozycji poprawy ich dobrostanu. Szczególną uwagę zwrócono na zachowania związane z pobieraniem pokarmu, przemieszczaniem się oraz na zachowania społeczne.

## Material i metody

Pracę wykonano na podstawie obserwacji zachowań wydr europejskich, przebywających w Ogrodzie Zoologicznym w Krakowie. W badaniu zastosowano metodę kolejnych obserwacji (*serial recording*) [Piróg i Grega 2011] w celu monitorowania wszystkich zachowań wykazywanych przez trzy osobniki (jeden samiec i dwie samice), urodzone w 2011 r. Okres obserwacji trwał jeden dzień i obejmował zarówno godziny poranne, jak i popołudniowe, co łącznie stanowiło siedem godzin obserwacji. Zachowania zwierząt zostały skategoryzowane w grupy zachowań: pobieranie pokarmu, pływanie, odpoczynek, eksplorację suchego wybiegu, pielęgnację, zachowania społeczne, pobieranie wody oraz wypróżnianie. Klasyfikacja zachowań:

- pobieranie pokarmu: jedzenie, oczekiwanie na karmienie,
- pływanie: wzdłuż i wokół basenu, dryfowanie, nurkowanie,
- odpoczynek: wygrzewanie na słońcu, wylegiwanie w wykopanym dołku, leżenie w schronie,
- eksploracja suchego wybiegu: wychodzenie z wody, przemieszczanie się za cieniem, obwąchiwanie terenu,
- pielęgnacja: wylizywanie i pielęgnacja sierści, tarzanie w suchym piasku,
- zachowanie społeczne: podgryzanie i gonienie samca za samicą,
- pobieranie wody: picie wody z poidła,
- wypróżnianie: na kamieniu lub na brzegu w pobliżu wody.

Wszystkim zaobserwowanym zachowaniom zmierzono czas (w minutach trwania), co pozwoliło na ich uszeregowanie według sumarycznego czasu trwania. Analiza wyników pozwoliła na ich przedstawienie w zależności od płci i pory dnia (poranek, popołudnie).

## Charakterystyka terenu badań

Krakowski Ogród Zoologiczny umieszczony jest na terenie Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie, leży na wysokości ok. 220–240 m n.p.m. Ogród zoologiczny graniczy z lasami i terenami zielonym na obrzeżach miasta z dala od ruchliwych dróg. Jest to obiekt o powierzchni ok. 17 ha, w którym żyje 150 różnych gatunków zwierząt. Zwierzęta nie są oszwajane (kontakt z opiekunem mają tylko, kiedy jest on wymagany, np. w czasie karmienia, pielęgnacji), a wybiegi są przystosowywane tak, aby były jak najbardziej zbliżone do środowiska naturalnego. Wybieg obserwowanych wydr ma kształt koła podzielonego na dwa mniejsze wybiegi o kształcie półokręgów. Powierzchnia całego wybiegu wynosi ok. 123 m<sup>2</sup> (61,5 m<sup>2</sup> dla pojedynczego wybiegu). Zlokalizowany jest w środkowej części ogrodu, w zacienionym miejscu. Pojedynczy wybieg posiada basen o owalnym kształcie i powierzchni ok. 25 m<sup>2</sup>. Głębokość basenów wynosi odpowiednio 0,40 m i 1,7 m.

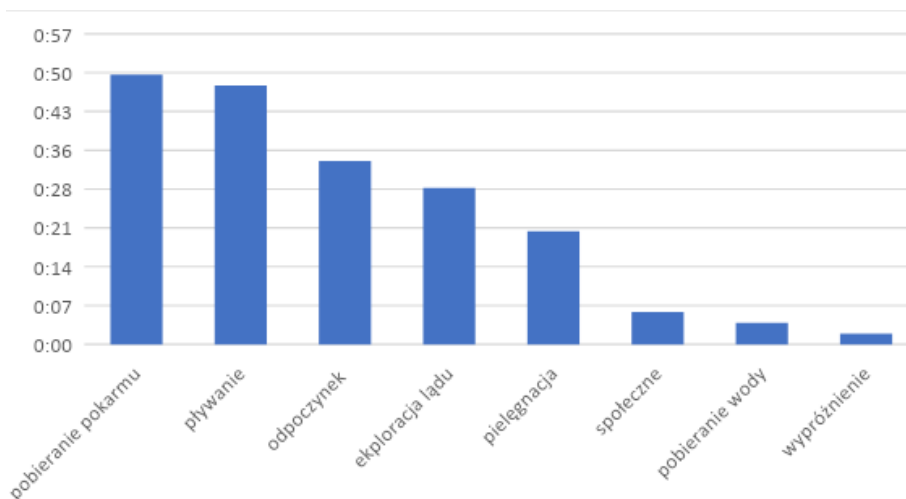
## Wyniki i dyskusja

### Środowisko

Wydra, w obrębie swojego naturalnego zasięgu geograficznego, zamieszkuje różnorodne środowiska, w tym: rzeki, małe strumienie, kanały melioracyjne, jeziora oraz stawy rybne. Jest obecna w miejscach o różnorodnych typach brzegów – zarówno zalesionych, jak i całkowicie pozbawionych drzew i krzewów. Jej siedliska znajdują się na obszarach wiejskich, nawet w obrębie dużych miast oraz na wybrzeżach morskich. Gatunek ten zasiedla środowiska wodne na różnych wysokościach, od depresji poniżej poziomu morza, np. na Żuławach, po wyżyny i góry, nawet powyżej 1000 m w Pirenejach oraz ok. 4120 m w Tybecie. W Polsce można ją spotkać głównie w górskich rzekach Karpat i Sudetów [Romanowski i in. 2010]. W naturze na samiec z młodymi przypada 7 km linii brzegowej, natomiast dla samca dwukrotnie więcej. W nocy wydra potrafi pokonać trasę do 10 km. W ogrodach zoologicznych na osobnika wymagane jest 20 m<sup>2</sup> (w tym basen nie mniejszy niż 2 m<sup>2</sup>) jako pomieszczenia zewnętrzne i 5 m<sup>2</sup> pomieszczenia wewnętrznego [Dz. U. 2005 Nr 5, poz. 32]. Obserwowane wydry zamieszkiwały wybiegi o powierzchni ok. 62 m<sup>2</sup> każdy, gdzie znaczną ich częścią stanowiły baseny. Ogród zoologiczny nie może zapewnić wydrom wystarczająco dużego wybiegu, który w przybliżeniu pokrywałby się rozmiarami z warunkami naturalnymi. Z powodu ograniczeń środowiskowych u zwierząt pojawiają się stereotypie ruchowe, objawiające się np. pływaniem dookoła lub po „ósemkach” oraz schematyczne przemieszczanie się.

### Aktywność dobowa

Obserwowane wydry najwięcej czasu poświęcały na pobieranie pokarmu oraz pływanie, natomiast interakcje społeczne i pielęgnacja zajmowały go najmniej (ryc. 1). Dieta wydr składała się głównie z karasi, płoci, leszczy i karpia w ilości ok. 0,5 kg ryb na osobnika, dodatkowo mięsa wołowego, kurczaka i królika po ok. 0,3–0,5 kg w zależności od kondycji osobnika, a raz w tygodniu ryb morskich – śledzi lub szprotów, ok. 0,5 kg na osobnika.



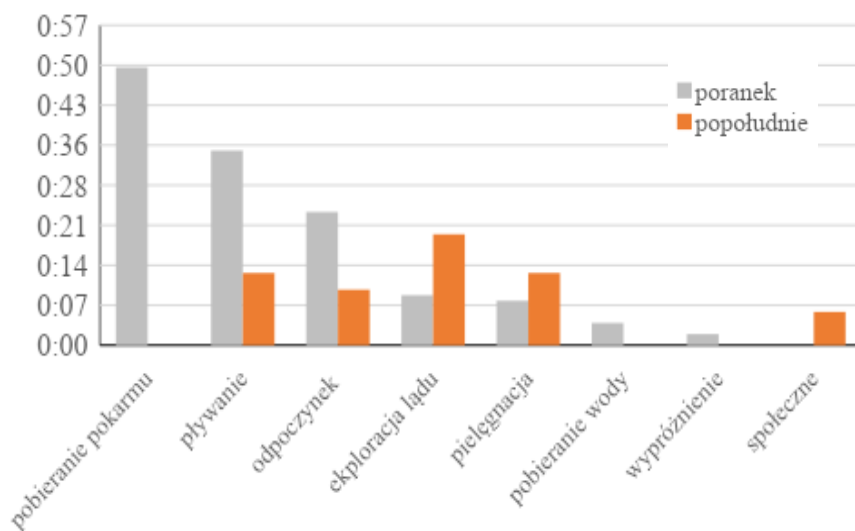
Ryc. 1. Czas trwania wszystkich zaobserwowanych zachowań (min)



Średni czas poświęcony na pozyskiwanie pokarmu przez wydrę europejską żyjącą na wolności oscyluje między 150 min a 180 min na dzień. Przeciętnie w ciągu doby spożywają do 10,5 ryby (średnia waga ryb to 81,5 g), co daje ok. 0,85 kg ryb na osobnika. Jadłospis wydry europejskiej obejmuje: piżmaki, raki, żaby, kaczkę, łyśki, karczowniki, mięczaki, drobne gryzonie, ryjówki, wróblowate oraz dżdżownice i owady. Wydry w środowisku naturalnym zjadają rybę, rozpoczynając od głowy w celu uśmiercenia ofiary [Ruiz-Olmo i Gosálbez 1997, Chruszcz i in. 2007, Ruiz-Olmo i Jiménez 2009, Sikora 2009]. Obserwowane wydry w ogrodzie zoologicznym oddzielały głowę od reszty tułowia, pozostawiając ją niezjedzoną.

Pielęgnacja sierści należy do ważnych zachowań zapewniających m.in. izolację termiczną poprzez zatrzymywanie powietrza w futrze. Pielęgnacja oraz suszenie odbywają się zazwyczaj w cichych, spokojnych miejscach, po wyjściu z wody nieopodal szlaku. Czynność ta odbywa się poprzez potrząsanie futrem czy ocieranie w ziemi, co pomaga w eliminacji pasożytów. Na pielęgnację wydry poświęcają ok. 6% dnia [Nolet i Kruuk 1989, Święcicka i in. 2017]. Natomiast obserwowane osobniki poświęciły na tę czynność łącznie 21 min.

Analiza obserwacji ujawniła wyraźne zmiany w aktywności wydr w ciągu dnia. Największą aktywność zaobserwowano w godzinach porannych, zwłaszcza między 8.00 a 9.00 rano, a następnie stopniowo malała w ciągu dnia, osiągając najniższy poziom w godzinach popołudniowych, między 12.00 a 14.00. Szczegółowa analiza czasu poświęconego na różne aktywności ujawniła, że rano wydry spędzały najczęściej czasu na pobieraniu pokarmu (50 min) oraz pływaniu (35 min), podczas gdy po południu większość czasu przeznaczają na odpoczynek (10 minut), pielęgnację (13 minut) oraz eksplorację łądu (20 minut). Warto zaznaczyć, że aktywności popołudniowe zajmowały relatywnie mniej czasu niż te poranne, co potwierdzają obserwacje własne (ryc. 2). Kolejnym ważnym aspektem jest preferencja nocnego trybu życia przez osobniki wydr żyjących w środowisku naturalnym, pomimo tego, że są one aktywne głównie o zmierzchu i świcie.

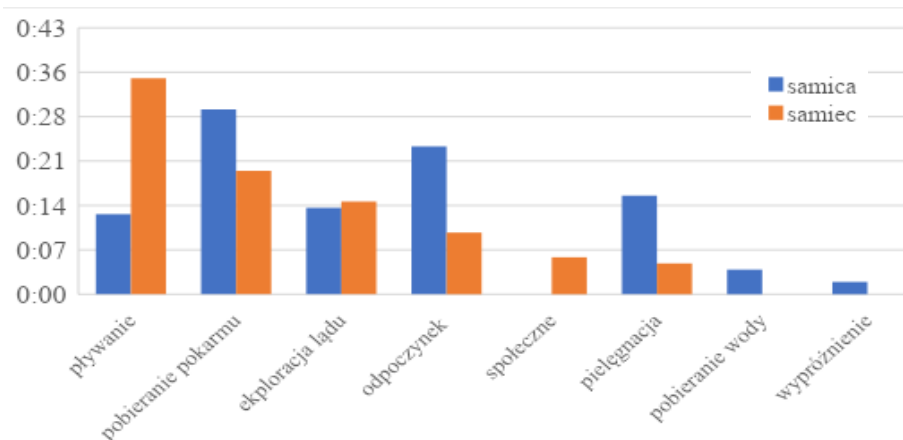


Ryc. 2. Czas trwania (min) wszystkich zaobserwowanych zachowań z uwzględnieniem pory dnia

Podczas badań zaobserwowano, że polują one stosunkowo rzadko w trakcie dnia. Szczegółowa analiza czasu spożywania jednej ryby wykazała, że zajmuje to od 1 min do 5 min, co oznacza, że całkowity czas konsumpcji pokarmu wynosi od 10,5 min do 52,5 minut w ciągu dnia.

Porównując aktywność dobową wydr w ich naturalnym środowisku z osobnikami w niewoli, zauważono różnice w ich cyklach aktywności. W warunkach dzikich aktywność wydr zazwyczaj rozpoczyna się ok. godziny 17.00, osiągając swój szczyt ok. godziny 21.00, a następnie maleje, by ponownie wzrosnąć między godziną 3.00 a 5.00 nad ranem. Między 9.00 a 17.00 zaobserwowano najmniejszą aktywność zwierząt [Święcicka i in. 2017, Han i in. 2021]. Odbiega to od obserwacji wydr w niewoli, gdzie cykle aktywności mogą być modyfikowane przez dostępność światła i inne czynniki środowiskowe, prowadząc do odmiennych wzorców zachowań w porównaniu z ich dzikimi odpowiednikami.

W trakcie obserwacji wydr wykazano różnice w preferencjach dotyczących aktywności między samcem a samicami. Samiec przejawiał skłonność do aktywnego spędzania czasu, podczas gdy samice preferowały bierny tryb życia. Obserwacje własne wskazują na różnice w aktywności fizycznej między płciami (ryc. 3). Wyraźnie zauważalne było, że samiec przejawiał większą aktywność fizyczną w porównaniu z samicą. Różnice można zaobserwować w czasie poświęconym na pływanie, w które samiec wykazywał znacznie większe zaangażowanie – prawie 2,5 razy więcej czasu niż samice. Zaobserwowane różnice sugerują, że zapotrzebowanie na ruch u samców jest znacznie większe niż u samic tego gatunku.



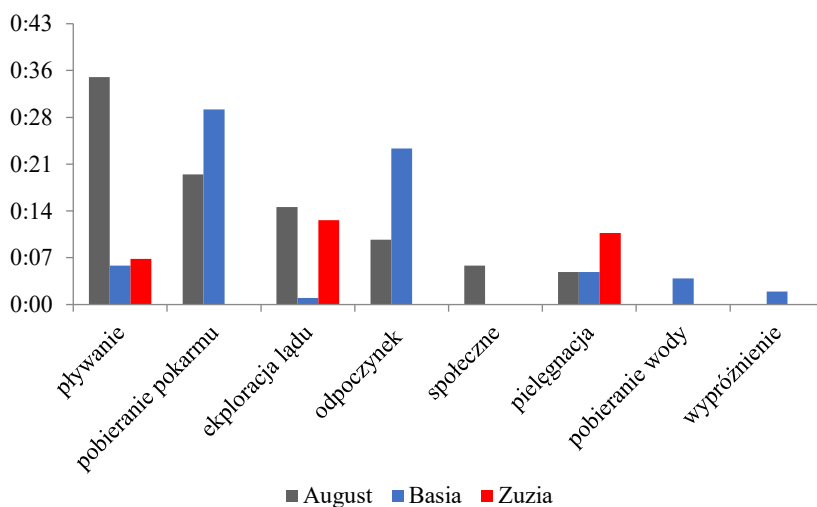
Ryc. 3. Czas trwania (min) zaobserwowanych zachowań ze względu na płeć

### Stosunki społeczne

Wydra jest z reguły samotnikiem, a jej interakcje międzyosobnicze są ściśle powiązane z systemem kojarzenia się, który stanowi odrębny podzbiór interakcji i jest kluczowym elementem systemów społecznych. Występuje u nich model terytorialności

wewnątrzplciowej [Quaglietta i in. 2014]. Europejskie wydry są samotnikami, nietworzącymi stałych grup społecznych, łączą się w pary jedynie na krótko, podczas okresu godów. Nawet w populacjach nadmorskich, gdzie ich terytoria są niewielkie i w dużej mierze się nakładają, wydry zachowują stosunkowo duży dystans między sobą. Dzięki rozbudowanemu systemowi komunikacji zapachowej unikają one bezpośrednich interakcji, nawet jeśli ich terytoria częściowo się pokrywają. Chociaż przypadki agresji u tych zwierząt są rzadkością, badania przeprowadzone w Szkocji wykazały, że 4% stwierdzonych przypadków śmierci mogło być spowodowane walkami międzysobniczymi. Dane z Wysp Brytyjskich wskazują, że ok. 23% samców i 13% samic nosi ślady walk z innymi osobnikami swojego gatunku [Romanowski i in. 2010]. W okresie wiosennym oraz jesiennym u wydr obserwuje się wzmożoną aktywność i właśnie wtedy rozpoczynają wędrówki. Młode samce nie mają odrębnych rewirów, polują w tym przypadku na terenie innych samców, unikając rewirów samic z młodymi. Wydry europejskie komunikują się ze sobą poprzez wydawany dźwięk (prychanie, kichanie, miauczenie, ćwierkanie, mruczenie, krzyk, ciche i głośne gwizdy) oraz zostawiany zapach (odchody specyficznej galaretowatej wydzieliny). W przypadku ogrodu zoologicznego w Krakowie samiec wydry utrzymywany był w parze z jedną z samic. Natomiast samice były odgradzone od siebie przezroczystą szybą, przez którą mogły się widzieć. Podczas obserwacji udało się dostrzec tylko jedną interakcję pomiędzy parą, w pozostałym czasie wydry unikały kontaktu ze sobą. Podczas karmienia nie dochodziło do zachowań agresywnych. Osobnik podchodził do żerowiska, zabierał rybę lub mięso i odchodził, aby zjeść w innym miejscu. Samica preferowała jedzenie w krzakach w ukryciu, natomiast samiec spożywał pokarm na otwartej przestrzeni (w miejscu widocznym dla zwiedzających).

Analizując zachowania wszystkich osobników (ryc. 4), widać, że największą aktywnością odznaczał się samiec August, który najdłużej pływał, pobierał pokarm i eksplorował suchy wybieg. Wśród samic największą aktywność w eksploracji suchego wybiegu oraz w pływaniu przejawiał osobnik Zuzia.



Ryc. 4. Czas trwania (min) wszystkich zaobserwowanych zachowań u poszczególnych osobników

## Podsumowanie

1. Wielkość powierzchni wybiegu powoduje zmiany w zachowaniu wydr związane z brakiem zaspokojenia naturalnych potrzeb aktywności, co objawia się m.in. nadmiernym krążeniem po wybiegu oraz pływaniem po „ósemkach”. Pomocne w zapobieganiu tego typu stereotypii byłyby urozmaicenia w postaci m.in.: tuneli, zabawek, gryzaków oraz kołowrotka lub bieżni, które mogą częściowo zaspokoić potrzebę ruchu.

2. Różnice w pobieraniu pokarmu są niewielkie. Wydry w ogrodach zoologicznych otrzymują pokarm głównie w ciągu dnia, podczas gdy w środowisku naturalnym polują częściej w nocy. Dieta wydr żyjących na wolności jest bardziej zróżnicowana niż tych hodowanych w ogrodach zoologicznych. Czas spożywania jednej ryby przez wydrę w ogrodzie zoologicznym na wolności jest podobny (maksymalnie 5 minut na sztukę).

3. Wydry spędzają średnio 12% dnia na polowaniu, jednak w ogrodach zoologicznych nie mają potrzeby polowania, co może prowadzić do nudy i frustracji. W rozwiązaniu tej sytuacji może być pomocne chowanie pokarmu lub korzystanie z kuli smakowej, co motywowałoby wydry do aktywnego poszukiwania jedzenia.

4. Podział wybiegu stosowany w ogrodzie zoologicznym pozwala uniknąć walk i zachowań agresywnych pomiędzy osobnikami.

5. Obserwacje wykazały wpływ pory dnia na zróżnicowanie zachowań wydr w ogrodzie zoologicznym, jednak mała liczebność grupy badawczej oraz nieduża liczba obserwacji nie pozwalają na wyciągnięcie bardziej szczegółowych wniosków. Istniejące różnice w aktywności dobowej między obserwowanymi wydrami w niewoli i żyjącymi na wolności podkreślają wpływ środowiska na ich zachowania,

6. Ogrody zoologiczne starają się zapewnić dobrostan wydr, ale ich możliwości są ograniczone przez koszty i trudności w odwzorowaniu naturalnych warunków środowiskowych.

## Bibliografia

- Chruszcz K., Wierzbowska I., Klasa A., Śnigórska K., Amirowicz A., 2007. Występowanie i skład pokarmu wydry *Lutra lutra* (L.) na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego. *Chrońmy Przyr. Ojczystą* 63(6), 3–14.
- Gardocka T., Gruszczyńska A., Maślak R., Sergiel A. (red), 2014. Dobrostan zwierząt w ogrodach zoologicznych a standardy prawne UE. Dom Wydawniczy ELIPSA, Warszawa.
- Han X., Dong Z., Zhao G., Zhao X., Shi X., Lü Z., Li H., 2021. Using surveillance cameras to analyze the activity pattern of the Eurasian otters (*Lutra lutra*) and the efficiency of camera trap monitoring. *Biodiv. Sci.* 29(6), 770–779. <https://doi.org/10.17520/biods.2020388>
- Kaleta T., 2014. Zachowanie się zwierząt w ogrodach zoologicznych a ich dobrostan. W: T. Gardocka, A. Gruszczyńska, R. Maślak, A. Sergiel (red.), *Dobrostan zwierząt w ogrodach zoologicznych a standardy prawne UE*, 117–125.
- Morgan N.K., Tromborg C.T., 2007. Sources of stress in captivity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 102(3), 262–302. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.032>
- Nolet B.A., Kruuk H., 1989. Grooming and resting of otters *Lutra lutra* in a marine habitat. *J. Zool.* 218(3), 433. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1989.tb02555.x>
- Piróg J., Grega T., 2011. Etogram – ważne narzędzie w badaniach nad zachowaniem zwierząt. *Prz. Hod.* 79(2), 27–31.
- Quaglietta L., Fonseca V.C., Mira A., Boitani L., 2014. Sociospatial organization of a solitary carnivore, the Eurasian otter (*Lutra lutra*). *J. Mammal.* 95(1), 140–150.

- Romanowski J., Zajac T., Orłowska L., 2010. Wydra. Ambasador czystych wód. Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych, Kraków.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2004. w sprawie warunków hodowli i utrzymania poszczególnych grup gatunków zwierząt w ogrodzie zoologicznym [Dz. U. 2005 Nr 5, poz. 32].
- Ruiz-Olmo J., Gosálbez J., 1997. Observations on the sprinting behaviour of the otter *Lutra lutra* in the NE Spain. *Acta Theriol.* 42(3), 259–270.
- Ruiz-Olmo J., Jiménez J., 2009. Diet diversity and breeding of top predators are determined by habitat stability and structure: a case study with the Eurasian otter (*Lutra lutra* L.). *Eur. J. Wildl. Res.* 55(2), 133–144, <https://doi.org/10.1007/s10344-008-0226-3>
- Sikora S., 2009. Występowanie w Polsce oraz skład pożywienia wydry *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758). *Zarz. Ochr. Przyr. Lasach*, 3.
- Smielowski J., 1985. Chów wydry *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) w polskich ogrodach zoologicznych. *Rocz. Akad. Rol. Pozn., Zootech.*, 33.
- Sumiński P., Goszczyński J., Romanowski J., 1993. *Ssaki drapieżne Europy*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Święcicka N., Bernacka H., Gołębiowska M., 2017. Wydra europejska, niezwykley mieszkaniec fauny Polski. *Aura* (12), 12–14.

## Zwierzęta domowe – czym możemy się zarazić?

Domestic animals – what can we get infected with?

### Wstęp

Zwierzęta domowe od wieków są integralną częścią środowiska domowego człowieka, pełniąc istotne funkcje zarówno emocjonalne, jak i społeczne. Ich obecność wiąże się jednak z potencjalnym ryzykiem zakażenia różnymi patogenami, co stwarza szczególne wyzwania dla zdrowia publicznego i medycyny weterynaryjnej. Bliski kontakt człowieka ze zwierzętami domowymi niesie ze sobą możliwość transmisji bakterii, wirusów, pasożytów oraz grzybów, co może prowadzić do wystąpienia różnorodnych chorób zakaźnych u ludzi [Teshome i Addis 2019].

Przykładowo brucelozą, wywoływaną przez bakterie z rodzaju *Brucella*, może być przenoszona przez bydło, kozy, owce, a także psy. Ludzie mogą się zarazić poprzez kontakt z zakażonymi zwierzętami lub ich wydzielinami, co może prowadzić do poważnych objawów, takich jak gorączka, zmęczenie, bóle stawów oraz powikłania neurologiczne [Cross i in. 2019]. Innym istotnym zagrożeniem jest wścieklizna, wirusowa choroba zakaźna przenoszona przez ugryzienia lub kontakt z zakażonymi zwierzętami. Również grzyby, takie jak dermatofity, obecne u niektórych gatunków zwierząt domowych, mogą wywoływać infekcje skóry i układu oddechowego u ludzi. Dodatkowo należy wspomnieć o alergenach związanych z futrem, sierścią, piórami oraz odchodami zwierząt, które mogą prowadzić do reakcji alergicznych i astmy u osób wrażliwych [Riccardi i in. 2021].

Celem niniejszej pracy jest dokładne zbadanie związku pomiędzy zwierzętami domowymi a ryzykiem zarażenia różnymi patogenami. Skupiono się na identyfikacji potencjalnych chorób, na jakie jesteśmy narażeni poprzez kontakt z naszymi pupilami, oraz na zrozumieniu mechanizmów transmisji patogenów pomiędzy zwierzętami a ludźmi. Ponadto omówiono strategie profilaktyczne i sposoby postępowania w przypadku podejrzenia zakażenia, aby umożliwić skuteczne zarządzanie ryzykiem związanym z bliskim kontaktem człowieka ze zwierzętami domowymi.

### Definicja i klasyfikacja chorób zoonotycznych

Choroby odzwierzęce to choroby i infekcje naturalnie przenoszone między ludźmi a kręgowcami. Stanowią one dominującą grupę wśród nowo pojawiających się chorób zakaźnych. Około 25% chorób odzwierzęcych pochodzi od zwierząt domowych.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe „BIOM”, kiga8708@gmail.com

Czynniki etiologiczne chorób odzwierzęcych obejmują różne patogeny, przy czym wirusy stanowią ok. 30% wszystkich zakażeń odzwierzęcych. W tabelach 1 i 2 przedstawiono informacje dotyczące zoonoz przenoszonych przez zwierzęta domowe.

### Choroby wirusowe

Tabela 1. Przykłady zoonoz wywołanych przez wirusy [oprac. na podst. Ybañezi in. 2020, Tomori i Oluwayelu 2023]

Choroba wirusowa	Nosiciel, rezerwuuar chorobowy	Sposób zakażenia
Wścieklizna	zwierzęta stałocieplne (głównie szopy amerykańskie i psy domowe)	ugryzienie przez nosiciela
Hantawirusy	gryzonie	inhalacja aerozolu z wydalini gryzoni
Wirus Zachodniego Nilu	ptaki	ugryzienie przez komara
Małpia ospa	gryzonie, naczelne	kontakt z zainfekowaną krwią, płynami ustrojowymi, wydzielinami z dróg oddechowych, zmianami chorobowymi zakażonych zwierząt lub z przedmiotami
Wirus Tahyna	małe gryzonie (np. myszy), ale też jelenie i dziki	ugryzienie przez komara z gatunku <i>Aedes vexans</i>
Wirus Usutu	małe gryzonie (np. myszy) oraz ptaki (np. gołębie)	ugryzienie przez komara
Wirus grypy	psy, drób, nietoperze	wdychanie wydzielin zarażonych zwierząt, bezpośredni kontakt, droga kropelkowa, kontakt z zainfekowanym środowiskiem
Wirus SARS	głównie rodzina <i>Paradoxuri-nae</i> , w ostatnich badaniach wskazano również możliwość zainfekowania przez koty i psy	droga kropelkowa, kontakt z skażoną powierzchnią
Toksoplazmoza	koty	spożycie skażonego, niedogotowanego pokarmu zawierającego cysty <i>Toxoplasma gondii</i> lub poprzez kontakt z zainfekowanym żwirkiem kota

## Choroby bakteryjne

Wąglik, bruceloza, tularemia i gorączka Q są wywoływane odpowiednio przez *Bacillus anthracis*, *Brucella species*, *Francisella tularensis* i *Coxiella burnetii*. Wszystkie te choroby są obecnie rzadkie u ludzi (powodując odpowiednio ok. 2, 105, 155 i 230 przypadków na 100 mln ludzi rocznie w Unii Europejskiej). Jednak sporadyczne ogniska mają szkodliwy wpływ na zdrowie publiczne, zdrowie zwierząt i przemysł zwierzęcy. Wspólną cechą tych chorób odzwierzęcych jest wyniszczająca, potencjalnie śmiertelna choroba zarówno u zwierząt, jak i ludzi. Dawki zakaźne są niskie (w niektórych przypadkach pojedyncza bakteria), natomiast przenoszenie tych chorób stanowi ryzyko dla osób pracujących lub mieszkających w pobliżu zwierząt. W związku z tym bakterie wywołujące każdą z tych chorób konsekwentnie pojawiają się na listach zagrożeń wybranych czynników biologicznych na całym świecie. Autorzy prac naukowych i przeglądowych uważają, że w przypadku tych patogenów niepokojące jest również skażenie gruntów, zwłaszcza w przypadku *C. burnetii* i zarodników *B. anthracis*, które są bardzo odporne na działanie środowiska zewnętrznego [Cross i in. 2019].

Tabela 2. Przykłady zoonoz wywołanych przez bakterie [oprac. na podst. Rahman i in. 2020]

Choroba bakteryjna przenoszona poprzez bezpośredni kontakt ze zwierzęciem lub zakażonymi materiałami	Bakteria odpowiedzialna za przenoszenie	Nosiciele
Wąglik	<i>B. anthracis</i>	psy, owce, świnie
Bruceloza	<i>Brucella spp.</i>	psy, owce, świnie
Dżuma	<i>Yersinia pestis</i>	gryzonie i psy
Trąd	<i>Mycobacterium leprae</i>	szczury, myszy, koty i małpy
Leptospiroza	<i>Leptospira interrogans</i>	dzikie, jak i udomowione zwierzęta, w tym psy
Tularemia	<i>Francisella tularensis</i>	gryzonie (np. króliki), psy i koty
Bordetelloza	<i>Bordetella bronchiseptica</i>	koty i psy
Borelioza	<i>Borrelia burgdorferi</i>	koty i psy
Salmonellozy	<i>Salmonella enterica</i> , <i>Salmonella bon</i>	koty, psy i ptaki
Erlichioza	<i>Anaplasma phagocytophilum</i> , <i>Ehrlichia ewingii</i> , <i>Ehrlichia chaffeensis</i> , <i>Ehrlichia canis</i> , <i>Neorickettsia sennetsu</i>	owce, koty i psy
Pastereloza	<i>Pasteurella multocida</i>	owce, drób, koty i psy



## Przykłady głównych chorób zoonotycznych, ich transmisja i diagnostyka

Choroby odzwierzęce związane ze zwierzętami domowymi wciąż stanowią mało zbadany obszar. Bliski kontakt między zwierzętami domowymi a ludźmi stwarza korzystne warunki do przenoszenia mikroorganizmów bezpośrednio poprzez głaskanie, liżanie, urazy fizyczne lub drogą okrężną poprzez zakażenie żywności i środowiska domowego. Choroby odzwierzęce niosą ze sobą szczególne ryzyko dla osób młodych, starszych, kobiet w ciąży. Narażone są też osoby z obniżoną odpornością, a zatem podatne zwłaszcza na infekcje. Co więcej, młodsze dzieci mogą być bardziej narażone na patogeny pochodzące od zwierząt domowych ze względu na niższe standardy higieny i bliższy kontakt fizyczny z tymi zwierzętami [Bhat 2021].

### Toksoplazmoza

*Toxoplasma gondii* (*T. gondii*) jest rodzajem pasożyta wewnątrzkomórkowego, który wywołuje powszechną infekcję odzwierzęcą zwaną toksoplazmozą. *T. gondii* może wywoływać zakażenia u ludzi i stałocieplnych zwierząt. Sposób transmisji tego patogenu na człowieka zależy głównie od stadium rozwojowego pierwotniaka oraz od sposobu kontaktu z zakażonymi materiałami. Najczęstszym źródłem zakażenia jest spożycie niedogotowanego mięsa zawierającego cysty pasożyta, posiadanie kontaktu z kałem lub kocim piaskiem. Objawy toksoplazmozy u ludzi są zróżnicowane i często zależą od stanu odpornościowego i wieku osoby zakażonej. U osób z prawidłowym układem immunologicznym infekcja może przebiegać bezobjawowo lub łagodnie, manifestując się jedynie jako grypopodobne objawy, takie jak gorączka, bóle mięśni i stawów czy powiększenie węzłów chłonnych, po którym zwykle następuje nieaktywne utajone zakażenie utrzymujące się przez całe życie. Reaktywacja utajonego pasożyta następuje w przypadku spadku odporności gospodarza [Doghish i in. 2023]. Jednak u osób z osłabioną odpornością, na przykład u osób zakażonych wirusem HIV czy pacjentów po przeszczepie narządów, toksoplazmoza może prowadzić do poważnych powikłań, takich jak zapalenie mózgu, zapalenie płuc, zapalenie siatkówki oka, a nawet do śmierci. *T. gondii* stanowi także poważne zagrożenie dla kobiet w ciąży, ponieważ mogą one przenieść na płód infekcję przez łożysko (transmisja wertykalna), powodując wrodzoną toksoplazmozę, która może skutkować wrodzoną niepełnosprawnością i ostatecznie poronieniem [Doghish i in. 2023]. Wczesna diagnostyka i odpowiednie leczenie toksoplazmozy są kluczowe, szczególnie u osób z obniżoną odpornością. Unikanie surowego mięsa, odpowiednia higiena osobista (zwłaszcza po kontakcie z kotami) oraz regularne testy diagnostyczne u kobiet w ciąży to ważne strategie zapobiegania zakażeniom i dalszym powikłaniom. Tradycyjne podejścia do diagnostyki laboratoryjnej obejmują metody etiologiczne, immunologiczne, molekularne i histopatologiczne/immunohistochemiczne.

### Bruceloza

Rodzaj *Brucella* jest zaliczany do klasy *Alphaproteobacteria*, rzędu *Rhizobiales*, rodziny *Brucellaceae*, która do 2020 r. składała się z siedmiu rodzajów *Brucella*, *Daeguia*, *Falsoleptanthera*, *Mycoplana*, *Ochrobactrum*, *Paenochrobactrum* i *Pseudochrobactrum*. Rodzaj *Brucella* zaliczany jest do bakterii Gram-ujemnych, który obejmuje dwanaście gatunków, z których cztery (*Bacillus melitensis*, *Bacillus abortus*, *Bacillus suis* i *Bacillus canis*) uważane są za niebezpieczne dla zdrowia ludzi. U zwierząt

domowych brucelozą może być przenoszona przez zranioną skórę, drogą powietrzną, weneryczną, spojówkową i przezskórną, jednak najczęściej do zakażenia dochodzi drogą oddechową lub żołądkowo-jelitową. U ludzi zakażenie najczęściej następuje podczas wdychania aerozoli i kontaktu z wydzielinami zwierzęcymi [Cross i in. 2019]. Objawy brucelozy u ludzi mogą być różnorodne i niespecyficzne, co często utrudnia szybkie rozpoznanie choroby. Do typowych symptomów zaliczymy nagłą gorączkę, dreszcze, bóle mięśni i stawów, osłabienie, utratę apetytu, bóle głowy oraz objawy ze strony układu pokarmowego, takie jak nudności, wymioty czy biegunka. W przypadku niewłaściwego leczenia lub przewlekłego przebiegu choroba może prowadzić do powikłań neurologicznych, zapalenia stawów, zapalenia wątroby, nerek czy serca [Dal i in. 2019]. Diagnoza brucelozy opiera się na badaniach laboratoryjnych, w tym testach serologicznych oraz izolacji bakterii z próbek krwi, płynów ustrojowych lub tkanek. Leczenie brucelozy polega głównie na stosowaniu antybiotykoterapii, zwykle przy użyciu długotrwałych schematów terapeutycznych, aby zapobiec nawrotom i możliwym powikłaniom.

### **Wścieklizna**

Wścieklizna jest ciężką, zakaźną chorobą wirusową o charakterze neuroinwazyjnym, występującą u ssaków, w tym u ludzi. Wywołana jest przez wirusa wścieklizny (*Rabies virus*), należącego do rodziny *Rhabdoviridae*. Chociaż wścieklizna jest chorobą rzadką w krajach rozwiniętych, nadal stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia publicznego w wielu regionach świata, szczególnie tam, gdzie nie ma skutecznych programów szczepień zwierząt dzikich i domowych. Prawie wszystkie przypadki wścieklizny u ludzi rozpoznaje się po ugryzieniu przez wściekłe zwierzęta. Inne drogi zakażenia są niezwykle rzadkie i obejmują np. wdychanie aerozolu z zakażonych próbek lub przez inne wydzieliny zawierające wirusa, takie jak mocz czy kał. W wyniku ugryzienia przez zakażone zwierzę wirus może replikować się w mięśniach lub bezpośrednio w obwodowym układzie nerwowym [Riccardi i in. 2021]. Skuteczna diagnostyka wścieklizny jest kluczowa dla szybkiego rozpoznania choroby i podjęcia odpowiednich środków zaradczych. Metody diagnostyczne obejmują badania kliniczne, badania laboratoryjne oraz badania histopatologiczne. W przypadku badań klinicznych oceniane są objawy neurologiczne pacjenta, u którego występuje podejrzenie kontaktu z zarażonym zwierzęciem. Diagnostyka laboratoryjna opiera się na badaniach serologicznych, np. testach ELISA, które wykrywają przeciwciała przeciwko wirusowi wścieklizny, oraz na badaniach łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR) wykrywających materiał genetyczny wirusa w próbkach biologicznych (np. ślinie, mózgu) [Mbilo i in. 2021]. W przypadku zgonu pacjenta badania histopatologiczne mózgu pozwalają na bezpośrednią identyfikację wirusa. Wczesna diagnostyka jest kluczowa, ponieważ wścieklizna jest chorobą śmiertelną, dla której nie ma skutecznego leczenia po wystąpieniu objawów klinicznych [Kumar i in. 2023]. Skuteczność szczepień profilaktycznych zarówno dla osób narażonych, jak i zwierząt, odgrywa istotną rolę w zapobieganiu rozprzestrzenianiu się tej choroby [Riccardi i in. 2021].

### **Leptospiroza**

Leptospiroza jest bakteryjną chorobą zakaźną o globalnym zasięgu, wywoływaną przez bakterie z rodzaju *Leptospira*. Szacuje się, że choroba dotyka 1,03 mln ludzi na całym świecie i powoduje 58 900 zgonów rocznie. Główne drogi transmisji leptospirozy obejmują bezpośredni kontakt ze śliną, moczem, kałem lub krwią zakażonych zwierząt,

ale także poprzez spożycie zakażonej wody lub żywności [Sohm i in. 2023]. Typowe objawy kliniczne leptospirozy obejmują gorączkę, która jest jednym z pierwszych i najbardziej charakterystycznych symptomów wystąpienia choroby. Inne powszechne objawy to bóle mięśni (mialgia) oraz stawów (artralgia), często skupiające się głównie w okolicy większych stawów. W przypadkach ciężkich zakażeń leptospirozowych obserwuje się także objawy neurologiczne, takie jak bóle głowy, nasilające się do postaci migreny, drgawki, zaburzenia świadomości oraz objawy sugerujące zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych. W przebiegu choroby mogą być także odnotowane dolegliwości związane z układem żołądkowo-jelitowym, w tym nudności, wymioty, bóle brzucha i biegunka [Chacko i in. 2021]. Skuteczna diagnostyka leptospirozy opiera się na różnorodnych metodach, które umożliwiają szybkie i precyzyjne potwierdzenie infekcji. W praktyce laboratoryjnej rutynowo wykonywane są posiewy bezpośrednie z krwi i moczu, testy ELISA, test aglutynacji mikroskopowej (MAT) czy test PCR.

### **Profilaktyka**

Monitorowanie ma kluczowe znaczenie dla zapobiegania i kontroli chorób odzwierzęcych. Powinno być wykorzystywane do wykrywania wczesnych infekcji u ludzi i zwierząt, ponieważ choroby odzwierzęce mogą szybko rozprzestrzeniać się po całym świecie, wpływając na globalne społeczności. Z tego względu skoordynowane podejście do nadzoru na poziomie lokalnym, regionalnym, krajowym i międzynarodowym jest niezbędne do kontrolowania zoonoz [Rahman i in. 2020]. Kluczowym elementem profilaktyki chorób odzwierzęcych jest skuteczna edukacja społeczeństwa w zakresie potencjalnych zagrożeń związanych z zoonozami oraz sposobów minimalizacji ryzyka zakażeń. Regularne kampanie informacyjne, publikacje naukowe oraz szkolenia dla personelu medycznego i weterynaryjnego mają istotne znaczenie dla poprawy świadomości społecznej i zwiększenia umiejętności rozpoznawania oraz prewencji zoonoz. Podstawowym filarem profilaktyki tego rodzaju chorób jest przestrzeganie zasad higieny osobistej i środowiskowej. Regularne mycie rąk po kontakcie ze zwierzętami, zwłaszcza przed spożyciem posiłków, jest kluczowe dla minimalizacji ryzyka zakażeń. Dodatkowo należy dbać o czystość i dezynfekcję miejsc, w których przebywają zwierzęta oraz eliminować potencjalne źródła zakażeń z ich otoczenia [Teshome i Addis 2019]. Niezbędne dla zapobiegania przenoszeniu zoonoz na ludzi są także systematyczne kontrole weterynaryjne zwierząt oraz stosowanie odpowiedniej profilaktyki weterynaryjnej, obejmującej szczepienia, kontrolę pasożytów i regularne badania diagnostyczne. Właściciele zwierząt powinni regularnie konsultować się z lekarzami weterynarii w celu utrzymania zdrowia swoich podopiecznych i minimalizacji ryzyka zakażeń [Riccardi i in. 2021].

### **Podsumowanie**

Omówione w niniejszej pracy przykłady chorób zakaźnych przenoszonych przez różne gatunki zwierząt domowych podkreślają potrzebę świadomego zarządzania ryzykiem związanym z interakcjami między ludźmi a zwierzętami domowymi. Profilaktyczne działania, takie jak badania weterynaryjne, szczepienia i praktyki higieniczne,

są kluczowe dla minimalizacji ryzyka zakażenia. Należy także pamiętać o edukacji społecznej, która dzięki zwiększeniu świadomości właścicieli zwierząt może ich ochronić przed potencjalnym zarażeniem chorobami odzwierzęcymi.

## Bibliografia

- Bhat A.H., 2021. Bacterial zoonoses transmitted by household pets and as reservoirs of antimicrobial resistant bacteria. *Microb. Pathog.* 155, 104891. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104891>
- Chacko C.S., Jayakumar A., Binu S.L., Pant R.D., Giri A., Chand S., Nandakumar U.P., 2021. A short review on leptospirosis: Clinical manifestations, diagnosis and treatment. *Clin. Epidemiol. Glob. Health.* 11, 100741. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2021.100741>
- Cross A.R., Baldwin V.M., Roy S., Essex-Lopresti A.E., Prior J.L., Harmer N.J., 2019. Zoonoses under our noses. *Microbes Infect.* 21(1), 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2018.06.001>
- Dal T., Kara S.S., Cikman A., Balkan C.E., Acikgoz Z.C., Zeybek H., Uslu H., Durmaz R., 2019. Comparison of multiplex real-time polymerase chain reaction with serological tests and culture for diagnosing human brucellosis. *J. Infect. Public Health.* 12(3), 337–342. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2018.11.008>
- de Barros R.A.M., Torrecilhas A.C., Marciano M.A.M., Mazuz M.L., Pereira-Chioccola V.L., Fux B., 2022. Toxoplasmosis in human and animals around the world. Diagnosis and perspectives in the one health approach. *Acta Trop.* 231, 106432. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106432>
- Doghish A.S., Ali M.A., Elrebehy M.A., Mohamed H.H., Mansour R., Ghanem A., Hassan A., Elballal M.S., Elazazy O., Elesawy A.E., Mageed S.S.A., Nassar Y.A., Mohammed O.A., Abulsoud A.I., 2023. The interplay between toxoplasmosis and host miRNAs: Mechanisms and consequences. *Pathol. Res. Pract.* 250, 154790. <https://doi.org/10.1016/j.prp.2023.154790>
- Dorneles E.M.S., Santana J.A., Costa A.C.T.R.B., Júnior D.G.J., Heinemann M.B., Lage A.P., 2023. Equine brucellosis: current understanding and challenges. *J. Equine Vet. Sci.* 127, 104298. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2023.104298>
- Gliński Z., Żmuda A., 2023. Zoonozy wirusowe XXI wieku: profilaktyka i perspektywy zwalczania. *Życie Wet.* 98(1), 23–30.
- Kumar A., Bhatt S., Kumar A., Rana T., 2023. Canine Rabies: An epidemiological significance, pathogenesis, diagnosis, prevention and public health issues. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 101992. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2023.101992>
- Mbilo C., Coetzer A., Bonfoh B., Angot A., Bebay C., Cassamá B., De Benedicts P., Ebou M.H., Gnanvi C., Kallo V., Lokossou R.H., Manjuba C., Mokondjimobe E., Mouille B., Mooukaila M., Ndour A.P.N., Nel L., Olugasa B.O., Pato P., Pyana P.P., Zinsstag J., 2021. Dog rabies control in West and Central Africa: A review. *Acta Trop.* 224, 105459. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105459>
- Omitola O.O., Taylor-Robinson A.W., 2020. Emerging and re-emerging bacterial zoonoses in Nigeria: current preventive measures and future approaches to intervention. *Heliyon* 6(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04095>
- Rahman M.T., Sobur M.A., Islam M.S., Ievy S., Hossain M.J., El Zowalaty M.E., Rahman A.M.M.T., Ashour H.M., 2020. Zoonotic diseases: etiology, impact, and control. *Microorganisms* 8(9), 1405. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091405>
- Riccardi N., Giacomelli A., Antonello R.M., Gobbi F., Angheben A., 2021. Rabies in Europe: an epidemiological and clinical update. *Eur. J. Intern. Med.* 88, 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2021.04.010>
- Rupasinghe R., Chomel B.B., Martínez-López B., 2022. Climate change and zoonoses: A review of the current status, knowledge gaps, and future trends. *Acta Trop.* 226. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.106225>

- Sohm C., Steiner J., Jöbstl J., Wittek T., Firth C., Steinparzer R., Desvars-Larrive A., 2023. A systematic review on leptospirosis in cattle: A European perspective. *One Health* 100608. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100608>
- Sun Z.S., Wan E.Y., Agbana Y.L., Zhao H.Q., Yin J.X., Jiang T.G., Li Q., Fei S.-Y. Wu L.B., Li X.C., Zhang Q.Y., Liu J.S., Gu S.Y., Guo Z.Y., Xue J.B., Han L.F. Zhang X.X., Xia S., Welburn S.C., Okpeku M., Guo X.K., Wang Z.J., Chen J.H., Zhang Y., Zhou X.N., Kassegne K., 2024. Global One Health index for zoonoses: A performance assessment in 160 countries and territories. *IScience* 27(4). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109297>
- Teshome H., Addis S.A., 2019. Review on principles of zoonoses prevention, control and eradication. *Am. J. Biomed. Sci. Res.* 3, 188–197. <https://doi.org/10.34297/AJBSR.2019.03.000660>
- Thompson R.A., 2013. Parasite zoonoses and wildlife: one health, spillover and human activity. *Int. J. Parasit.* 43(12–13), 1079–1088. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.06.007>
- Tomori O., Oluwayelu D.O., 2023. Domestic animals as potential reservoirs of zoonotic viral diseases. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 11, 33–55. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-062922-060125>
- Ybañez R.H.D., Ybañez A.P., Nishikawa Y., 2020. Review on the current trends of toxoplasmosis serodiagnosis in humans. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 10, 204. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00204>

## Katalaza i dysmutaza ponadtlenkowa jako wybrane enzymatyczne biomarkery stresu oksydacyjnego

Catalase and superoxide dismutase as selected enzymatic biomarkers of oxidative stress

### Wstęp

Stres oksydacyjny jest wynikiem braku równowagi między tworzeniem reaktywnych form tlenu (ang. *reactive oxygen species*, ROS) a przeciwutleniaczami. Wysokie stężenia ROS inicjują m.in. procesy peroksydacji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w błonach lipidowych, prowadzące do utleniania łańcuchów polipeptydowych. Konsekwencją tego jest fragmentacja i konwersja reszt aminokwasowych do pochodnych, co ostatecznie obniża aktywność biologiczną białka [Waligóra i in. 2019]. Kluczowym aspektem istotności biomarkerów stresu oksydacyjnego jest ich funkcjonalne znaczenie lub rola w modyfikacjach procesów biologicznych zachodzących w wyniku oksydacji, co istotnie wpływa na kliniczną wartość wielu wskaźników. Biomarkery odgrywają kluczową rolę w ocenie stanu zdrowia oraz skuteczności działań prozdrowotnych przeciwutleniaczy [Marrocco i in. 2017].

Głównym celem niniejszej pracy jest zgłębienie mechanizmów prowadzących do powstawania stresu oksydacyjnego oraz jego wpływu na komórki i organizmy. Szczególną uwagę poświęcimy roli, jaką pełnią katalaza i dysmutaza ponadtlenkowa w ochronie komórek przed skutkami stresu oksydacyjnego.

### Wolne rodniki i stres oksydacyjny

Wolne rodniki to wysoce reaktywne atomy lub cząsteczki, które posiadają jeden lub więcej niesparowanych elektronów w swojej zewnętrznej powłoce i dążą do utraty lub przyjęcia pojedynczego elektronu. Do reaktywnych rodników oraz nierodnikowych pochodnych tlenu i azotu odnoszą się odpowiednio terminy „reaktywne formy tlenu” (ROS) i „reaktywne formy azotu” (ang. *reactive nitrogen species*, RNS) [Liguori i in. 2018]. Do nich zalicza się m.in. rodnik wodoronadtlenkowy, anionorodnik ponadtlenkowy, tlen singletowy, ozon, nadtlenek wodoru, rodnik hydroksylowy, monotlenek azotu, ditlenek azotu, rodnik alkoksylowy i rodnik nadtlenkowy [Karbarz 2010]. Istnieje wiele

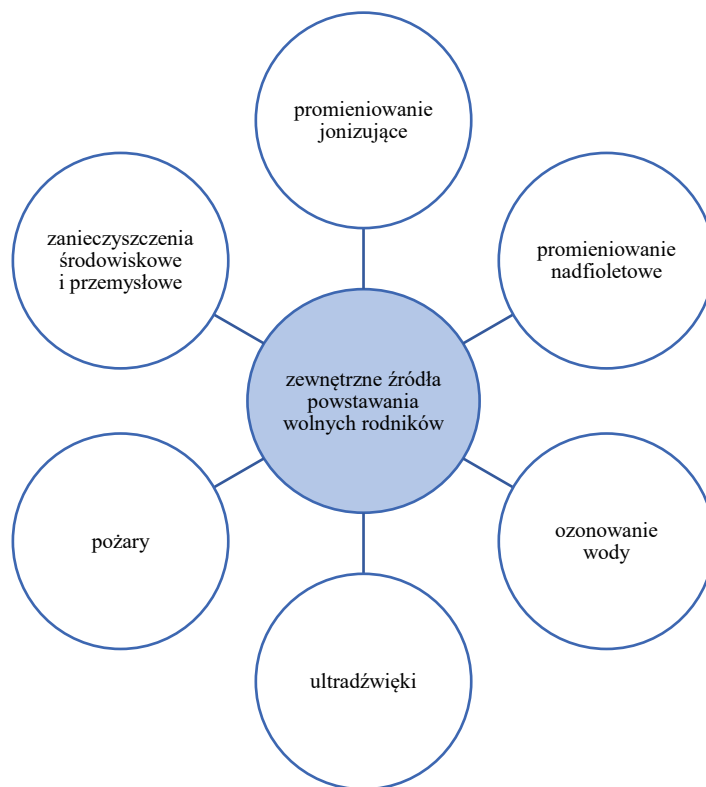
---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Biotechnologów „Biom”

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Katedra Zoologii i Ekologii Zwierząt

<sup>3</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka

potencjalnych źródeł powstawania wolnych rodników. Niektóre rodniki tlenowe powstają na skutek naturalnie zachodzących przemian metabolicznych w organizmie (np. oddychanie tlenowe i procesy zapalne), inne zaś pod wpływem działania zewnętrznych czynników fizycznych (ryc. 1) [Czajka 2006, Karbarz 2010].



Ryc. 1. Wybrane przykłady zewnętrznych źródeł powstawania wolnych rodników [oprac. na podstawie: Czajka 2006, Karbarz 2010]

Nadmierna produkcja ROS i RNS oraz zbyt mała ilość substancji antyoksydacyjnych prowadzi do przewagi procesów prooksydacyjnych. W związku z tym, na skutek zaburzenia równowagi między procesami antyoksydacyjnymi i prooksydacyjnymi, powstaje stres oksydacyjny w komórce [Ognik i Cholewińska 2018]. Wolne rodniki wytworzone w nadmiarze mogą zaatakować praktycznie wszystkie składniki komórek i doprowadzić do powstania uszkodzeń m.in. białek (utrata aktywności enzymów komórkowych, transporterów błonowych lub białek regulatorowych), lipidów (zmiana struktury błon – nadtlenowanie lipidów, zmiana przepuszczalności), DNA (mutagenność, cytotoxiczność, karcinogenność), nukleotydów (zmiana stanu oksydo-redukcyjnego komórki) [Balińska 1992, Preiser 2012].

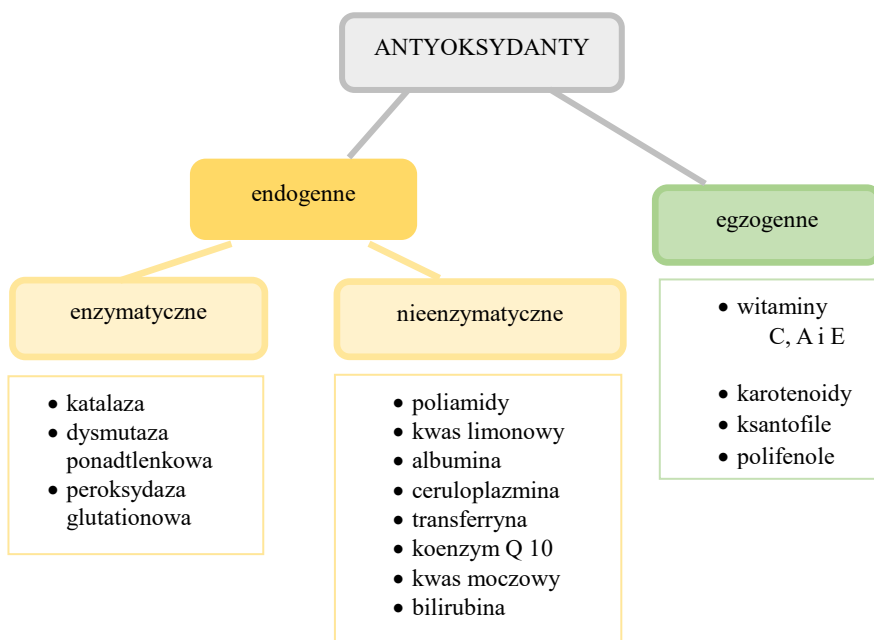
Nadmierny stres oksydacyjny jest istotnym czynnikiem w patologii wielu schorzeń. W związku z tym istotne jest zachowanie równowagi między ROS a przeciwutleniaczami, z uwagi na fakt, iż w warunkach homeostazy ustrojowej antyoksydanty neutralizują wolne rodniki [Łagowska-Lenard i in. 2008, Preiser 2012].

## Biomarkery stresu oksydacyjnego

Termin „biomarker”, czyli wskaźnik narażenia, służy do oceny skutków oddziaływania substancji szkodliwych na poziomie fizjologicznym, komórkowym, subkomórkowym i molekularnym organizmów [Traczewska 2011]. Biomarker stresu oksydacyjnego wykorzystywany jest do opisu zmiany w cząsteczce biologicznej, która wywołana została przez atak reaktywnych form tlenu, azotu bądź halogenków [Offord i in. 2000].

Biomarkery stresu oksydacyjnego mogą być podzielone na dwie główne kategorie: produkty modyfikacji cząsteczek wywołane działaniem reaktywnych form tlenu (ROS) oraz poziomy enzymów antyoksydacyjnych i przeciwutleniaczy [Tsuchihara 2007].

Do przeciwutleniaczy zaliczane są związki, które działają w celu neutralizacji reaktywnych form tlenu (ROS), chroniąc przed szkodliwymi skutkami stresu oksydacyjnego (ryc. 1). Glutation (GSH), kwas askorbinowy (witamina C),  $\alpha$ -tokoferol (witamina E) i inne związki tiolowe są głównymi endogennymi przeciwutleniaczami.  $\alpha$ -tokoferol działa jako silny przeciwutleniacz, ochraniając lipidy komórkowe przed peroksydacją. Kwas askorbinowy pełni istotną funkcję jako przeciwutleniacz, chroniąc komórki przed uszkodzeniem oksydacyjnym poprzez regenerację  $\alpha$ -tokoferolu.



Ryc. 2. Podział wybranych antyoksydantów ze względu na ich pochodzenie [oprac. na podstawie: Łągowska-Lenard i in. 2008]

Organizm, aby zneutralizować szkodliwe działanie reaktywnych form tlenu (ROS), wyposażony jest w skuteczne enzymatyczne systemy antyoksydacyjne [Pandey i Rizvi 2011]. Antyoksydanty endogenne enzymatyczne m.in. dysmutaza nadtlenkowa, peroksydaza glutationowa i katalaza, odgrywa kluczową rolę w mechanizmach obrony antyoksydacyjnej, usuwając wolne rodniki, są one biomarkerami stresu oksydacyjnego.



Znajdują się one zarówno w organellach subkomórkowych, jak i w cytozolu komórek eukariotycznych [Thérond i in. 2000].

Odpowiednie funkcjonowanie mechanizmów enzymatycznych zależy m.in. od właściwego poziomu pewnych mikroelementów w organizmie [Łagowska-Lenard i in. 2008].

## Katalaza

Katalaza, enzym istotny dla metabolizmu nadtlenu wodoru ( $H_2O_2$ ), został odkryty w XIX w. Thénard w tym okresie odkrył obecność  $H_2O_2$ , zaś Schönbein zidentyfikował substancję zdolną do detoksykacji tego związku [Glorieux i Calderon 2017]. W pierwszym etapie powstaje intermedialny związek I, będący tlenkiem żelaza z porfiryńowym radikalem  $\pi$ -kationowym, a następnie w drugim etapie związek I ulega redukcji przez transfer dwóch elektronów z drugiej cząsteczki nadtlenu wodoru, prowadząc do powstania tlenu, wody i wolnego enzymu [Nandi i in. 2019]. Wraz z rosnącą liczbą kompletnych sekwencji dostępnych do analizy, odkryto różnorodne homologie katalazy. Te enzymy zostały sklasyfikowane na trzy grupy, uwzględniając ich strukturę i funkcję. Pierwsze dwie grupy obejmują katalazy zawierające hem, takie jak typowe lub klasyczne katalazy oraz peroksydazy katalazy. Natomiast trzecia grupa to katalazy manganowe, które nie posiadają hemu [Tehrani i Moosavi-Movahedi 2018]. Katalazy hemowe są przedmiotem intensywnych badań biochemicznych i molekularnych ze względu na ich wszechobecność i dostępność substratów, takich jak  $H_2O_2$  i nadtlenuki alkilowe. Struktury krystaliczne wielu katalaz, w tym BLC i HEC, ujawniają ich wysoce konserwatywną strukturę. HEC, białko tetrameryczne posiadające masę cząsteczkową około 220–240 kDa, zawiera cztery grupy hemowe i NADPH. Tetrameryzacja jest kluczowa dla funkcjonowania enzymu, ponieważ zapewnia optymalne warunki dla katalazy. Katalaza jest silnie uwodniona, a dostęp do miejsca aktywnego ograniczony jest przez wąskie kanały. Analiza spektralna potwierdza obecność hemu jako miejsca aktywnego, z resztą tyrozyny i cząsteczką wody jako ligandami. Wiązanie NADPH odbywa się między domeną helikalną a  $\beta$ -beczką. Usunięcie NADPH nie wpływa znacząco na aktywność HEC [Glorieux i Calderon 2017, Nandi i in. 2019].

Ludzka katalaza składa się z czterech identycznych podjednostek o masie 62 kDa, z każdą posiadającą cztery różne domeny oraz jedną grupę hemową. Te domeny obejmują: N-końcowe ramię, domenę  $\beta$ -baryłkową, domenę łączącą i domenę  $\alpha$ -helikalną, z których każda spełnia określoną rolę w strukturze enzymu i jego funkcji. Pomimo różnic w sekwencji aminokwasów, trójwymiarowa budowa katalazy pozostaje konserwatywna. Mechanizmy hamujące, takie jak cyjanek i 3-amino-1,2,4-triazol, działają poprzez blokowanie dostępu hemu do ligandów lub tworzenie adduktów z dystalną histydyną, co uniemożliwia aktywność katalazy [Glorieux i Calderon 2017].

Enzym katalaza dzięki swojej bardzo sztywnej i stabilnej strukturze tetramerycznej jest bardziej odporny na zmiany pH, temperatury oraz działanie enzymów proteolitycznych niż większość innych enzymów. Ich stabilność i odporność na proteolizę są efektem ewolucyjnej adaptacji, szczególnie ważnej, ponieważ produkowane są w fazie stacjonarnej wzrostu komórek, kiedy to poziom proteaz pozostaje wysoki, a tempo obrotu białek jest szybkie [Goyal i Basak 2010]. Aktywność katalazy jest zwykle określana poprzez jej funkcję katalityczną. W rzeczywistości, katalaza rozkłada nadtlenek wodoru ( $H_2O_2$ ) w wodę i tlen. Dwa główne sposoby pomiaru jej aktywności to badanie spadku stężenia nadtlenu wodoru lub obserwacja

pojawienia się tlenu [Thérond i in. 2000]. Katalaza odgrywa istotną rolę w obronie komórek przed stresem oksydacyjnym, neutralizując nadmiar nadtlenu wodoru, który może prowadzić do uszkodzenia komórek poprzez powstawanie reaktywnych form tlenu (ROS), takich jak rodnik hydroksylowy. Ponadto jest zaangażowana w regulację różnych procesów biologicznych, takich jak sygnalizacja komórkowa (np. NF- $\kappa$ B), apoptoza, proliferacja komórkowa i zmiany morfologiczne. Jej aktywność może być regulowana na poziomie transkrypcyjnym, translacyjnym oraz poprzez modyfikacje posttranslacyjne, co umożliwia komórkom dostosowanie się do zmieniających się warunków środowiska. Dodatkowo katalaza może pełnić funkcję peroksydazy, uczestnicząc w rozkładzie różnych substratów, co dodatkowo zwiększa jej znaczenie w regulacji homeostazy komórkowej [Tehrani i Moosavi-Movahedi 2018].

### Dysmutaza ponadtlenkowa

Dysmutaza ponadtlenkowa (SOD) jest enzymem antyoksydacyjnym, który katalizuje dysmutację anionów ponadtlenkowych ( $O_2^{\cdot -}$ ) do tlenu cząsteczkowego ( $O_2$ ) i nadtlenu wodoru ( $H_2O_2$ ), zapewniając ochronę przed uszkodzeniami komórek spowodowanymi przez te reaktywne cząsteczki [Hayyan i in. 2016]. Istnieją trzy izoformy SOD u ludzi: cytozolowa forma zależna od miedzi i cynku (SOD1), mitochondrialna forma zależna od manganu (MnSOD, SOD2) oraz pozakomórkowa forma zależna od miedzi i cynku (EC-SOD, SOD3). Każda izoforma wymaga metalu przejściowego redoks w swoim miejscu aktywnym do dysmutacji  $O_2^{\cdot -}$ . SOD odgrywa kluczową rolę w ochronie organizmów przed stresem oksydacyjnym wywołanym przez reaktywne formy tlenu (ROS), zarówno u wyższych organizmów, jak i u mikroorganizmów. Mikroorganizmy aerobowe, które metabolizują tlen, są szczególnie narażone na stres oksydacyjny, dlatego SOD jest obecna w ich komórkach [Bresciani i in. 2015, Clluota i in. 2015].

SOD1 jest obecna w cytozolu, jądrze, peroksysomach i przestrzeni międzybłonowej mitochondriów, a mutacje tego enzymu zostały powiązane z zaburzeniami neurodegeneracyjnymi. Wykorzystuje miedź (Cu) i cynk (Zn) jako kofaktory, aby przekształcić anion ponadtlenkowy ( $O_2^{\cdot -}$ ) w nadtlenek wodoru ( $H_2O_2$ ) i tlen ( $O_2$ ) [Gałgańska 2011].

SOD2 (MnSOD) znajduje się głównie w mitochondriach komórkowych i wykorzystuje mangan (Mn) jako kofaktor. Jej główną funkcją jest ochrona mitochondriów przed uszkodzeniami spowodowanymi przez reaktywne formy tlenu (ROS), które powstają w procesach metabolicznych. Zapobiega to uszkodzeniom mitochondrialnym i zmniejsza ryzyko apoptozy, co ma kluczowe znaczenie dla utrzymania funkcji komórkowych [Łukaszewski i in. 2007, Flynn i Melov 2013].

Pozakomórkowa dysmutaza ponadtlenkowa (EC-SOD) pełni kluczową rolę w neutralizowaniu anionorodnika ponadtlenkowego w przestrzeniach międzykomórkowych, macierzy pozakomórkowej oraz naczyniach krwionośnych. Jej istotność wynika z obecności zarówno związanej z macierzą pozakomórkową, jak i wolnej formy enzymu, co umożliwia ochronę powierzchni komórek oraz eliminację wolnych rodników z wnętrza naczyń krwionośnych [Skrzycki i Czczot 2004]. EC-SOD wykazuje bardzo wysoką odporność na różne warunki, takie jak mocznik, cykle zamrażania i rozmrażania, wysokie temperatury oraz niekorzystne pH. Enzym dysmutaza ponadtlenkowa zawierająca miedź (Cu) i cynk (Zn) zazwyczaj występuje w postaci homodimerów i jest oporna na działanie chemiczne i fizyczne. EC-SOD wykazuje silne powinowactwo do heparyny obecnej na powierzchni komórek, co odpowiada za jego lokalizację zewnątrzkomórkową. Obecna

w różnych tkankach, osoczu krwi i płynach zewnątrzkomórkowych, np. limfa, maź stawowa, płyn śródmiąższowy i mózgowo-rdzeniowy. Głównie występuje w macierzy pozakomórkowej i na powierzchni komórek, gdzie stężenie jest 20-krotnie wyższe niż w osoczu, stanowiąc 90–99% całkowitej EC-SOD w organizmie. Tkankowa EC-SOD jest obecna w zróżnicowanych ilościach w różnych tkankach, głównie w naczyniach krwionośnych, płucach i łożysku. Spotyka się ją również w wielu liniach komórkowych, takich jak fibroblasty, komórki glejowe i komórki śródbłonna. Poziom EC-SOD w tkankach jest związany z jej ekspresją w tych tkankach. EC-SOD jest najważniejszym enzymem antyoksydacyjnym w przestrzeni pozakomórkowej, unieczyniając anionorodnik ponadtlenkowy i wykazując aktywność peroksydazową podobną do CuZnSOD [Skrzycki i Czczot 2004].

EC-SOD katalizuje reakcję, w której  $H_2O_2$  jest używany jako substrat, tworząc związek przejściowy (EC-SOD Cu-OH<sup>-</sup>), w wyniku czego dochodzi do inaktywacji centrum aktywnego enzymu. Utworzony związek przejściowy reaguje z  $HCO_3^-$ , utleniając go do rodnika węglanowego  $CO_3^-$ . Brak obecności  $HCO_3^-$  prowadzi do inaktywacji EC-SOD przez  $H_2O_2$ . Obecność kwasu moczowego chroni EC-SOD i CuZnSOD przed inaktywacją przez  $H_2O_2$ , co sugeruje jego potencjalne znaczenie w utrzymaniu funkcji antyoksydacyjnych tych enzymów. EC-SOD odgrywa istotną rolę w utrzymaniu homeostazy układu naczyniowego, poprzez redukcję poziomu  $O_2^-$  i  $H_2O_2$ , co przyczynia się do ochrony bioaktywności tlenku azotu (NO) i zapobiegania nitracji białek przez toksyczny nadtlenonitryt (ONOO<sup>-</sup>). Zmiany poziomu EC-SOD w różnych stanach chorobowych sugerują jej potencjalny wpływ na rozwój tych schorzeń [Culotta 2001, Skrzycki i Czczot 2004].

## Podsumowanie

Stres oksydacyjny pojawia się, gdy równowaga między procesami antyoksydacyjnymi a prooksydacyjnymi w komórce zostaje zaburzona, prowadząc do nadmiernego tworzenia reaktywnych form tlenu (ROS) i reaktywnych form azotu (RNS) [Ognik i Cholewińska 2018]. To może skutkować uszkodzeniami komórek, zaburzeniami w syntezie antyoksydantów, stanami zapalnymi oraz nieprawidłową ekspresją genów kodujących enzymy antyoksydacyjne [Burton i in. 2011]. Z tego względu istotne jest stosowanie biomarkerów, m.in. katalazy i dysmutazy ponadtlenkowej, jako wskaźników do oceny skutków oddziaływania substancji szkodliwych [Traczewska 2011].

## Bibliografia

- Balińska M., 1992. Wolne rodniki w inwazji pasożytniczej. *Wiad. Parazytol.* 38(1–2), 17–22.
- Brescian G., da Cruz I.B.M., González-Gallego J., 2015. Manganese superoxide dismutase and oxidative stress modulation. *Advan. Clin. Chem.* 68, 87–130. <https://doi.org/10.1016/bs.acc.2014.11.001>
- Burton G.J., Jauniaux E., 2011. Oxidative stress. *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* 25(3), 287–299. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2010.10.016>
- Culotta V.C., 2001. Superoxide dismutase, oxidative stress, and cell metabolism. *Curr. Top. Cell. Regul.* 36, 117–132. [https://doi.org/10.1016/S0070-2137\(01\)80005-4](https://doi.org/10.1016/S0070-2137(01)80005-4)
- Czajka A., 2006. Wolne rodniki tlenowe a mechanizmy obronne organizmu. *Now. Lek.* 75(6), 582–586.
- Flynn J.M., Melov S., 2013. SOD2 in mitochondrial dysfunction and neurodegeneration. *Free Radic. Biol. Med.* 62, 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.05.027>

- Gałgańska H.M., 2010. Zmiany stanu oksydacyjno-redukcyjnego cytoplazmy jako element komunikacji jądro komórkowe–mitochondria. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań.
- Glorieux C., Calderon P.B., 2017. Catalase, a remarkable enzyme: targeting the oldest antioxidant enzyme to find a new cancer treatment approach. *Biol. Chem.* 398(10), 1095–1108. <https://doi.org/10.1515/hsz-2017-0131>
- Goyal M.M., Basak A., 2010. Human catalase: looking for complete identity. *Prot. Cell* 1(10), 888–897. <https://doi.org/10.1007/s13238-010-0113-z>
- Hayyan M., Hashim M.A., AlNashef I.M., 2016. Superoxide ion: generation and chemical implications. *Chem. Rev.* 116(5), 3029–3085. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00407>
- Karbarz M., 2010. Źródła powstawania i oddziaływania środowiskowe wolnych rodników. *Zesz. Nauk. SGSP* 40, 59–67.
- Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P., 2018. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clin. Interv. Aging* 13, 757–772. <https://doi.org/10.2147/CIA.S158513>
- Łagowska-Lenard M., Bielewicz J., Raszewski G., Stelmasiak Z., Bartosik-Psujek H., 2008. Stres oksydacyjny w udarze mózgu. *Pol. Merkuriusz Lek.* 147(25), 205–208.
- Łuszczewski A., Matyska-Piekarska E., Trefler J., Wawer I., Łącki J., Śliwińska-Stańczyk P., 2007. Reaktywne formy tlenu – znaczenie w fizjologii i stanach patologii organizmu. *Reumatologia* 45(5), 284–289.
- Marrocco I., Altieri F., Peluso I., 2017. Measurement and clinical significance of biomarkers of oxidative stress in humans. *Oxidative Med. Cell. Longev.* 1–32. <https://doi.org/10.1155/2017/6501046>
- Nandi A., Yan L.J., Jana C.K., Das N., 2019. Role of catalase in oxidative stress-and age-associated degenerative diseases. *Oxidative Med. Cell. Longev.* 1–19. <https://doi.org/10.1155/2019/9613090>
- Offord E., Van Poppel G., Tyrrell R., 2000. Markers of oxidative damage and antioxidant protection: current status and relevance to disease. *Free Radic. Res.* 33, S5–S19.
- Ognik K., Cholewińska E., 2018. Biomarkery wykorzystywane w ocenie oksydacyjnych uszkodzeń białek. *Kosmos* 67(2), 347–359. [https://doi.org/10.36921/kos.2018\\_2394](https://doi.org/10.36921/kos.2018_2394)
- Pandey K.B., Rizvi S.I., 2011. Biomarkers of oxidative stress in red blood cells. *Biomed. Pap. Olomouc* 155(2), 131–36. <https://doi.org/10.5507/bp.2011.027>
- Preiser J.C., 2012. Oxidative stress. *J. Parenter. Enter. Nutr.* 36(2), 147–154. <https://doi.org/10.1177/0148607111434963>
- Skrzycki M., Czeczot H., 2004. Zewnątrzkomórkowa dysmutaza ponadtlenkowa (EC-SOD) – budowa, właściwości i funkcje. *Post. Hig. Med. Dośw.* 58, 301–311.
- Tehrani H.S., Moosavi-Movahedi A.A., 2018. Catalase and its mysteries. *Prog. Biophys. Mol. Biol* 140, 5–12. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.03.001>
- Thérond P., Bonnefont-Rousselot D., Davit-Spraul A., Conti M., Legrand A., 2000. Biomarkers of oxidative stress: an analytical approach. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 3(5), 373–384. <https://doi.org/10.1097/00075197-200009000-00009>
- Traczewska T.M., 2011. Biologiczne metody oceny skażenia środowiska. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Tsukahara H., 2007. Biomarkers for oxidative stress: clinical application in pediatric medicine. *Curr. Med. Chem.* 14(3), 339–351. <https://doi.org/10.2174/092986707779941177>
- Waligóra A., Waligóra S., Kozarska M., Damasiewicz-Bodzek A., Gorczyca P., Tyrcień-Golder K., 2019. Zaburzenia ze spektrum autyzmu (ASD) – biomarkery stresu oksydacyjnego oraz cyklu metylacji i transsulfuracji. *Psychiatr. Pol.* 53(4), 771–788.

## **Base of heart tumor in dog – case study**

Nowotwór podstawy serca u psa – opis przypadku

### **Introduction**

The role of expert witnesses in legal proceedings is fundamental in providing specialized knowledge and opinions crucial for resolving complex issues. Within the realm of forensic science, the contribution of expert witnesses holds particular significance, facilitating the understanding and interpretation of evidence related to various fields, such as veterinary medicine. Forensic veterinary medicine, an interdisciplinary domain merging veterinary expertise with legal principles, is critical in elucidating matters concerning animal injury, illness, or death within legal contexts. Over recent years, the demand for forensic veterinary expertise has seen a notable rise, reflecting the recognition of its importance in judicial proceedings. This increased demand underscores the evolving nature of forensic veterinary medicine and its growing significance in the legal landscape. Applying specialized knowledge encompassing histopathology, anatomical pathology, thanatology, and other forensic veterinary experts provides invaluable insights into the factors underlying animal-related incidents.

Unlike forensic human medicine, forensic veterinary medicine presents unique challenges due to the diverse range of animal species involved. Consequently, forensic veterinary experts must navigate inter-species variations and intricacies, ensuring accurate analysis and interpretation of evidence. Sometimes, collaboration between veterinary and legal professionals is essential in harnessing this specialized knowledge effectively and comprehensively addressing the complexities of each case. This paper aims to explore the multifaceted role of forensic veterinary experts in legal proceedings, using the example of a heart-based tumor and the role of thorough examination while completing the opinion, thus highlighting its contribution to evidence interpretation and case resolution. By examining the evolving landscape of forensic veterinary medicine, this study seeks to underscore the importance of histopathology and anatomical pathology knowledge in addressing contemporary challenges involving animal-related matters.

Cardiac tumors are infrequent occurrences within the canine and feline populations, often presenting as incidental findings. Among the prevalent types are haemangiosarcoma (HSA), aortic body tumors (chemodectoma and paraganglioma), and lymphoma. Despite their histological diversity, these neoplasms can induce a spectrum of clinical manifestations ranging from mild to severe, potentially life-threatening conditions. Such

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Weterynarii Sądowej, kacper.lewikowski@icloud.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Patomorfologii i Weterynarii Sądowej

manifestations are frequently unrelated to the specific histological subtype but rather attributed to disruptions in cardiovascular function, local hemorrhage, and effusion into the pericardial space and thus can contribute to cardiac arrest. Cardiac tumors are infrequent occurrences within the canine population. According to several studies, their reported incidence ranges between 0.121% and 4.33%. Larger studies covering almost 730 000 dogs reported that heart tumors occurred in 0.19% of patients.

The most prevailing type of cancer was hemangiosarcoma, which translated to 69% of cardiac tumors [Treggiari et al. 2017]. Hemangiosarcoma is ten times more common than the second primary heart cancer, which is an aortic body tumor. HSA is dominant in male dogs, especially in older patients – at ten or more years old. Golden Retrievers and German Shepherds are considered the most affected race by cardiac and other types of HSA [Ware and Hopper 1999]. The data on metastasis caused by HSA varies throughout reports ranging from 42% [Treggiari et al. 2017] through 55% [Noszczyk-Nowak et al. 2014] to 75%. The most common areas are the lungs, liver, other parts of the heart, subcutaneous tissues, adrenal gland, kidney, omentum, intestine, and pericardium [Aupperle et al. 2007, Yamamoto et al. 2013].

Management of cardiac tumors typically involves symptomatic interventions aimed at mitigating tumor-induced bleeding, potential arrhythmias, and other adverse effects resulting from mass compression. Available treatment modalities encompass surgical intervention, chemotherapy, and radiotherapy [Ohad et al. 2019, Kim et al. 2024]. However, achieving complete remission with medical therapies remains unlikely, and the efficacy of treatment approaches beyond adjunctive chemotherapy in cases of HSA warrants further investigation. Yamamoto et al. reviewed 51 patients with diagnosed HSA, which revealed that despite receiving the correct available treatment, the survival time peaked at around 300 days. The characteristics of HSA unfortunately prove to be a terminal disease; however, the treatment brings an increase in patients' comfort as well as increases their survival time from untreated patients, which peaked at 100 days to almost 300 days. Chemotherapy has also proved to be somewhat successful in increasing patient survival time, and the most effective therapy includes doxorubicin. However, in none of the cases did the patient survive, making the therapy only a temporary solution until palliative therapy needs to be introduced in the late stages of this cancer. In the study performed by Arai et al. [2019], the median survival rate without treatment was seven days in non-treated dogs, between 42 days and five months in dogs with surgical removal of the tumor, 139 days in dogs with chemotherapy alone, and between 175 days and 189 days in dogs with both surgical removal of the tumor and conventional chemotherapy [Yamamoto et al. 2013].

In summary, based on available sources, it is challenging to determine a definitive median survival rate for dogs diagnosed with hemangiosarcoma (HSA) due to the considerable variability among patients, including differences in age, breed, and the presence of metastases to various organs. However, insights from studies indicate that including therapeutic interventions significantly improves the lifespan of patients following an HSA diagnosis. Cardiac tumors often initially manifest without discernible symptoms, thereby significantly complicating diagnosis. It is not uncommon for these tumors to be incidentally discovered during routine screening examinations or, more frequently, when the tumor has progressed to an advanced stage, eliciting symptoms such as arrhythmia, pericardial effusion, or post-mortem examination following sudden cardiac death. Moreover, obtaining samples of cardiac tumors during the patient's lifetime entails considerable risk due to potential complications such as cardiac tamponade or bleeding from the tumor.

The article aimed to define the role of veterinary medicine experts in judicial proceedings using the example of a cardiac tumor and the role detailed examination plays in preparing expert opinions.

### **Material and methods**

The Department of Pathomorphology and Forensic Veterinary Medicine at the University of Life Sciences in Lublin was provided with the material as a dog's carcass. The examination of the dog's remains and the issuance of the cause of death were informal, on request by the dog's owner.

### **Results and discussion**

The necropsy began with an analysis of the evidence and information from the owner. External examination revealed no visible traces of injuries, and thus, an internal examination was performed. During the internal examination, an abnormal mass resembling hemangiosarcoma was found in the right atrial area of the heart. These tumors have a gray to red-black hemorrhagic appearance and may reach a diameter of a few centimeters as a result of hemorrhage within the tumor [Fig. 1]. Histopathological analysis was performed after completing the necropsy to reveal the mass etiology and confirm the initial diagnosis.

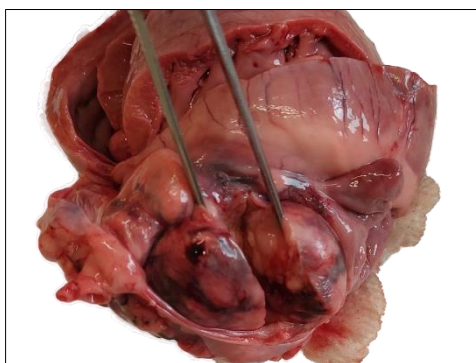


Fig. 1. Visible cardiac tumor during necropsy [photo by P. Listos]

Hemangiosarcoma histopathology reveals characteristic features indicative of its vascular origin and malignant nature. As seen microscopically in Figures 1 and 2, hemangiosarcoma exhibits a disorganized arrangement of blood vessels, often tangled and chaotic. These vascular structures are infiltrated by elongated, plump, anaplastic endothelial cells, displaying marked atypia indicative of their malignant nature. The uncontrolled proliferation of blood vessels is a hallmark of hemangiosarcoma, contributing to its aggressive behavior and invasive characteristics. Additionally, the tumor often demonstrates infiltrative growth patterns, further underscoring its malignant nature. Furthermore, hemangiosarcoma histopathology may reveal evidence of hemorrhage within the tumor tissue, reflecting the fragile and aberrant nature of the neoplastic blood vessels.

After confirming the tumor etiology and due to the no visible injuries other than the tumor mass, it was concluded as a cardiac arrest, which is uncommon in this type of cancer, resulting in cardiorespiratory failure and, ultimately, a dog's death.

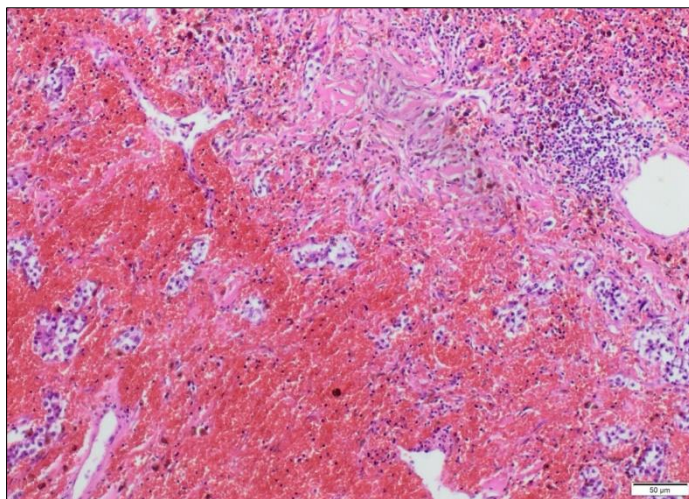


Fig. 2. Histopathological findings – HSA. H + E staining [photo by P. Listos]

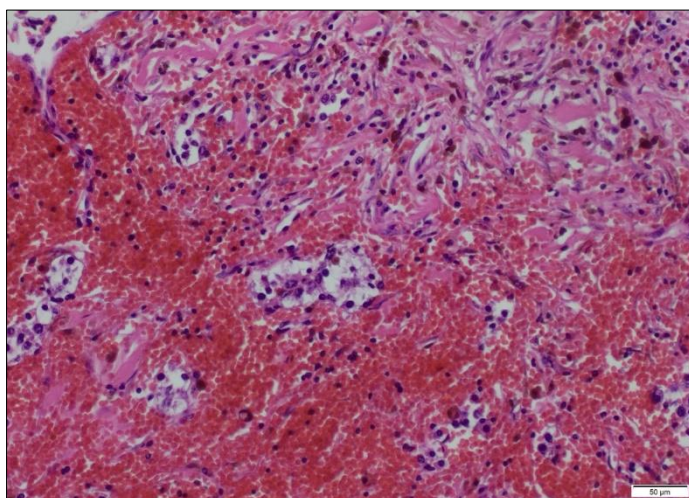


Fig. 3. Histopathological findings – HSA. H + E staining [photo by P. Listos]

### Conclusion

Hemangiosarcoma (HSA) in dogs presents a significant challenge due to its prevalence, especially in older male patients, and its often terminal nature. Despite advancements in treatment modalities such as surgery, chemotherapy, and radiotherapy, achieving complete



remission remains unlikely, with survival times typically peaking at around 300 days, even with appropriate intervention. However, these treatments enhance patient comfort and extend survival compared to untreated cases. Forensic veterinary experts play a crucial role in addressing the complexities surrounding HSA and its implications in legal proceedings. Their specialized histopathology and anatomical pathology knowledge enables them to provide invaluable insights into the factors underlying animal-related incidents, including those involving HSA. Furthermore, conducting case studies is imperative for a deeper understanding of HSA, ultimately leading to improved detection, treatment, and survival rates. Through comprehensive case studies, researchers can gather data to inform more extensive studies, enhancing our knowledge of this disease and refining treatment approaches. Moreover, case studies serve as valuable learning materials, providing essential information for forensic veterinary experts to perform accurate expert witness opinions.

In summary, conducting case studies highlights the importance of interdisciplinary collaboration and ongoing research efforts in addressing the challenges posed by dog diseases like hemangiosarcoma. Through continued exploration and collaboration, strides can be made toward better detection, treatment, and outcomes for affected animals, ultimately serving legal and veterinary communities. In summary, the comprehensive veterinary forensic post-mortem examination of an animal's body reveals the actual cause of death and helps to outline the circumstances leading to it. Often, the facts uncovered during the examination exclude the criminal aspect of the death, indicating a typically pathomorphological character of the animal's demise, which is crucial for further procedural actions. Therefore, It can be inferred that the described case of a proliferative change in the heart muscle highlights the significant role of veterinary forensic medicine in uncovering the broader material truth.

## References

- Arai S., Milley EP., Lichtenberger J., Savidge C., Lawrence J., Côté E., 2019. Metastatic cardiac hemangiosarcoma in a 6 year old wheaten terrier mix. *Vet. Sci.* 6(3), 65. <https://doi.org/10.3390/vetsci6030065>
- Aupperle H., März I., Ellenberger C., Buschatz S., Reischauer A., Schoon HA., 2007. Primary and secondary heart tumours in dogs and cats. *J. Comp. Pathol.* 136(1), 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2006.10.002>
- Kim W., Kim K., Lee W., Moon C., Lee H., Jeong S., Kim D., 2024. Surgical resection of cardiac hemangiosarcoma using articulated surgical stapler in a dog. *J. Vet. Clin.* 41, 37–42. <https://doi.org/10.17555/jvc.2024.41.1.37>
- Noszczyk-Nowak A., Nowak M., Paślowska U., Cepiel A., Janiszewski A., Staszczuk M., Nicpon J., 2014. A retrospective study of cardiac hemangiosarcoma in dogs. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 38(1). <https://doi.org/10.3906/vet-1301-42>
- Ohad D., Peery D., Merhavi N., Atamna R., Yudelevitch D., 2019. Case report: cardiac auricular hemangiosarcoma resection in a dog. *Isr. J. Vet. Med.* 74.
- Treggiari E., Pedro B., Dukes-McEwan J., Gelzer A.R., Blackwood L., 2017. A descriptive review of cardiac tumours in dogs and cats. *Vet. Comp. Oncol.* 15, 273–288. <https://doi.org/10.1111/vco.12167>
- Ware W.A., Hopper D.L., 1999. Cardiac tumors in dogs: 1982–1995. *J. Vet. Intern. Med.* 13, 95–103.
- Yamamoto S., Hoshi K., Hirakawa A., Chimura S., Kobayashi M., Machida N., 2013. Epidemiological, clinical and pathological features of primary cardiac hemangiosarcoma in dogs: a review of 51 cases. *J. Vet. Med. Sci.* 75(11), 1433–1441. <https://doi.org/10.1292/jvms.13-0064>

## Use of entomology and entomotoxicology in veterinary forensic medicine

Wykorzystanie entomologii i entomotoksykologii  
w opiniowaniu weterynaryjno-sądowym

### Introduction

Forensic sciences constantly demand new technologies and methods to enhance their investigative capabilities. Current technology advances are crucial. However, these are not the only constantly evolving and improving areas. One of the emerging fields in forensic science is entomology and entomotoxicology, which have risen in the last five years [Listos et al. 2015]. Entomological sciences study insects and their interactions with the environment; however, other arthropods are also considered part of this field and are used in the analysis. Entomotoxicology, on the other hand, focuses on the study of chemical substances absorbed during the infestation of insects and their potential forensic applications. Forensic entomology and entomotoxicology have emerged as indispensable disciplines within veterinary and human forensic medicine, offering profound insights into determining the causes and timing of death.

Through the analysis of insect and arthropod evidence, these sciences have become recognized for their capacity to estimate the post-mortem interval (PMI) based on the colonization time of insects on remains. Moreover, they contribute to identifying and interpreting wounds, serving as indicators of peri- and post-mortem treatment of remains, as well as evidence of neglect in both human and animal cases. Arthropods can also facilitate the establishment of associations between suspects, victims, and crime scenes. Recent advancements in research have expanded the scope of forensic entomology to include the analysis of insect gut contents, enabling the determination of the species upon which fly larvae had fed. These multifaceted applications underscore the pivotal role of forensic entomology as an invaluable tool for death investigators [Lutz et al. 2021].

Many signs of death start to develop after death. Late ones are much more crucial for forensic veterinarians' entomotoxicological sciences because animal bodies are rarely revealed during the first hours when early signs of death develop. Late signs taken into consideration are autolysis due to hypoxia and lower pH levels, as well as the putrefaction process, where *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus* spp., *Corynebacterium* spp., and non-hemolytic streptococci are dominantly responsible. These processes vary significantly due to temperature, humidity, and the environment present around the body.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Weterynarii Sądowej, kacper.lewikowski@icloud.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Patomorfologii i Weterynarii Sądowej

Tissues present in the body are altered by lytic enzymes, starting in the neural tissue, liver, kidneys, and gastrointestinal tract, where it is most visible during necropsy. These altered substances are considered chemoattractants for necrophagous insects. Female flies employ olfactory and visual stimuli to locate suitable remains for oviposition, resulting in larvae utilizing these decaying substrates as nourishment.

The mechanisms underlying these remains' detection are intricate and incompletely elucidated, encompassing volatile compounds associated with bacterial activity and decomposition alongside potential additional factors that have yet to be characterized [Madej et al. 2012]. It is doubtful that forensic entomologists will be present at the crime scene during the investigation process; thus, expert witnesses and technicians should be well-educated on that matter. It is essential to document the general scene characteristics and habitat at the crime scene through photographic and written notation.

Similarly, thorough documentation of insect infestations on and around the remains is crucial, employing photographic and written records. Meteorological data collection is imperative to provide context for the entomological findings. It includes recording weather conditions such as temperature, humidity, and precipitation. Adult flies and beetles found on and flying above the remains should be collected carefully for further analysis. Eggs, larvae, and pupae found on the remains are important entomological samples that should be collected and documented. Specimens up to 6 m from the body should also be collected from the surrounding area to capture a comprehensive view of the entomological ecosystem. Collection of specimens from directly under and close to the remains (1 m or less) should occur after the body has been removed, as these samples may provide valuable insights into the initial stages of insect colonization. Soil samples from under the remains, specifically from the head, chest, and abdomen areas, should be collected to assess the entomological environment. Notations of the ecological characteristics, including soil, plant, and water conditions, should be made at the recovery site to provide additional context for the entomological analysis. Entomological samples should also be collected during autopsy procedures to gather comprehensive data on the insect activity associated with the remains. Finally, retrieving historical climate and weather data from the nearest weather station is essential for understanding the environmental conditions leading up to the discovery of the remains [Byrd and Castner 2009, Brundage and Byrd 2016].

The study aimed to analyze the effectiveness of entomological analysis in veterinary forensic medicine under various conditions of decomposition and time intervals after death. The article emphasizes the significance of insects as potentially critical indicators in determining the post-mortem interval (PMI) and detecting drugs and xenobiotics.

## **Material and methods**

Material and methods consist of analysis of selected, viable forensic cases in the Department of Pathomorphology and Forensic Veterinary Medicine at the University of Life Sciences in Lublin and literature references.

### **Use of entomology and entomotoxicology**

The analysis consists of animal carcasses revealed in different temperatures, humidity, and diverse areas – water, buried, and soil in moderate temperatures. Standard examination performance based on tanatological sciences, decomposition process, and carcass

temperature measurement was compared to entomological analysis. The study aimed to analyze the effectiveness of entomological analysis in veterinary forensic medicine under various conditions of decomposition and post-mortem interval.

According to Casper's Lawcorpses, exposure to open air decomposes twice as quickly as in cold water. Corpses submerged in water decompose four times faster than in dry soil. Visible changes in remains after death, collectively known as post-mortem alterations, of cadavers situated in open environments serve as exemplary models for studying the various manifestations of post-mortem changes. Early post-mortem changes develop in the first 12 h – post-mortem lividity, post-mortem spasm, post-mortem cooling, post-mortem pallor, and post-mortem desiccation. Late ones include autolysis and putrefaction, which manifest according to the timeline. In the first two days, a greenish tint of cutaneous tissue may be visible in different areas, as well as loss of eye turgor. Marbling is present in 2–4 days after death, followed by dark patches in the abdominal area and exudation of putrefactive fluid from natural orifices. After 8–14 days, the putrefactive process is significantly pronounced – subcutaneous putrefactive emphysema, putrefactive blisters, and putrefactive swelling of the abdomen, scrotum, and head area is present with hair loss. After two weeks, discoloration of the sclerae and whole-body swelling is visible. After this particular moment, there are fewer changes as the time follows – a few months are required for mumification process, and 1 to 2 years is needed to finalize the skeletonization process [Madej et al. 2012, Teresiński 2019].

After body examination, the PMI (post-mortem interval) is calculated. Early post-mortem changes mentioned above are considered for calculation, along with eye or rectal temperature measurements. If the carcass is in a late post-mortem changes state, these are put into decomposition scores according to the phases in which they occur and used in a mathematical formula. The Total Decomposition Score (TDS) equals the sum of the Decomposition Scores (DS) in 3 body regions. However, cadavers are sometimes revealed in indoor areas, which slows down the decomposition process and decreases its availability for insects, which should be considered when calculating PMI. Typical insect infestation varies due to the climate where cadavers are found. On corpses found in moderate-temperature climates, two distinct biological groups of insects can be encountered: external parasites, which reside on the victim's body during life, and insects that attack the remains. Not all insects found on corpses feed on them; many incidental species can also be found.

The most diverse in terms of quantity and quality are flies (Diptera), beetles (Coleoptera), and moths (Lepidoptera). Additionally, springtails (Collembola), diplurans (Diplura), bristletails (Thysanura), cockroaches (Blattodea), earwigs (Dermaptera), true bugs (Hemiptera), and wasps (Hymenoptera) also appear on corpses. During the decomposition of cadavers, the primary role is played not by adult insects but by their larvae. Dipteran larvae digest the tissues of the deceased extensively using digestive enzymes such as lipases, proteinases, and collagenases. Furthermore, two subgroups can be distinguished among necrophages: primary and secondary. The former subgroup comprises insects feeding on internal organs and muscles, characterized by rapid development of preimaginal stages. However, they are, unfortunately, susceptible to environmental conditions, primarily temperature, humidity, and sunlight exposure. The latter subgroup comprises organisms decomposing skin, bones, and tendons [Listos et al. 2015].

Among the primary colonizers of cadavers is *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae), commonly known as the bluebottle fly, which initiates oviposition even at temperatures as low as 9°C. Its development cycle, from egg deposition to adult emergence at

22°C, typically spans 18 days (with a range of 14–25 days). Embryonic development (egg stage) occurs within 20–28 h, followed by the first instar larval stage averaging 24 h (with a range of 18–34 h), the second instar stage lasting around 20 h (with a range of 16–28 h), and the third instar stage persisting for approximately 48 h (with a range of 30–68 h). Subsequently, the prepupal stage endures for 128 h (with a range of 72–290 h), and pupation typically takes place over 11 days (with a range of 5 days).

*Lucilia sericata* (Diptera, Calliphoridae) is representative of the second wave of colonizers. At 22°C, the developmental timeline encompasses egg incubation within 12–38 h, the first instar larval stage within 12–28 h, the second instar stage within 9–26 h, the third instar stage within 24–72 h, the prepupal stage within 48–192 h (with an average of 90 h), and pupation occurring within seven days (with a range of 5–11 days). Thus, the complete life cycle of this species typically unfolds within 12–15 days (with a range of 5 days). *Dermestes* (Coleoptera, Dermestidae) is emblematic of the third wave of colonizers, attracted to cadavers by the emission of butyric acid.

In temperate climates, the developmental process involves egg incubation over several days, followed by larval instars (undergoing multiple molts) lasting 2–3 months, and pupation persisting for approximately one month. Upon protein decomposition within cadavers and the release of tyramine, *Piophilidae casei* (Diptera, Piophilidae) emerges as an indicator species for the fourth wave of colonization. In our climatic conditions, the transition from egg to imago unfolds over 12 days, with the embryonic stage spanning one day, the larval stage extending for five days, and pupation occurring over an additional five days. As stated, the longer the body remains – the more insects are attracted to the infestation site. It helps to determine the PMI stage according to many species, which can contribute to better PMI estimation, especially after the 12-hour mark [Wells 2018].

In buried bodies, the decomposition process is significantly slowed because carcass temperature lowers to the soil level, inhibiting enzymatic autolysis and bacteria activity. Al-Zahrani et al. performed research on decomposition using a rabbit model. The cadavers placed above ground underwent decomposition within 30 days, whereas those buried at depths of 20 and 40 cm required 120 days for complete decomposition. Both groups of cadavers exhibited discernible stages of decomposition. It is noteworthy that the dry stage was observed in buried cadavers after 60 days, whereas the control cadaver reached this stage within 14 days.

In another study performed by Niederegger et al. [2015], a more detailed analysis of pig cadavers was presented: discoloration and gas bloating of the abdomen were present on the 7th day, epidermal slippage started on the 13th day, as well as removability of fingernails/claws. Face decomposition began on the 13th day, and skeletonization of face was visible on the 40th day. First signs of adipocere formation were around 30 days after burial. As proven, bodies exhibit similar to the open space placed in cadavers post-mortem changes; however, at a slower pace due to, usually, lower temperature present under ground level and lower microbiological activity, as well as lower or even none insect infestation.

Processes can vary too, for example, in high humidity and low temperature – in soils with high clay concentration, the adipocere formation is present, and in boglands – mummification in peat bog. In human forensic medicine, PMI calculation was developed for buried bodies, where adipocere formation percentage is used for assessment. However, it is yet to be confirmed valid in veterinary forensic medicine [Niederegger et al. 2015, Pittner et al. 2020, Rai et al. 2021, Al-Zahrani et al. 2023]. While most insects cannot access a buried or hidden corpse, Phoridae can still enter the smallest openings. The adult

flies burrow through the soil and oviposit on the corpse. Other insect species have been observed on buried bodies, indicating their preferences for underground environments or confined spaces. Some of the critical insect species found on buried bodies include:

Table 1. Insect species observed in buried bodies

Insect species	Timeframe on buried bodies	Behavior/characteristics
<i>Ophyra capensis</i>	2–30 months	found in high quantities on corpses, indicating a link with buried bodies
<i>Conicera tibialis</i>	regularly observed	lays eggs directly on cadavers underground
<i>Leptocera caenosa</i>	about two months to one year post-burial	associated with organic materials in underground environments
<i>Megaselia rufipes</i>	after six months	prefers underground environments
<i>Fannia</i> spp.	six months to one year	develops various organic materials on buried bodies
<i>Staphylinidae</i>	between 6 months and one year	attracted to buried bodies and other organic materials
<i>Calliphora vicina</i>	once observed after one month	difficulties in laying eggs directly on buried bodies
<i>Phoridae</i> spp.	various	found on animal bodies, including buried

These insect species play crucial roles in forensic entomology, aiding in estimating post-mortem intervals and providing valuable information about burial conditions and decomposition processes. Although many species of insects feeding on buried remains have been mentioned, few contribute value to a forensic expert in assessing the time of death due to the better and more accurate determination of PMI through standard techniques [Bourel et al. 2004].

During the summer months, when the water temperature reaches 18°C, signs such as the emergence of bodies to the surface, slippage of the epidermis, and changes in skin coloration can be observed within just 2–3 days. Conversely, in winter months, when river and lake temperatures drop to 4°C, these changes may only appear after 3–4 weeks. Measuring body temperature is the best practice for assessing the PMI in submerged bodies. However, the cadaver quickly changes temperature, which matches the water, making this method unusable later. Within 3–4 h after death, the skin becomes white, wrinkled, and dull, along with goose skin, resulting from the post-mortem contraction of hair muscles. The pace of subsequent changes depends on the water temperature – the lower the temperature, the slower the changes. After several days (typically 3–5), the skin on the limbs detaches from the underlying tissue, and the body becomes covered with algae, too. Following this period, the first signs of decomposition start to appear, as discussed in the description of bodies placed in open areas – thus occurring later than in that scenario [Teresinski 2019]. In water, typical insects used in veterinary forensic assessments are not present to indicate or aid in determining the PMI [Fenoglio et al. 2014]. However, upon the emergence of the body, insects begin to appear, which can help establish the time of emergence and

consequently determine the PMI. The insects found on such bodies will be the same as those present on bodies in open terrain on land [Charabidze et al. 2017].

Table 2. Usability of entomology and standard methods of PMI evaluation

Method	Cadavers remaining on the soil	Buried cadavers	Submerged in water, cadavers
Entomology	very usable, especially in later decomposition stages	low usability due to low necrophagous insect infestation	usable to assess when the floating of the body was present
“Standard” methods	very usable throughout all post-mortem changes, very accurate during early stages of pmi evaluation	somewhat usable; however, pmi interval is highly altered by temperature and humidity	usable throughout all the stages

Entomotoxicological analysis is a toxicological analysis of xenobiotics, mostly in forensic sciences, using larvae and pupae of insects infesting the body. It proved to be a reliable source of information on cadavers remaining on soil; however, it is much harder to perform under circumstances of buried or submerged bodies because there are not enough insects to perform the analysis. It is possible to detect the substances in the insects themselves and determine PMI due to the alteration that drugs make on the lifecycle of various insects. Some drugs that have been successfully detected using entomotoxicology techniques include barbiturates, opioids (morphine, heroin, codeine, methadone, tramadol, mitragynine), benzodiazepines (flunitrazepam, diazepam, nordiazepam, oxazepam, bromazepam, temazepam, triazolam, prozepam), antidepressants (amitriptyline, nortriptyline, trimipramine, trazodone), pesticides (malathion, chlorpyrifos, endosulfan) and mercury. Nowadays, the entomotoxicological analysis needs more research to determine if it can be used outside of typical drug abuse situations. It is a promising tool for determining human and animal species' cause and time of death [Introna et al. 2001, Sari et al. 2023].

Table 3. Usability of entomotoxicology in its current state

Method	Cadavers remaining on the soil	Buried cadavers	Submerged in water, cadavers
Entomotoxicology	good, but proved only on a limited number of substances	low due to the low insect infestation	hard to determine – usable only after floating

## Conclusions

The article underscores the importance of insects as potentially vital indicators for determining the post-mortem interval and detection of drugs and xenobiotics. While their reliability may diminish in scenarios involving water immersion or buried when integrated with conventional PMI assessment techniques, they can still play a substantial role in veterinary forensic evaluations. Forensic entomology faces challenges in standardization across different climatic regions, hindering its widespread adoption as a reliable

forensic science tool. In contrast, entomotoxicology faces similar challenges due to the limited number of substances researched. Addressing this issue is crucial for enabling more precise and universal application of entomological and entomotoxicological methods in forensic investigations worldwide. Furthermore, advancements in methodologies like forensic palynology, muscle sampling, protein degranulation, and microbiological analysis offer promising avenues for forensic experts to enhance their investigative arsenal. These emerging methods hold the potential to refine PMI estimations and bolster the accuracy of veterinary forensic assessments.

## References

- Al-Zahrani O., Al-Khalifa MS., Al-Qahtni AH., Al-Mekhlafi FA., 2023. Decomposition and dipteran succession on buried rabbits carcasses. *Saudi. J. Biol. Sci.* 30(11), 103822. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103822>
- Bourel B., Tournel G., Hédouin V., Gosset D., 2004. Entomofauna of buried bodies in northern France. *Int. J. Legal. Med.* 118(4), 215–220. <https://doi.org/10.1007/s00414-004-0449-0>
- Brundage A., Byrd J.H., 2016. Forensic entomology in animal cruelty cases. *Vet. Pathol.* 53(5), 898–909. <https://doi.org/10.1177/0300985816651683>
- Byrd J.H., Castner L., 2009. *Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations*, Second Edition. CRC Press, USA.
- Charabidze D., Gosselin M., Hedouin V., 2017. Use of necrophagous insects as evidence of cadaver relocation: myth or reality? *Peer J.* 5, e3506. <https://doi.org/10.7717/peerj.3506>
- Fenoglio S., Merritt RW., Cummins KW., 2014. Why do no specialized necrophagous species exist among aquatic insects?. *Freshw. Sci.* 33(3), 711–715.
- Introna F., Campobasso C.P., Goff M.L., 2001. Entomotoxicology. *Forensic. Sci. Int.* 120(1–2), 42–47. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(01\)00418-2](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(01)00418-2)
- Listos P., Gryzinska M., Batkowska, J., Czepiel-Mil K., Marczevska P., 2015. Badania z zakresu entomologii sądowo-lekarskiej w aspekcie ustalenia czasu śmierci zwierząt. *Życie Wet.* 90, 724–728.
- Lutz L., Zehner R., Verhoff MA., 2021. It is all about the insects: a retrospective on 20 years of forensic entomology highlights the importance of insects in legal investigations. *Int. J. Legal. Med.* 135, 2637–2651. <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02628-6>
- Madej J.A., Houszka M., Nowak M., Dzimira S., Kapuśniak V., 2012. *Technika badań patomorfologicznych zwierząt domowych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław.
- Niederegger S., Schermer J., Höfig J., Mall G., 2015. Case report: Time of death estimation of a buried body by modeling a decomposition matrix for a pig carcass. *Leg. Med. (Tokyo)*. 17(1), 34–38. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2014.08.007>
- Pittner S., Bugelli V., Benbow ME., 2020. The applicability of forensic time since death estimation methods for buried bodies in advanced decomposition stages. *PLoS One* 15(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243395>
- Rai J.K., Pickles B.J., Perotti M.A., 2021. The impact of the decomposition process of shallow graves on soil mite abundance. *J. Forensic Sci.* 67, 605–618. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14906>
- Sari S.A., Muda N.W., Huri M.A.M., Keyon A.S.A., Azman A.R., Arafat-Mahat N., 2023. Analysis of poisons and drugs in entomological specimens for forensic applications: a review. *Arab. J. Basic Appl. Sci.* 30(1), 401–428. <https://doi.org/10.1080/25765299.2023.2230006>
- Teresiński G., 2019. *Medycyna sądowa. Tanatologia i traumatologia sądowa*. PZWL, Warszawa.
- Wells J.D., 2018. A forensic entomological analysis can yield an estimate of post-mortem interval, and not just a minimum post-mortem interval: An explanation and illustration using a case. *J. Forensic Sci.* 64(2), 634–637. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13912>



## **Zrównoważona ochrona roślin: rola induktorów odpornościowych w redukcji użycia pestycydów**

Sustainable plant protection: the role of resistance inducers in reducing pesticide use

### **Wstęp**

Współczesne wyzwania związane z ochroną roślin przy jednoczesnym zapewnieniu stabilności produkcji rolnej stanowią kluczowe zagadnienia dla rolnictwa i środowiska naturalnego. Dynamika zmian klimatycznych, erozja gleb, utrata bioróżnorodności i rosnące zapotrzebowanie na produkty rolnicze stawiają przed sektorem rolniczym coraz większe wyzwania, wymagając równocześnie innowacyjnych i zrównoważonych rozwiązań ochrony środowiska. W tym kontekście rosnące zaniepokojenie dotyczące negatywnego wpływu pestycydów na środowisko, zdrowie ludzi oraz rozwój odporności szkodników i patogenów stwarza pilną potrzebę poszukiwania alternatywnych i zrównoważonych strategii ochrony roślin [Nowak i in. 2015].

Przykładowymi induktorami odpornościowymi roślin są substancje, takie jak kwas salicylowy, chitynaza czy oligosacharydy. Mechanizm aktywacji szlaków sygnalizacyjnych, prowadzący do wzmocnienia odporności roślin na patogeny przez te związki, jest różny i może obejmować m.in. aktywację genów zaangażowanych w syntezę przeciwdrobnoustrojowych związków chemicznych czy produkcję przeciwutleniaczy. Mechanizmy aktywacji tych szlaków sygnalizacyjnych mogą różnić się w zależności od rodzaju induktora oraz reakcji rośliny na stres biotyczny [Montesano 2002].

Celem pracy jest pogłębienie wiedzy na temat roli induktorów odpornościowych w kontekście zrównoważonej ochrony roślin i redukcji stosowania pestycydów. Zrozumienie mechanizmów działania tych substancji oraz ich skuteczne stosowanie mogą przyczynić się nie tylko do redukcji negatywnego wpływu pestycydów na środowisko, ale także do poprawy efektywności ekonomicznej produkcji rolniczej przy zachowaniu wysokich standardów ochrony roślin i bezpieczeństwa żywności. Zapewni to poprawę standardów ochrony roślin i bezpieczeństwa żywności. Dzięki badaniom nad induktorami odpornościowymi istnieje możliwość opracowania nowych strategii ochrony roślin, które będą bardziej przyjazne dla środowiska i przyczynią się do zrównoważonego rozwoju rolnictwa.

### **Wykorzystanie pestycydów w ochronie roślin**

Pestycydy odgrywają kluczową rolę we współczesnej ochronie roślin, stanowiąc jedno z najważniejszych narzędzi w zwalczaniu szkodników i chorób roślinnych. Wybór

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe BIOM, kingalewkowicz.2000@wp.pl

odpowiednich pestycydów oraz ich właściwe zastosowanie są kluczowe dla zapewnienia optymalnej ochrony upraw rolnych. Skuteczne działanie pestycydów przyczynia się do ograniczenia strat plonów spowodowanych przez agresję biotyczne, co ma istotne znaczenie dla zrównoważonego rozwoju rolnictwa i zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego. Jednocześnie istnieje potrzeba monitorowania i ograniczania negatywnych skutków stosowania pestycydów dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzkiego, co wymaga stałego udoskonalania metod i strategii stosowania tych substancji [Nowak i in. 2015].

Klasyfikacja pestycydów ze względu na ich działanie obejmuje trzy główne grupy: insektycydy, fungicydy i herbicydy. Insektycydy są przeznaczone do zwalczania owadów szkodliwych dla roślin, takich jak chrząszcze, mszyce czy motyle. Fungicydy są środkami zwalczającymi grzyby chorobotwórcze, które mogą powodować poważne choroby roślin, m.in. zgniliznę czy rdzę. Natomiast herbicydy eliminują chwasty, które konkurują z roślinami uprawnymi o wodę, składniki mineralne oraz przestrzeń do wzrostu [Kowalska i Kowalski 2019]. Wybór odpowiedniego pestycydu oraz sposobu jego aplikacji jest ściśle uzależniony od rodzaju szkodnika lub patogenu, stopnia zaawansowania infekcji, typu uprawy oraz warunków środowiskowych. Pestycydy mogą być stosowane zarówno prewencyjnie, jak i interwencyjnie. Prewencja polega na regularnym używaniu pestycydów przed spodziewanym wystąpieniem szkodnika lub choroby w celu zapobieżenia ich rozprzestrzenianiu się i minimalizacji strat. Natomiast interwencja obejmuje natychmiastowe działanie w momencie stwierdzenia obecności szkodnika lub objawów choroby, aby w szybki sposób zlikwidować zagrożenie i ochronić plony [Nowak i in. 2015].

Mimo skuteczności tych substancji w ochronie roślin istnieją także wyzwania i ograniczenia związane z ich stosowaniem, takie jak rozwój odporności patogenów oraz negatywny wpływ na inne organizmy. W związku z tym coraz większą uwagę przykładają się do poszukiwania alternatywnych metod ochrony roślin, takich jak wykorzystanie induktorów odpornościowych i innych biologicznych środków ochrony. Badania nad takimi alternatywnymi rozwiązaniami przyczyniającymi się do zwiększenia ochrony roślin nabierają znaczenia w kontekście redukcji użycia pestycydów. Minimalizacja chemikaliów może przynieść korzyści dla środowiska i zdrowia publicznego, jednocześnie przeciwdziałając problemom związanym z odpornością patogenów [Meena i in. 2022].

### **Induktory odpornościowe roślin**

Podczas narażenia na stres biotyczny czy abiotyczny w roślinach uruchamiane są złożone mechanizmy sygnałowe, które koordynują wielorakie odpowiedzi na stres [Chen i in. 2020]. Elicytory, nazywane również induktorami odporności roślin, to cząsteczki wykazujące zdolność wywoływania nabytej odporności systemowej lub indukowanej odporności systemowej u roślin poprzez stymulowanie ekspresji genów związanych z procesem patogenezą [Montesano 2002]. Induktory odporności roślin składają się z cząsteczek, takich jak lipidy, proteiny, peptydy i oligosacharydy. Te cząsteczki są wykrywane przez receptory obecne wewnątrz lub na powierzchni rośliny, co skutkuje aktywacją szlaków obronnych [Meena i in. 2022]. Elicytory pełnią funkcję związków sygnałowych, działając w niskich stężeniach i dostarczając roślinie informacji o potrzebie aktywacji mechanizmów obronnych. To odróżnia je od toksyn, które działają głównie w wyższych stężeniach i mogą negatywnie wpływać na roślinę [Montesano 2002].

## Klasyfikacja induktorów odporności roślin

Induktory odporności roślin stanowią bardzo bogatą i zróżnicowaną grupę cząsteczek. Elicytory można pogrupować na endogenne i egzogenne. Egzogenne elicytory są bezpośrednio produkowane przez patogeny, a w odpowiedzi na to komórki gospodarza wytwarzają inne cząsteczki znane jako endogenne elicytory [Meena i in. 2022]. Naukowcy prezentują również podział induktorów odporności roślin na biologiczne i chemiczne. Elicytory biologiczne, zwane też mikrobiologicznymi lub biotycznymi, to składniki komórek mikroorganizmów, które wywołują odpowiedź obronną roślin. Przykładem elicytora mikrobiologicznego jest chityna [Sanabria i in. 2010, Hayafune i in. 2014]. Elicytory można również podzielić na ogólne oraz specyficzne dla gatunku. Induktory ogólne aktywują mechanizmy obronne poprzez wykrywanie potencjalnych patogenów w roślinach zarówno będących, jak i niebędących gospodarzem. Większość ogólnych elicytorów znajduje się w ścianie komórkowej patogenów, gdzie pełnią funkcję składników strukturalnych, takich jak lipopolisacharydy (LPS), chityna, glukan i flagelina. Elicytory specyficzne gatunkowo kontrolują sygnalizację genów odpornościowych odpowiadających za inicjację szlaku odpowiedzi odpornościowej rośliny. Odgrywają one istotną rolę w wirulencji ze względu na występowanie genów Avr i Harpin. Geny Avr są obecne w różnych typach mikroorganizmów, m.in. w grzybach [Meena i Swapnil 2019].

Oprócz wyżej wymienionych elicytorów opisano także induktory odporności roślin obecne w wirusach lub produkowane przez owady. Owady żujące powodują mechaniczne uszkodzenia roślin, a dodatkowo wytwarzają wysoce specyficzne elicytory [Montesano 2002]. Wśród związków występujących w wydzielinie owadów wyróżnione zostały enzymy ( $\beta$ -glukozydaza), peptydy i estry kwasów tłuszczowych (wolicytyna) [War i in. 2018]. Istnieją także cząsteczki chemiczne mające zdolność indukowania odporności roślin poprzez aktywację syntezy różnych związków fenolowych. Do ich grona badacze zaliczają m.in. kwas salicylowy, metylosalicylan, chitozan, kwas benzoesowy czy benzotiadiazol [Heimpel i Mills 2017]. Udokumentowano udział kwasów indoloocetowego i salicylowego w ekspresji genów odpowiedzialnych za stres oksydacyjny i patogenność w częściach roślin kukurydzy i pomidora [Enebe i Babalola 2019]. Również niektóre chemiczne związki lotne wykazują silne działanie indukujące odporność roślin. Naukowcy wśród tych substancji wymieniają m.in.: 1,3-propanodiol, 3-pentanol, 2-butanon i albuterol [Tahir i in. 2017]. Oprócz wyżej wymienionych enancjomery 2,3-butanodiolu zostały zauważone jako czynniki hamujące choroby wywołane przez wirus mozaiki ogórka (CMV) oraz wirus mozaiki tytoniu (TMV), a także indukujące odporność układową u papryki [Kong i in. 2018]. Zastosowanie kwasu  $\beta$ -aminomasłowego (BABA) i syntetycznego kwasu salicylowego spowodowało produkcję enzymów chitynazy i 1,3-glukanazy oraz wywołało odporność w roślinie pomidora przeciwko *Alternaria solani* [Raut i Borkar 2014]. Dodatkowo badania przeprowadzone na roślinach ziemniaka wykazały, że zastosowanie zewnętrznych induktorów chemicznych, takich jak kwas absycynowy, nadtlenek wodoru i kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy, wywołały reakcję obronną przeciwko *A. solani* [Nassar i Adss 2016]. Jony wapnia mogą również działać jako chemiczne elicytory, indukując reakcje obronne w roślinach poprzez zwiększenie aktywności peroksydazy oraz produkcję innych substancji, które pomagają w hamowaniu wzrostu grzybów w roślinach [Downie 2014]. Z kolei wyciągi roślinne – limonoidy, obecne w wyciągu z rośliny *Munronia henryi*, okazały się skuteczne przeciwko wirusowi mozaiki tytoniu [Yan i in. 2018].

## Mechanizm działania induktorów odporności roślin

Indukowanie odporności roślin jest istotnym mechanizmem, podczas którego zdolność obronna rośliny jest wzmacniana w wyniku uzyskania odpowiedniego bodźca w odpowiedzi na różnorodne patogeny i szkodniki [Swapnil i in. 2021].

Połączenie cząsteczki elicytora z receptorem informuje o infekcji lub ataku na roślinę gospodarza, co uruchamia kaskadę sygnałów. Prowadzi to do aktywacji różnych rodzajów odporności u rośliny gospodarza, pomagając jej poradzić sobie z atakiem [Malik i in. 2020]. Po ataku patogenu pierwszą linią obrony jest reakcja nadwrażliwości, która działa jak lokalna bariera obronna i reguluje proces apoptozy komórek w obszarze infekcji. Po reakcji nadwrażliwości następuje aktywacja odpowiedzi immunologicznej, w tym produkcja przeciwciał i reakcja komórek układu immunologicznego. Mechanizmy te mają na celu zniszczenie patogenu oraz ograniczenie jego rozprzestrzeniania się. Dodatkowo roślina może wydzielać substancje chemiczne, które działają toksycznie na patogeny lub przyciągają naturalnych wrogów tych patogenów. Te kompleksowe mechanizmy obronne zapewniają skuteczną ochronę przed infekcją i utrzymują homeostazę rośliny [Venegas-Molina i in. 2020]. Elicytor może działać bezpośrednio jako ligand lub uwalniać związki roślinne, które oddziałują z receptorami. Induktor odporności może tworzyć pory błonowe, które wyzwalają odpowiedź immunologiczną. Takie mechanizmy aktywności elicytora sugerowano dla peptydów z grzyba pasożytniczego *Trichoderma viridae* [Montesano 2002].

Powszechną strategią sygnalizacji obronnej jest modyfikacja przepuszczalności jonnej błony komórkowej. Pierwszy etap pobudzenia następuje poprzez aktywację molekuly receptora, co prowadzi do otwarcia kanałów jonowych wzdłuż błony komórkowej. W efekcie jony wapnia wnikają do komórek roślin, co dalej inicjuje produkcję ROS (ang. *reactive oxygen species*) wewnątrz komórki [Meena i in. 2022]. Akumulacja ROS inicjuje wybuch tlenowy, który działa bezpośrednio jako mechanizm obronny lub przekazuje sygnał do aktywacji innych odpowiedzi obronnych [Nürnberg i Scheel 2001]. Programowana śmierć komórkowa (PCD) stanowi inną metodę systemowej odpowiedzi, w której kilka genów jest związanych z szybkim gromadzeniem się substancji toksycznych i produkcją ROS, co prowadzi do obumarcia komórek [Delledonne i in. 2001].

Synteza fitoaleksyn również stanowi formę obrony chemicznej roślin. Fitoaleksyny są wtórnymi metabolitami o charakterze fenolowym, syntetyzowanymi po indukcji dostarczonej przez elicytory. Wykazują różnorodne właściwości biologiczne, w tym antybiotyczne, przeciwgrzybicze, przeciwutleniające i przeciwnowotworowe. Mikroorganizmy mają zdolność do produkcji różnych typów hormonów, takich jak auksyny czy cytokininy, które są rozpoznawane przez receptory hormonalne roślin, zmieniając morfologię i fizjologię ich korzeni [Keswani i in. 2020].

## Zastosowanie induktorów odporności w praktyce rolniczej

Wykorzystanie elicytorów przyczynia się do zwiększenia produktywności rolniczej poprzez zmniejszenie szkód spowodowanych przez grzyby, szkodniki, insekty, roślinożerców, jak również szkód wynikających z czynników środowiskowych. Elicytory, jak np. kwas salicylowy i nadtlenek wodoru, mogą być łatwo stosowane w różnych systemach uprawy poprzez opryskiwanie [Thakur i Sohal 2013], a elicytory fizyczne, takie jak

promieniowanie ultrafioletowe, można łatwo łączyć z innymi zabiegami chemicznymi lub biologicznymi. Stres spowodowany działaniem elicytorów często prowadzi do akumulacji biologicznie aktywnych związków, które mogą być używane jako nutraceutyki [Caicedo-López i in. 2021].

Jak dotąd nie znaleziono żadnych dowodów na negatywne skutki stosowania elicytorów biotycznych lub abiotycznych dla roślin, ludzi ani środowiska. Jak wskazują badania, stymulacja abiotyczna za pomocą promieniowania UV-B lub UV-C nie jest szkodliwa dla ludzi i innych organizmów, ponieważ wymaga krótkotrwałego dostarczenia energii, co prowadzi do stymulacji roślin bez zmiany ich cech fizycznych lub składu odżywczego [Urban i in. 2018]. W przypadku elicytorów biotycznych dawki stosowane w rolnictwie są zbyt niskie, aby wystąpiły jakiegokolwiek negatywne skutki dla środowiska lub organizmów żywych. Chociaż nadtlenek wodoru jest silnym drażniącym związkiem, nie jest on rakotwórczy. Kwas salicylowy to kolejny niekancerogeny i niskiego ryzyka elicytor biotyczny [Caicedo-López i in. 2021].

Metabolity wtórne, syntetyzowane i gromadzone w roślinach w wyniku działania induktorów odporności, również znajdują liczne zastosowania w rolnictwie. Pomagają chronić przed mikroorganizmami, a także biorą udział w utrzymaniu równowagi redoks [Mikail i in. 2022]. Krysztaly *Bacillus thuringiensis* oraz spinosynat pełnią funkcję biologicznych środków owadobójczych, polioksyny i kasugamycyna działają jako preparaty biologiczne zwalczające owady. Natomiast fitohormony, takie jak gibereliny, regulują wzrost rośliny [Jakupi i Demirbas 2022].

## Podsumowanie

Niniejsza praca stanowi kompleksową analizę roli induktorów odpornościowych w kontekście zrównoważonej ochrony roślin i redukcji stosowania pestycydów. W kontekście zmniejszania negatywnego wpływu pestycydów na środowisko naturalne i zdrowie publiczne zastosowanie induktorów odpornościowych stanowi obiecującą alternatywę. Ich wykorzystanie może prowadzić do zmniejszenia użycia chemikaliów ochronnych, minimalizując negatywne skutki dla środowiska oraz zapewniając bezpieczeństwo żywności. Dalsze badania nad optymalizacją stosowania induktorów odpornościowych, ich wpływem na efektywność ochrony roślin oraz ekonomiczne aspekty produkcji rolnej są niezbędne dla praktycznego wdrożenia tych rozwiązań. Wprowadzenie nowoczesnych strategii ochrony roślin opartych na induktorach odpornościowych może przyczynić się do rozwoju zrównoważonego rolnictwa, zachowania bioróżnorodności oraz poprawy jakości środowiska życia. Dążenie do harmonii między produktywnością rolniczą a zachowaniem ekosystemów jest kluczowe dla zapewnienia trwałego i zrównoważonego rozwoju naszej planety.

## Bibliografia

Caicedo-López L.H., Aranda A.L.V., Sáenz de la O.D., Gómez C.E.Z., Márquez E.E., Zepeda H.R., 2021. Elicitors: Bioethical implications for agriculture and human health. *Rev. Bioét.* 29, 76–86. <https://dx.doi.org/10.1590/1983-80422021291448>

- Chen Y.L., Fan K.T., Hung S.C., Chen Y.R., 2020. The role of peptides cleaved from protein precursors in eliciting plant stress reactions. *New Phytol.* 225(6), 2267–2282. <https://doi.org/10.1111/nph.16241>
- Delledonne M., Zeier J., Marocco A., Lamb C., 2001. Signal interactions between nitric oxide and reactive oxygen intermediates in the plant hypersensitive disease resistance response. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 98(23), 13454–13459. <https://doi.org/10.1073/pnas.231178298>
- Downie J.A., 2014. Calcium signals in plant immunity: a spiky issue. *New Phytol.* 204(4), 733–735. <https://doi.org/10.1111/nph.13119>
- Enebe M.C., Babalola O.O., 2019. The impact of microbes in the orchestration of plants' resistance to biotic stress: a disease management approach. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 103(2), 9–25. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9433-3>
- Heimpel G.E., Mills N.J., 2017. *Biological control*. Cambridge University Press.
- Hayafune M., Berisio R., Marchetti R., Silipo A., Kayama M., Desaki Y., Arima S., Squeglia F., Ruggiero A., Tokuyasu K., Molinaro A., Kaku H., Shibuya N., 2014. Chitin-induced activation of immune signaling by the rice receptor CEBiP relies on a unique sandwich-type dimerization. *PNAS* 111(3), 404–413.
- Jakupi M., Demirbas S., 2022. Production of secondary metabolites through elicitors: their application in agriculture. *J. Balkan Sci. Technol.* 1, 165–172.
- Keswani C., Singh S.P., Cueto L., García-Estrada C., Mezaache-Aichour S., Glare T.R., Borriss R., Singh S.P., Blázquez M.A., Sansinenea E., 2020. Auxins of microbial origin and their use in agriculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 104(20), 8549–8565. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10890-8>
- Kong H.G., Ryu C.M., 2018. Stereoisomers of the bacterial volatile compound 2, 3-butanediol differently elicit systemic defense responses of pepper against multiple viruses in the field. *Front. Plant Sci.* 9, 333556. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00090>
- Kowalska G., Kowalski R., 2019. Pestycydy – zakres i ryzyko stosowania, korzyści i zagrożenia. *Praca przeglądowa. Ann. Hort.* 29(2), 5–25. <https://doi.org/10.24326/ah.2019.2.1>
- Malik Z., Afzal S., Danish M., Abbasi G.H., Bukhari S.A.H., Khan M.I., Dawood M., Kamran M., Soliman M.H., Rizwan M., Alhaithloul H.A.S., Ali S., 2020. Role of nitric oxide and calcium signaling in abiotic stress tolerance in plants. W: A. Roychoudhury, D.K. Tripathi (red.), *Protective chemical agents in the amelioration of plant abiotic stress: biochemical and molecular perspectives*, Wiley Blackwell, 563–581.
- Meena M., Swapnil P., 2019. Regulation of WRKY genes in plant defence with beneficial fungus *Trichoderma*: current perspectives and future prospects. *Arch. Phytopath. Plant Prot.* 52(1–2), 1–17. <https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1606490>
- Meena M., Yadav G., Sonigra P., Nagda A., Mehta T., Swapnil P., Marwal A., 2022. Role of elicitors to initiate the induction of systemic resistance in plants to biotic stress. *Plant Stress* 5, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100103>
- Mikail H.G., Mohammed M., Umar H.D., Suleiman M.M., 2022. Secondary metabolites: The natural remedies. W: R. Vijayakumar, S. Raja (red.), *Secondary metabolites*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101791>
- Montesano M., 2002. *Molecular characterization of plant defense responses to Erwinia carotovora*. University of Helsinki, Helsinki.
- Nassar A.M., Adss I.A., 2016. 2,4-Dichlorophenoxy acetic acid, abscisic acid, and hydrogen peroxide induced resistance-related components against potato early blight (*Alternaria solani*, So-rauer). *Ann. Agric. Sci.* 61(1), 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2016.04.005>
- Nowak R., Włodarczyk-Makula M., Mamzer E., 2015. Ryzyko środowiskowe i zdrowotne wynikające ze stosowania środków ochrony roślin. *Zesz. Nauk. WSZOP w Katowicach* 1(11), 51–63.
- Nürnberg T., Scheel D., 2001. Signal transmission in the plant immune response. *Trends Plant Sci.* 6(8), 372–379. [https://doi.org/10.1016/s1360-1385\(01\)02019-2](https://doi.org/10.1016/s1360-1385(01)02019-2)
- Raut S.A., Borkar S.G., 2014. PR-proteins accumulation in tomato plant due to application of resistance inducing chemicals during period of induced resistance against *Alternaria* leaf blight. *Sci. Int.* 2(3), 72–75. <http://dx.doi.org/10.17311/sciintl.2014.72.75>

- Sanabria N.M., Huang J.C., Dubery I.A., 2010. Self/non-self perception in plants in innate immunity and defense. *Self Nonself*. 1(1), 40–54. <https://doi.org/10.4161/self.1.1.10442>
- Swapnil P., Meena M., Singh S.K., Dhuldhaj U.P., Marwal A., 2021. Vital roles of carotenoids in plants and humans to deteriorate stress with its structure, biosynthesis, metabolic engineering and functional aspects. *Curr. Plant Biol.* 26(1), 100203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100203>
- Tahir H.A.S., Gu Q., Wu H., Raza W., Safdar A., Huang Z., Rajer F.U., Gao X., 2017. Effect of volatile compounds produced by *Ralstonia solanacearum* on plant growth promoting and systemic resistance inducing potential of *Bacillus volatiles*. *BMC Plant Biol.* 17(133), 10–16. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1083-6>
- Thakur M., Sohal B.S., 2013. Role of elicitors in inducing resistance in plants against pathogen infection: a review. *ISRN Biochem.* 762412. <https://doi.org/10.1155%2F2013%2F762412>
- Urban L., Sari D.C., Orsal B., Lopes M.M.D.A., Miranda R., Aarrouf J., 2018. UV-C light and pulsed light as alternatives to chemical and biological elicitors for stimulating plant natural defenses against fungal diseases. *Sci. Hortic.* 235, 452–459. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.057>
- Venegas-Molina J., Proietti S., Pollier J., Orozco-Freire W., Ramirez-Villacis D., Leon-Reyes A., 2020. Induced tolerance to abiotic and biotic stresses of broccoli and *Arabidopsis* after treatment with elicitor molecules. *Sci. Rep.* 10(1), 10319. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67074-7>
- War A.R., Taggar G.K., Hussain B., Taggar M.S., Nair R.M., Sharma H.C., 2018. Plant defence against herbivory and insect adaptations. *AoB Plants* 10(4), ply037. <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply037>
- Yan Y., Tang L., Hu J., Wang J., Adalakun T.A., Yang D., Di Y., Zhang Y., Hao X., 2018. Munronin O, a potential activator for plant resistance. *Pestic. Biochem. Physiol.* 146, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.02.001>

Julia Maciejczak<sup>1</sup>, Katarzyna Wadowska<sup>1</sup>, Paulina Hołub<sup>1</sup>, Dominika Chmielewska<sup>1</sup>,  
Anna Pecyna<sup>2</sup>, Agnieszka Buczaj<sup>2</sup>

## Ocena wydatku energetycznego podczas zimowo-wiosennych prac przy uprawie jablek i wiśni

Evaluation of energy expenditure during winter-spring apple and cherry cultivation works

### Wstęp

W obecnych czasach sektor produkcji rolnej jest jedną z trudniejszych dziedzin gospodarki nie tylko w Polsce, ale i w całej Unii Europejskiej. Osoby zajmujące się rolnictwem napotykać wiele wyzwań, którym muszą sprostać, aby móc stabilnie funkcjonować na rynku. Nie wystarczy już, aby rolnik miał maszyny, był pracowity i umiał przewidzieć pogodę. Obecnie w obliczu funkcjonowania otwartego rynku europejskiego rolnik dodatkowo musi być m.in. przewidującym ekonomistą, skutecznym menadżerem, niekiedy sprawnym kadrowym. Nie inaczej jest w sektorze sadowniczym, w którym osoby zajmujące się produkcją owoców napotykać liczne powiązane ze sobą wyzwania natury m.in. ekonomicznej, klimatycznej czy logistycznej. Wszystko to powoduje, że praca ta jest postrzegana jako ciężka i trudna. Sadownik to zawód związany z rolnictwem, specjalizujący się w uprawie i pielęgnacji drzew oraz innych roślin owocowych. Jego głównym celem jest produkcja zdrowych, wysokiej jakości owoców, głównie jablek, gruszek, wiśni, owoców jagodowych oraz wielu innych. W trakcie swojej działalności sadownicy muszą podejmować decyzje dotyczące wyboru odmian roślin, optymalnych praktyk uprawowych, zarządzania glebą i kontrolowania szkodników. Aby osiągnąć jak najbardziej efektywną i zrównoważoną produkcję owoców wysokiej jakości, sadownicy muszą dostosować swój cykl pracy do wegetatywnego cyklu wzrostu uprawianych przez siebie roślin. Praca na tym stanowisku wymaga różnorodnych umiejętności i wiedzy z zakresu rolnictwa, ogrodnictwa, technologii uprawy roślin, ochrony roślin, a także dobrych umiejętności organizacyjnych, potrzebuje stałej uwagi i troski o rośliny, co zapewnia uzyskanie zdrowych i wysokiej jakości plonów owoców [Łuszczewska 1999].

Zmienne warunki atmosferyczne, wzrost kosztów produkcji oraz globalne zmiany rynkowe sprawiają, że sadownicy stają przed trudnościami związanymi z utrzymaniem ekonomicznej stabilności, w związku z tym pracują jeszcze więcej, doprowadzając do znacznego obciążenia fizycznego organizmu, a w konsekwencji do wystąpienia urazów i różnych schorzeń.

Obciążenie fizyczne podczas wykonywania pracy w sadzie jest wynikiem wielu czynników. Sadownicy często wykonują powtarzalne czynności związane z ręcznym sadzeniem drzew, przycinaniem gałęzi i formowaniem koron drzew. W czasie zbiorów często muszą się schylać, unosząc ciężkie kosze owoców, czy korzystać z drabin, co wiąże

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe Ergonomii i BHP, maciejczakjulia3@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Podstaw Techniki



się z pracą w niewygodnych pozycjach. Ponadto praca ta jest wykonywana w zmiennych warunkach atmosferycznych. Wszystkie te czynniki sprawiają, że praca w sadzie może skutkować poważnymi problemami zdrowotnymi, w tym urazami, dolegliwościami bólowymi ze strony układu mięśniowo-szkieletowego (głównie kręgosłupa i kończyn górnych), bólami mięśni, uszkodzeniami skóry oraz problemami z układem oddechowym. Dlatego też ważne jest rozpoznanie i zrozumienie wpływu obciążenia pracą na stanowiskach związanych z uprawą oraz pielęgnacją roślin na organizm człowieka [Oleszak 2012].

### **Obciążenie człowieka pracą**

Obciążenie pracą to wskaźnik trudności i wymagań, jakie są stawiane przed pracownikami w miejscu pracy. Odzwierciedla fakt, ile wysiłku, odpowiedzialności i stresu wymaga dana praca. Wyższe obciążenie oznacza, że praca jest bardziej złożona i wymagająca. Obciążenie pracą dzieli się na obciążenie psychiczne i fizyczne [Uzarczyk 2006]. Obciążenie psychiczne jest miarą zaabsorbowania uwagi i procesów myślowych oraz układu nerwowego, pochodzące od samej pracy lub fizycznych i psychicznych warunków pracy. Obciążenie fizyczne na stanowiskach pracy może być związane z dużym wysiłkiem, utrzymaniem niezmienną pozycję przy pracy, powtarzaniem tych samych ruchów i wynika głównie z ręcznego transportu ładunków, ich pchania lub ciągnięcia [Tokarski i Kamińska 2016].

Praca fizyczna może mieć charakter statyczny bądź dynamiczny. Przy wykonywaniu pracy statycznej układ mięśniowy jest długotrwale napięty, bez zmian w położeniu ciała lub jego części. Praca statyczna ramion lub tułowia ma miejsce, gdy osoba wykonująca pracę utrzymuje przedmioty przy unieruchomionym ramieniu, w pewnej odległości od tułowia, z pochYLENIEM DO PRZODU LUB NA BOKI (co często występuje w różnych pracach związanych z uprawami sadowniczymi). Z kolei praca dynamiczna wynika ze zdolności mięśni do skurczu i rozkurczu, co ostatecznie powoduje ruch [Zagórski 2008]. Podczas oceny obciążenia fizycznego pracą trzeba uwzględnić trzy elementy:

- wydatek energetyczny,
- obciążenie statyczne,
- powtarzalność ruchów.

Wydatek energetyczny jest miarą ciężkości pracy, mierzącą ilość energii potrzebnej do wykonania danej pracy. Wyrażana jest w kilokaloriach (kcal) lub kilodżulach (kJ). Ilość zużywanej energii stanowi kluczowy element obciążenia fizycznego, zwłaszcza przy pracach wymagających dużego nakładu energii [Aue 2006].

Należy także zauważyć, że ta sama czynność wykonywana przez osoby o różnej wydolności fizycznej może wykazywać różną ciężkość. Wydolność fizyczna to miara maksymalnej predyspozycji organizmu do pochłaniania tlenu, uzależniona od kondycji i wytrenowania organizmu, wyrażana w litrach na minutę (l/min) [Zagórski 2008].

### **Metody oceny wydatku energetycznego na stanowiskach pracy**

Wydatek energetyczny jest kluczowym czynnikiem w środowisku pracy. Jego wielkość umożliwia ocenę obciążenia pracą, które pojawia się w trakcie zmiany roboczej. Do oceny ciężkości pracy służą takie metody, jak:

- metody chronometrażowo-tabelaryczne – metoda szacunkowa opierająca się na odczytywaniu wartości wydatku energetycznego z tabel dla poszczególnych wykonywanych czynności,

- kalorymetrii, która polega na pomiarach wskaźników wymiany gazowej,
- fizjologiczna – metoda uwzględniająca wyniki badań układu krążenia i oddechu, pokazujące, że ciśnienie krwi i temperatura ciała rosną wraz ze zwiększaniem się obciążenia pracą [Bugajska i in. 2000].

Celem pracy jest przeprowadzenie pomiarów wydatku energetycznego w wybranym gospodarstwie rolnym specjalizującym się w sadowniczej uprawie jabłek i wiśni.

## Material i metody

Ocena ciężkości prac wykonywanych wśród sadowników wykonana została na podstawie pomiaru wydatku energetycznego metodą kalorymetrii pośredniej. Badania przeprowadzono u dwójga sadowników: kobiety (45 lat) i mężczyzny (49 lat). Badani nie są obciążeni chorobami przewlekłymi oraz nie przyjmują na stałe żadnych leków. Pomiary wykonano w sadach zlokalizowanych na terenie województwa mazowieckiego. Badania zostały przeprowadzone podczas 3 dni roboczych w okresie zimowo-wiosennym, kiedy to w sadzie dominują prace porządkowe, zabiegi ochronne i pielęgnacyjne. Badani sadownicy specjalizują się w uprawie jabłek i wiśni. Ich sady są pofragmentowane i mają powierzchnię od 1 do 2,5 ha oraz liczą od 250 do 600 drzewek owocowych.

Pomiary wydatku energetycznego wykonano miernikiem MWE-1 służącym do pomiaru wentylacji minutowej płuc podczas wykonywania pracy. W trakcie pomiaru na twarz osoby badanej zakładana jest półmaska, a układ przetwarzania umieszcza się na pasku. W półmasce montuje się czujnik przepływu powietrza, który połączony jest z miernikiem poprzez przewód. Po zakończeniu badania na wyświetlaczu podane zostały wielkości wydatku energetycznego dla wykonywanych czynności. W celu uzyskania wyników nieobarczonych błędem każde kolejne pomiary rozpoczynały się po ok. 5 min od nałożenia aparatu przez osobę badaną. Po tym czasie rozpoczynano test. Pomiary dla każdego z sadowników wykonano dla następujących czynności: przygotowanie do pracy, zimowe przycinanie drzew, bielenie drzew, ich lustracja, kontrola stanu ogrodzenia sadu, sprzątanie po pracy. Po zsumowaniu wyników i obliczeniu wydatku energetycznego dla poszczególnych czynności wyliczono średni wydatek energetyczny na przestrzeni tych dni; wcześniej obserwowano czynności wykonywane podczas dni roboczych.

Na podstawie poniesionego kosztu energetycznego przez sadowników oceniono stopień ciężkości ich pracy w odniesieniu do danych normatywnych zawartych w tabeli 1.

Tabela 1. Stopień ciężkości pracy w zależności od wydatku energetycznego [oprac. na podstawie: Dudek 2009]

Klasa ciężkości pracy	Mężczyźni		Kobiety	
	kJ	kcal	kJ	kcal
Bardzo lekka	do 1257	do 300	do 837	do 200
Lekka	1258–3352	301–800	837–2930	200–700
Średnia	3353–6285	801–1500	2930–4187	700–1000
Ciężka	6286–8380	1501–2000	4187–5024	1000–1200
Bardzo ciężka	powyżej 8380	powyżej 2000	powyżej 5024	powyżej 1200

## Wyniki i dyskusja

Wyniki oceny wydatku energetycznego przedstawiono w formie graficznej oraz opisowej. W tabelach 2 i 3 umieszczono wyniki pomiarów wydatku energetycznego podczas prac wykonywanych w poszczególne dni robocze oraz średnią wartość wydatku energetycznego u kobiety i mężczyzny.

Tabela 2. Pomiary wydatku energetycznego wśród sadowników – kobieta

Dzień	Czynność	Czas trwania czynności (min)	Liczba powtórzeń	A (kcal/min)	T (min)	B (kcal)	Suma WE (kcal)	Średni WE (kcal)
1.	przygotowanie do pracy	10	1	2,4	420	24	1117	1540,8
	lustracja drzew	4	100	2,7		1080		
	sprzątanie po pracy	10	1	1,3		13		
2.	przygotowanie do pracy	10	1	2,7	520	27	2850	
	zimowe przycinanie drzew	5	100	5,6		2800		
	sprzątanie po pracy	10	1	2,3		23		
3.	przygotowanie do pracy	10	1	2,5	357	25	655,5	
	bielenie drzew	3	100	1,6		480		
	kontrola stanu ogrodu sadu	37	1	3,5		129,5		
	sprzątanie po pracy	10	1	2,1		21		

Objaśnienia: A – wydatek energetyczny jednostkowy dla poszczególnych czynności, T – czas pracy w ciągu dnia roboczego, B – wydatek energetyczny związany z wykonywaniem czynności obliczony jako  $A \times T = B$

Tabela 3. Pomiary wydatku energetycznego wśród sadowników – mężczyzna

Dzień	Czynność	Czas trwania czynności (min)	Liczba powtórzeń	A (kcal/min)	T (min)	B (kcal)	Suma WE (kcal)	Średni WE (kcal)
1.	przygotowanie do pracy	10	1	1,9	520	19	1831	1851,5
	lustracja drzew	5	100	3,6		1800		
	sprzątanie po pracy	10	1	1,2		12		
2.	przygotowanie do pracy	10	1	2,4	620	24	3108	
	zimowe przycinanie drzew	6	100	5,1		3060		
	sprzątanie po pracy	10	1	2,4		24		
3.	przygotowanie do pracy	10	1	2,6	365	26	615,5	
	bielenie drzew	3	100	1,4		420		
	kontrola stanu ogrodu sadu	45	1	3,3		148,5		
	sprzątanie po pracy	10	1	2,1		21		

Objaśnienia: A – wydatek energetyczny jednostkowy dla poszczególnych czynności, T – czas pracy w ciągu dnia roboczego, B – wydatek energetyczny związany z wykonywaniem czynności, obliczony jako  $A \times T = B$

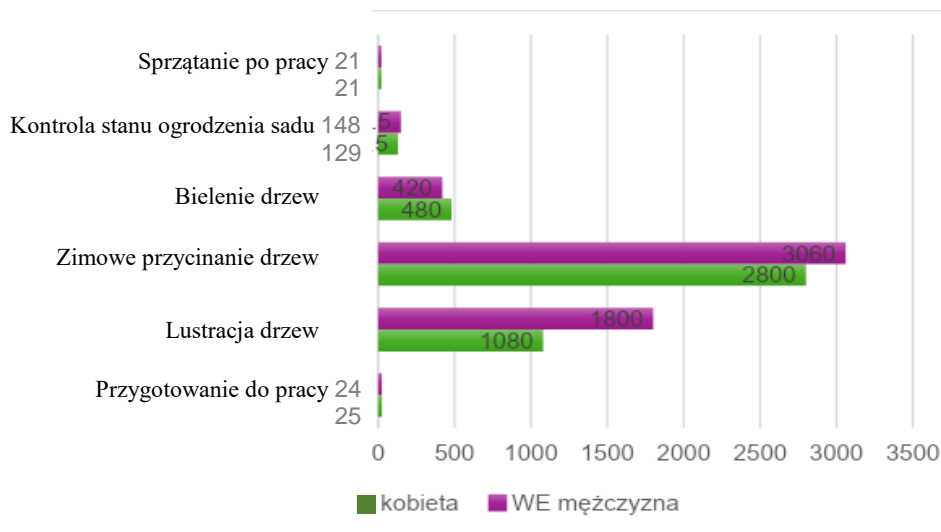
Z analizy danych wynika, że w pierwszym dniu badań wydatek energetyczny związany z wykonywaniem wszystkich zadań u kobiety wyniósł 1117 kcal, a u mężczyzny 1831 kcal. Tabela 1 wskazuje, że praca w tym dniu może zostać zakwalifikowana jako bardzo ciężka u kobiety i ciężka u mężczyzny. Jest to efekt dużego wysiłku fizycznego, który związany jest z koniecznością obejścia dużego obszaru sadu pieszo oraz wymuszonej pozycji ciała (bardzo często z rękoma uniesionymi w górę) związanej z oceną drzewostanu.

W kolejnym dniu badań wydatek energetyczny u kobiety wyniósł 2850 kcal, a u mężczyzny 3108 kcal. Praca ta zarówno u kobiety, jak i u mężczyzny zaliczana jest do kategorii prac o bardzo wysokim stopniu ciężkości, wymagająca ogromnego wysiłku fizycznego, co jest wywołane wymuszoną pozycją stojącą, dużym obszarem sadu, na którym wykonywana jest praca (piesze przemieszczanie się połączone z przenoszeniem drabiny), a także koniecznością wchodzenia na drabinę i schodzenia z niej.

Ostatniego dnia pomiarów wydatek energetyczny był najmniejszy, u kobiety wyniósł 655,5 kcal, a u mężczyzny 615,5 kcal. W odniesieniu do tabeli 1 uzyskane wartości kwalifikują się do prac bardzo lekkich dla mężczyzny i lekkich dla kobiety. Wyniki te świadczą o tym, że bielenie drzew i kontrola stanu ogrodzenia nie wymagają dużego obciążenia fizycznego.

Średni wydatek energetyczny pomiarów u kobiety wyniósł 1540,8 kcal, a u mężczyzny 1851,5 kcal. Traktując uzyskane wyniki jako wydatek energetyczny podczas prac sadowniczych w sezonie zimowo-wiosennym, kwalifikuje się je do prac ciężkich dla mężczyzny i bardzo ciężkich dla kobiet.

Na podstawie uzyskanych wyników badań wskazano czynności o najniższym i najwyższym wydatku energetycznym. Najwyższy wydatek energetyczny uzyskano przy wykonywaniu prac związanych z zimowym przycinaniem drzew. Czynności te wymagają użycia znacznej siły oraz zaangażowania grup mięśniowych niemal całego organizmu, w szczególności kończyn górnych i dużych partii mięśniowych kończyn dolnych. Najniższy wydatek energetyczny uzyskano podczas przygotowania do pracy, prac porządkowych, a także bielenia drzewek (ryc. 1).



Ryc. 1. Porównanie wydatku energetycznego (kcal) podczas wykonywania poszczególnych czynności u kobiety i mężczyzny

## Podsumowanie

Przeprowadzone pomiary pozwoliły na dokonanie oceny wydatku energetycznego podczas wykonywania wybranych prac związanych z uprawą jabłoni i wiśni w okresie zimowo-wiosennym.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że badane prace związane z oceną drzewostanu i przycinaniem roślin należą do prac o wysokim stopniu ciężkości i dużym wysiłku fizycznym. Natomiast prace związane z zabezpieczeniem drzew w postaci ich pobielenia oraz oceną szczelności ogrodzenia są pracami o niskim stopniu ciężkości i małym wysiłku fizycznym. Stwierdzono, że wydatek energetyczny jest najwyższy podczas prac wymagających wykonywania większej liczby ruchów oraz znacznego zaangażowania dużych grup mięśniowych kończyn dolnych i górnych. Należy pamiętać, że ciężka, wieloletnia praca fizyczna negatywnie oddziałuje na zdrowie człowieka, dlatego należy zminimalizować wielkość wydatku energetycznego. Zasadne jest inwestowanie w nowoczesne urządzenia i maszyny, które ułatwiają wykonywanie prac. Wskazana jest także zmiana organizacji toku prac, np. wprowadzenie rotacji wykonywanych zadań, wydłużenie przerw podczas pracy, a także zwiększenie liczby pracowników przy wykonywaniu ciężkich i bardzo ciężkich prac.

## Bibliografia

- Aue W., 2006. Człowiek w środowisku, cz. 1. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 133–136.
- Bugajska J., Łastowiecka E., Konarska M., 2000. Metody badania i oceny obciążenia pracą fizyczną, CIOP, Warszawa.
- Dudek J., 2009. Szacunkowa ocena wysiłkiem fizycznym kobiety – żołnierza na stanowisku dowódcy drużyny szturmowej. Bezpieczeństwo pracy. Nauka i praktyka. CIOP, Warszawa.
- Łuszczewska D., 1999. Podstawy produkcji roślinnej. Podręcznik dla techników rolniczych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Oleszak W., 2012. Kultura bezpieczeństwa w środowisku pracy. *Eduk. Human.* 1(26), 181–189, [bazhum.muzhp.pl/media/files/Edukacja\\_Humanistyczna/Edukacja\\_Humanistyczna-r2012-t-n1\\_\(26\)/Edukacja\\_Humanistyczna-r2012-t-n1\\_\(26\)-s181-189/Edukacja\\_Humanistyczna-r2012-t-n1\\_\(26\)-s181-189.pdf](http://bazhum.muzhp.pl/media/files/Edukacja_Humanistyczna/Edukacja_Humanistyczna-r2012-t-n1_(26)/Edukacja_Humanistyczna-r2012-t-n1_(26)-s181-189/Edukacja_Humanistyczna-r2012-t-n1_(26)-s181-189.pdf) [dostęp: 14.03.2024].
- Tokarski T., Kamińska J., 2016. Ograniczenie obciążenia fizycznego pracowników z niepełnosprawnością ruchową. CIOP – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 18. <https://doi.org/10.5604/01377043.1199412>
- Uzarczyk A., 2006. Czynniki szkodliwe i uciążliwe w środowisku pracy. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk.
- Zagórski J., 2008. Praca fizyczna – rodzaje, ocena oraz wpływ na organizm człowieka. IMW, Lublin.

## Potencjał wąwozów lessowych w retencjonowaniu wód opadowych na przykładzie Lublina

The potential of loess ravines in rainwater retention – a case study of Lublin

### Wstęp

Współczesne miasta rozwijają się bardzo szybko, często w sposób spontaniczny i niekontrolowany. Pomimo podnoszącego się standardu życia przeciętnego mieszkańca negatywne konsekwencje postępującej urbanizacji są trudne do pokonania i z czasem mogą stać się nieodwracalne. Znaczący rozrost i intensyfikacja zabudowy, spowodowane napływem ludności do miast, skutkują zanikaniem terenów biologicznie czynnych. Prowadzi to do zaburzeń naturalnego obiegu wody w mieście i zagrożeń hydrologicznych, takich jak nawalne deszcze i powodzie. Odpowiedzią na tego typu problemy jest m.in. retencja wody opadowej.

Mieszkańcy miast powinni postrzegać wodę deszczową jako naturalne źródło tego zasobu. Należy odpowiednio nią gospodarować, w szczególności na terenach silnie zurbanizowanych, gdzie spływ powierzchniowy jest szybki, a ilość powierzchni przepuszczalnych niewielka. Kanalizacja deszczowa, której zadaniem jest odbiór opadu i odprowadzenie go do najbliższego cieku wodnego, często okazuje się niewystarczająca. Ciekawą alternatywą może stać się tzw. błękitno-zielona infrastruktura, która pozwala na retencjonowanie wody w miejscu opadu i oczyszczanie jej w naturalny sposób dzięki odpowiednio dobranej roślinności. Następnie możliwe jest powolne odprowadzenie zebranej wody do gruntu lub ponowne jej wykorzystanie, np. do podlewania roślin. Wprowadzanie elementów tzw. małej retencji niesie ze sobą szereg usług ekosystemowych, które pozytywnie wpływają na dobrobyt mieszkańców oraz krajobraz naturalny w mieście.

Rozważania tego typu mogą zostać wprowadzone w ośrodkach takich jak Lublin. Wskazane miasto położone jest na obszarze trzech dolin rzecznych – rzek Bystrzycy, Czechówki i Czerniejówki, które wraz z wąwozami i suchymi dolinami lessowymi, występującymi w granicach administracyjnych miasta i na terenach przyległych, stanowią naturalny system obiegu wód opadowych w aglomeracji miejskiej. Te obszary o charakterystycznym ukształtowaniu terenu, wraz z otwartymi terenami zieleni, tworzą przestrzeń umożliwiającą zbieranie i powolne odprowadzanie wody deszczowej do gruntu.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Studenckie Koło Naukowe Architektów Krajobrazu, kmichas92@gmail.com

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie potencjału retencyjnego wąwozów i suchych dolin oraz możliwości lokalizacji na ich terenie elementów małej retencji wodnej. W procesie badawczym wytypowano wąwóz przy Hali Globus im. Tomasza Wójtowicza w Lublinie. Teren znajduje się w obrębie ulic Nowomiejskiej, Nadbystrzyckiej, Filaretów oraz Tomasza Zana. Obszar badań wybrano jako modelowy przykład miejsca retencji wody opadowej.

### Metodyka badań

Proces badawczy przeprowadzono, bazując na schemacie analiz terenu w kontekście wprowadzenia rozwiązań z zakresu retencji opadowej, który przedstawiono w Katalogu Dobrych Praktyk [Lejcuś i in. 2021]. Badania rozpoczęto od analizy dokumentacji kartograficznej, wizji lokalnej oraz sporządzenia dokumentacji fotograficznej w celu oceny dostępności terenu. Następnie przeanalizowano warunki hydrogeologiczne, które są kluczowe dla właściwego funkcjonowania błękitno-zielonej infrastruktury (w tym m.in. predyspozycje wodno-glebowe). Analiza obejmowała także sprawdzenie na mapie hydrogeograficznej poziomu wód gruntowych, ponieważ zalecana jest maksymalna głębokość zwierciadła wody wynosząca 1,5 m [Iwaszuk i in. 2019]. W kolejnym etapie oznaczono rodzaj gleb występujących na danym terenie i ich współczynnik filtracji. Parametry te są niezwykle istotne w kontekście możliwości odprowadzania wody opadowej do gruntu w miejscu opadu. Optymalna wartość współczynnika wodoprzepuszczalności (filtracji) mieści się w przedziale od  $10^{-3}$  do  $10^{-5}$  m/s. W przypadku niższych wartości zaleca się zastosowanie zbiornika do tymczasowego przechowywania wody deszczowej [Lejcuś i in. 2021].

Na potrzeby praktycznego przedstawienia potencjału retencyjnego wybranego wąwozu wykonano również obliczenia bilansu wodnego, który pozwoli sprawdzić, czy zdolność chłonna (wydajność wsiąkania) gleby jest większa od spodziewanego spływu wód deszczowych. Zależność ta jest niezbędna dla prawidłowego przebiegu procesu wsiąkania powierzchniowego, zwanego inaczej wsiąkaniem bez retencji. W tym celu obliczono tzw. natężenie deszczu obliczeniowego. Przyjęto charakterystyczne dla obliczanego deszczu parametry, takie jak czas trwania opadu  $T$ , częstotliwość jego występowania  $n$  oraz wysokość opadu  $H_N$ . Następnie całkowitą powierzchnię zlewni podzielono względem pokrycia terenu. Według wytycznych Niemieckiego Stowarzyszenia Gospodarki Wodnej, Ścieków i Odpadów [Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall 1982] stopień uszczelnienia terenu wpływa na wartość współczynnika spływu dla różnych rodzajów powierzchni lub zabudowy [Geiger i Dreiseitl 1999], a więc wyznaczono powierzchnie, takie jak: dachy, nawierzchnia asfaltowa, nawierzchnia brukowa oraz park i ogrody. W kolejnym etapie wyznaczono dwie zlewnie, dla których wykonano podstawowe obliczenia spływu wód deszczowych oraz efektywności wsiąkania podłoża. Granice tych obszarów zostały ustalone wzdłuż działek wąwozu oraz terenów sąsiadujących z osiedlami wielorodzinnymi i Halą Globus, dzięki czemu mogą one zostać uwzględnione jako powierzchnia objęta błękitno-zieloną infrastrukturą.

## Wyniki i dyskusja

Lublin leży na terenie prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej, gdzie wykształciły się utwory paleozoiczne, wśród których najstarszymi są dewońskie piaskowce z wkładkami mułków oraz piaskowce, dolomity, iłowce i wapienie. Skały występujące na obszarze miasta są bardzo różnorodne i reprezentują utwory mezozoiczne, takie jak: węglanowe z okresu jury, piaszczysto-węglanowe z okresu kredy oraz warstwy skał węglanowych i węglanowo-krzemionkowych. W plejstocenie, podczas zlodowacenia, powstała kilkunastometrowa warstwa lessu, natomiast w holocenie wytworzyły się osady rzeczne, takie jak: żwiry, piaski, muły, mady oraz osady torfowiskowe (torfy i namuły torfiaste), a także gliny zboczowe [Heliasz i in. 2011, Rodzik 2014, Uchwała nr 283/VIII/2019]. Głównym składnikiem podłoża występującego na terenie opracowania jest less, jednakże należy uwzględnić również fakt, że materiał ten stanowi jedynie część składową podłoża wąwozów. Przyjęto więc wartość współczynnika wodoprzepuszczalności równą  $10^{-4}$ , odpowiednią dla gleb lessowych – średnio przepuszczalnych.

Wody podziemne Lublina znajdują się w zasięgu Niecki Lubelskiej (nr 406), która jest głównym zbiornikiem wód podziemnych na tym obszarze. Poziom zwierciadła wód podziemnych waha się od około 195 m n.p.m. w południowo-wschodnich obszarach Lublina do 163 m n.p.m. w dolinie Bystrzycy [Kłosowski 2012]. Przegląd danych pochodzących z mapy hydrogeograficznej wykazał, że na terenie opracowywanego wąwozu poziom wód gruntowych wynosi od 2 do 4 m głębokości [Pietruszka i in. 2002].

Wizja lokalna wąwozu przy Hali Globus pozwoliła na przeprowadzenie wstępnej inwentaryzacji terenu, który dzieli się na część zachodnią – klasyfikowaną jako sucha dolina, oraz część wschodnią – kategoryzowaną jako docelowy wąwóz [Uchwała nr 283/VIII/2019]. Cały obszar jest uznawany za tereny zieleni otwartej i nieurządzonej. Pomimo że jest on niezagospodarowany, stanowi popularne miejsce rekreacji dla mieszkańców ze względu na malownicze ukształtowanie terenu oraz obecność górki saneczkowej, będącej pozostałością po dawnym stoku narciarskim (ryc. 1–4).



Ryc. 1. Widok na parking przy Hali Globus  
(fot. Katarzyna Michaś)



Ryc. 2. Widok na górkę saneczkową przy Hali Globus  
(fot. Katarzyna Michaś)



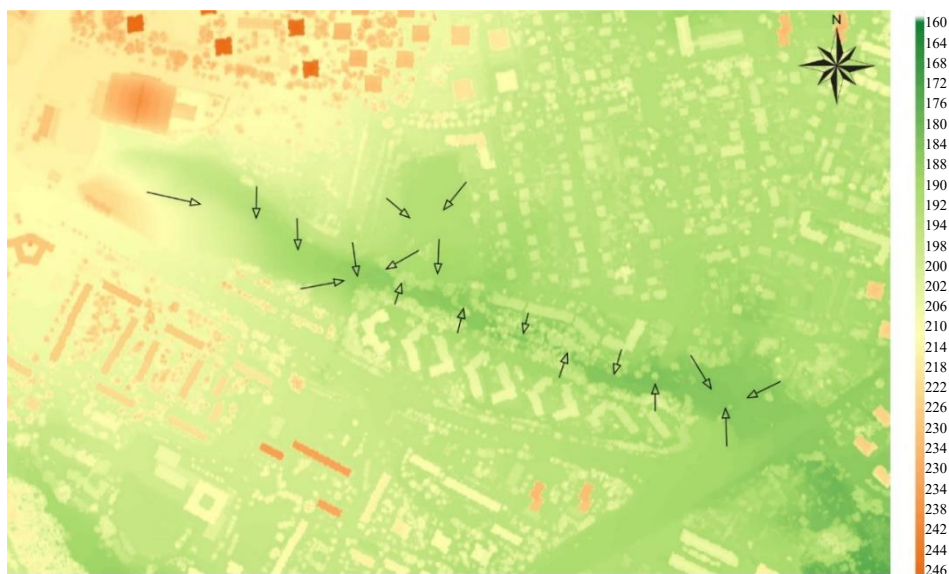


Ryc. 3. Widok na fragment suchej doliny  
(fot. Katarzyna Michaś)








Ryc. 4. Widok na fragment wąwozu od strony  
ulicy Nadbystrzyckiej  
(fot. Katarzyna Michaś)

Obszar powyższych badań jest położony w bezpośrednim sąsiedztwie różnych typów zabudowy, w tym ogrodów działkowych, zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej oraz zabudowy usługowej z parkingami. Zabudowa tego rodzaju określana jest jako jeden z czynników wpływających na degradację wąwozów lessowych oraz erozję gleb [Solski i in. 2014]. Dodatkowo teren ten otoczony jest znaczną ilością utwardzonych ciągów komunikacyjnych, co negatywnie wpływa na proces wsiąkania powierzchniowego, a ukształtowanie terenu powoduje, że woda naturalnie spływa z terenów sąsiednich do niższej położonej doliny (ryc. 5 i 6).



Ryc. 5. Numeryczny model pokrycia terenu z uwzględnieniem kierunków spływu wód opadowych  
[<https://geoportals.lublin.eu/>]

#### Legenda

-  granica wąwozu lessowego
-  zabudowa mieszkaniowa i usługowa
-  ciągi komunikacyjne (nawierzchnia asfaltowa i brukowa)
-  powierzchnia biologicznie czynna
-  granica zlewni



Ryc. 6. Analiza pokrycia terenu z uwzględnieniem obszarów wyznaczonych zlewni  
[oprac. Katarzyna Michaś]

Według wspomnianej wyżej metody klasyfikacji powierzchni rozpoznano cztery rodzaje pokrycia terenu. Są to kolejno: dachy płaskie, nawierzchnia asfaltowa, nawierzchnia brukowa oraz parki i ogrody. Dla każdego rodzaju powierzchni cząstkowych przyporządkowano indywidualny współczynnik spływu stosowany we wzorze na średni współczynnik spływu [Geiger i Dreiseitl 1999]. Dzięki obliczeniu bilansu wodnego określono, ile litrów wody deszczowej na sekundę spływa na teren wąwozu w czasie dziesięciu minut intensywnego deszczu, a także jaka jest możliwość natychmiastowej absorpcji wody przez grunt w wąwozie podczas tego rodzaju opadu.

Obliczenia bilansu wodnego:

$k_f$  współczynnik wodoprzepuszczalności = 0,0001 m/s

$T_1$  czas trwania deszczu = 10 min

$n = 1$  na 10 lat =  $\frac{1}{10}$

$H_N$  wysokość opadu = 11,9 mm

Natężenie deszczu obliczeniowego:

$$r_{T:n} = 166,7 \cdot \frac{H_N}{T_1} [l/(s \cdot ha)]$$

$$r_{T:n} = 166,7 \cdot \frac{11,9}{10} [l/(s \cdot ha)]$$

$$r_{T:n} = 198,4 [l/(s \cdot ha)]$$

### Zlewnia nr 1

$$A_1 \text{ dachy} = 7\,870 \text{ m}^2 \quad \Psi_1 = 0,6$$

$$A_2 \text{ nawierzchnia brukowa} = 17\,147 \text{ m}^2 \quad \Psi_2 = 0,8$$

$$A_3 \text{ park i ogrody} = 98\,391 \text{ m}^2 \quad \Psi_3 = 0,075$$

$$A_{\text{całk}} = 123\,408 \text{ m}^2$$

Średni współczynnik spływu:

$$\Psi_m = \frac{\Psi_1 \cdot A_1 + \Psi_2 \cdot A_2 + \Psi_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\Psi_m = \frac{0,6 \cdot 7\,870 + 0,8 \cdot 17\,147 + 0,075 \cdot 98\,391}{7\,870 + 17\,147 + 98\,391}$$

$$\Psi_m = \frac{25\,819}{123\,408}$$

$$\Psi_m = 0,21$$

Spływ wód deszczowych:

$$Q_r = r_{T:n} \cdot \Psi_m \cdot A_{\text{całk}}$$

$$Q_r = 198,4 \cdot 0,21 \cdot 123\,408 \cdot 0,0001$$

$$Q_r = 514,17 \text{ l/s}$$

Wydajność wsiąkania lessu:

$$A_s \text{ dostępna powierzchnia wsiąkania} = 98\,391 \text{ m}^2$$

$$Q_s = \frac{1}{2} k_f \cdot A_s$$

$$Q_s = \frac{1}{2} \cdot 0,0001 \cdot 98\,391$$

$$Q_s = 4,92 \text{ l/s}$$

## Zlewnia nr 2

$$\begin{aligned}A_1 \text{ dachy} &= 12\,675 \text{ m}^2 & \Psi_1 &= 0,6 \\A_2 \text{ nawierzchnia asfaltowa} &= 7\,196 \text{ m}^2 & \Psi_2 &= 0,9 \\A_3 \text{ nawierzchnia brukowa} &= 4\,629 \text{ m}^2 & \Psi_3 &= 0,8 \\A_4 \text{ park i ogrody} &= 44\,356 \text{ m}^2 & \Psi_4 &= 0,075 \\A_{\text{całk}} &= 68\,856 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Średni współczynnik spływu:

$$\begin{aligned}\Psi_m &= \frac{\Psi_1 \cdot A_1 + \Psi_2 \cdot A_2 + \Psi_3 \cdot A_3 + \Psi_4 \cdot A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \\ \Psi_m &= \frac{0,6 \cdot 12\,675 + 0,9 \cdot 7\,196 + 0,8 \cdot 4\,629 + 0,075 \cdot 44\,356}{12\,675 + 7\,196 + 4\,629 + 44\,365} \\ \Psi_m &= \frac{21\,111,3}{68\,856} \\ \Psi_m &= 0,31\end{aligned}$$

Spływ wód deszczowych:

$$\begin{aligned}Q_r &= r_{T.n} \cdot \Psi_m \cdot A_{\text{całk}} \\ Q_r &= 198,4 \cdot 0,31 \cdot 68\,856 \cdot 0,0001 \\ Q_r &= 423,5 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Wydajność wsiąkania lessu:

$$\begin{aligned}A_s \text{ dostępna powierzchnia wsiąkania} &= 44\,356 \text{ m}^2 \\ Q_s &= \frac{1}{2} k_f \cdot A_s \\ Q_s &= \frac{1}{2} k_f \cdot A_s \\ Q_s &= \frac{1}{2} \cdot 0,0001 \cdot 44\,356 \\ Q_s &= 2,22 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Z obliczeń wynika, że w przypadku obu zlewni wydajność wsiąkania lessu  $Q_s$  jest niższa niż spływ wody podczas nawalnego deszczu  $Q_r$ . Zatem zdolność do pochłaniania wody opadowej przez gleby na terenie opracowania jest niewystarczająca dla ilości wody opadowej, która spada na ten obszar. Umożliwia to wprowadzenie rozwiązań z zakresu

błękitno-zielonej infrastruktury, takich jak ogród deszczowy, mulda chłonna czy niecka infiltracyjna, które odbiorą nadmiar wody w czasie deszczu, zapobiegając tym samym lokalnym podtopieniom [Stec i Dziopak 2017].

### Podsumowanie

Na przykładzie wąwozu przy Hali Globus w Lublinie można zauważyć, że chociaż wydajność wsiąkania w less jest mniejsza niż intensywność spływu wody podczas ulewnych deszczy, wąwozy lessowe zlokalizowane w mieście (zwłaszcza te zagospodarowane jako tereny zieleni) mają wysoki potencjał retencji wód opadowych, a na ich terenie wskazane jest lokalizowanie błękitno-zielonej infrastruktury. Ze względu na ich walory przyrodnicze oraz ważną funkcję, jaką pełnią w systemie przyrodniczym miasta, szczególnie istotne jest, aby podlegały ochronie i pozostały zagospodarowane w niezmienionej formie [Ballana i in. 2006]. Należy dążyć do wyeliminowania podstawowych zagrożeń, jakimi są oddziaływania antropogeniczne w obrębie tych obszarów. Kluczową rolę w implementacji błękitno-zielonej infrastruktury w przestrzeni miejskiej, szczególnie w odniesieniu do wąwozów lessowych, mogą odegrać planowanie przestrzenne oraz przepisy prawne, które regulują zasady wdrażania tych rozwiązań. Na etapie decyzji o sposobie odprowadzania wód deszczowych do gruntu należy wziąć pod uwagę kilka czynników, które mają wpływ na przepuszczalność podłoża, a co za tym idzie, na skuteczność wybranego pomysłu. Należy jednak podkreślić, że proces doboru oraz projektowania danych rozwiązań, należy przeprowadzać indywidualnie dla każdego terenu. Zastosowanie wybranych rozwiązań w wąwozach, uwzględniając ich obecne zagospodarowanie, a także położenie względem dolin rzecznych, może nie tylko pozytywnie wpłynąć na stosunki wodne w mieście, ale także zapobiec degradacji rzeźby terenu. Przykładowo wprowadzanie roślinności drzewiastej, która spowalnia spływ powierzchniowy wód opadowych, działa również regenerująco na gleby lessowe, dotknięte wcześniej erozją [Ziemnicki i Zawadzki 1977]. Zjawisko to zachodzi bowiem najintensywniej w okresie roztopów, gdyż powodowane jest dominującym na Wyżynie Lubelskiej odpływem roztopowym [Rodzik 2008]. Odpowiednie projektowanie elementów błękitno-zielonej infrastruktury w przestrzeni wąwozów i suchych dolin lessowych pozwoli na kontrolowanie szybkości i ukierunkowanie spływu wody opadowej, czego następstwem będzie zachowanie pierwotnej formy systemów wąwozowych sprzyjających retencji wód opadowych.

### Bibliografia

- Ballana M., Buczyński P., Czarniawski W., Dembicka A., Grądział T., Ptaszyńska A., Stączek Z., 2006. Uroczysko Lipnik – cenny przyrodniczo wąwóz lessowy w Lublinie. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, 1, 42–52.
- Deutsche vereinigung für wasserwirtschaft, abwasser und abfall, 1982. *Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik*. Bd. I, 3. Auflage, Verlag Wilh. Ernst und Sohn, Berlin, München.
- Geiger W., Dreiseitl H., 1999. Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. *Poradnik*. Oficyna Wydawnicza PROJPRZEM EKO, Bydgoszcz.
- Heliasz Z., Ostaficzuk S., Bojakowska I., Kwecko P., Miecznik J., Wojciechowska K., 2011. *Objaśnienia do mapy georodowiskowej Polski 1 : 50 000*. Arkusz Lublin (749). PIG, Warszawa.

- Iwaszuk E., Rudik G., Duin L., Mederake L., Davis M., Naumann S., Wagner I., 2019. Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach. Katalog techniczny. Ecologic Institute i Fundacja Sędzimir, Berlin–Kraków.
- Kłosowski W., 2012. Prognoza oddziaływania na środowisko Strategii Rozwoju Lublina na lata 2013–2020. Warszawa.
- Lejcuś K., Burszta-Adamiak E., Dąbrowska J., Wróblewska K., Orzeszyna H., Śpitalniak M., Miśiewicz J., 2021. Katalog dobrych praktyk – zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych. UP, Wrocław.
- Pietruszka W., Szczerbicka M., Zezula H., 2011. Objasnienia do mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Lublin (749). PIG, Warszawa.
- Rodzik J., 2014. Wąwozy a suche doliny erozyjno-denudacyjne w Lublinie. W: E. Trzaskowska (red.), Wąwozy i suche doliny Lublina. Potencjał i zagrożenia. Wyd. KUL, Lublin, 21–30.
- Rodzik J., 2008. Wpływ deszczów ulewnych i roztopów na rozwój wąwozu lessowego. Landform Anal. 8, 56–59.
- Solski M., Kulesza P., Lubiarski M., Mackoś-Iwaszko E., 2014. Degradacja suchych dolin Lublina poprzez zabudowę deweloperską. W: E. Trzaskowska (red.), Wąwozy i suche doliny Lublina. Potencjał i zagrożenia. Wyd. KUL, Lublin, 82–95.
- Stec A., Dziopak J., 2017. Woda deszczowa w architekturze krajobrazu nowoczesnych miast. Czas. Inż. Łąd. Środ. Arch. 64(3/2), 315–333.
- Uchwała nr 283/VIII/2019. Rady Miasta Lublin z dnia 1 lipca 2019 r. w sprawie uchwalenia studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Lublin – Uwarunkowania. Lublin 2019.
- Ziemiński S., Zawadzki S., 1977. Wpływ lasu i zadrzewień na właściwości lessowych utworów glebowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 193, 237–250.

## **Ergonomiczna ocena domowych stanowisk pracy z monitorami ekranowymi wśród studentów**

Ergonomics assessment of home workstations with screen monitors among students

### **Wstęp**

Ergonomia to dyscyplina naukowa zajmująca się projektowaniem środowiska pracy, urządzeń, narzędzi i systemów, tak aby były one optymalnie dostosowane do potrzeb człowieka. Wiedza z zakresu ergonomii jest szczególnie ważna przy projektowaniu stanowisk wyposażonych w monitory ekranowe, ponieważ ma istotny wpływ na zdrowie oraz komfort użytkowników.

W ciągu ostatnich lat korzystanie z monitorów ekranowych stało się nieodłącznym elementem procesu edukacyjnego. Studenci poświęcają wiele godzin na naukę, przygotowanie prezentacji lub pisanie prac akademickich w domu, dodatkowo spędzają znaczną ilość czasu przed komputerem w celach prywatnych. Wzrastający czas i częstotliwość użytkowania tych urządzeń generuje nowe wyzwania związane z ergonomią.

Domowe stanowiska do pracy z komputerem lub laptopem nie są monitorowane pod kątem ergonomii, co stawia pytanie – jak wygląda faktyczny stan domowych stanowisk studentów? Celem niniejszego badania jest przeprowadzenie ergonomicznej oceny domowych stanowisk pracy z monitorami ekranowymi wśród studentów za pomocą autorskiego kwestionariusza opartego na Liście Dortmundzkiej.

### **Zagrożenia związane z nieergonomicznym stanowiskiem pracy**

Nieergonomiczne stanowisko pracy może prowadzić do wystąpienia różnych – zarówno krótkotrwałych, jak i długotrwałych – skutków zdrowotnych. Długotrwała praca statyczna powoduje napięcie mięśni, które wywiera ucisk na naczynia krwionośne, utrudniając swobodny przepływ krwi i dostarczanie niezbędnych składników, co prowadzi do zmęczenia mięśni nóg i dyskomfortu. Siedzenie przez dłuższy czas bez przerw może spowodować zwyrodnienia stawów i bóle kręgosłupa [Gembalska-Kwiecień i Ignac-Nowicka 2014, Wolańska i Wolański 2005]. Chroniczne przyjmowanie wymuszonej pozycji ciała podczas pracy z monitorem ekranowym wywołuje obciążenie mięśni kończyn górnych i szyi, a także pochylenie głowy i tułowia do przodu

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe Ergonomii i BHP, nataliamisiewicz11d@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Podstaw Techniki

[Mieszkowska i in. 2008]. Utrzymywanie takiej pozycji każdego dnia przez wiele godzin może prowadzić do nieodwracalnych zjawisk patologicznych, jak pogorszenie postury ciała, a nawet do wykształcenia hiperkifozy lub protrakcji, czyli nadmiernego wysunięcia do przodu głowy lub barków.

Stałe i częste użytkowanie monitora ekranowego może powodować też różne dolegliwości i problemy ze wzrokiem. Jak wykazują badania, wykonywanie pracy z bliskiej odległości od wyświetlacza powoduje obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego. Temperatura rogówki wzrasta już po pierwszej godzinie od wpatrywania się w ekran monitora [Pas-Wyroślak i in. 2010].

Ponadto użytkowanie ekranów emitujących niebieskie światło LED, szczególnie przed snem, może skutkować bezsennością, ponieważ ich wpływ ogranicza wytwarzanie melatoniny, hormonu niezbędnego do zasypiania [Cymanow-Sosin i in. 2023].

### **Wymagania ergonomiczne**

Najlepszym sposobem prewencji problemów zdrowotnych wynikających z pracy przy komputerze jest zaprojektowanie wygodnego stanowiska pracy. Istotne jest spełnienie minimalnych wymagań ergonomicznych, które zostały opisane w rozporządzeniach [Rozporządzenie MPiPS z dnia 1 grudnia 1998 r. dot. bezpieczeństwa i higieny pracy...]. Podczas projektowania stanowiska komputerowego powinno się brać pod uwagę zakres użytkowania, czas trwania pracy, jej charakter, rodzaj używanego komputera i jego usytuowanie [Khan i in. 2012].

Wymogi ergonomiczne dla stanowisk pracy z monitorem ekranowym zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 1 grudnia 1998 r. dotyczącym bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe z uwzględnieniem późniejszych zmian.

Stanowisko pracy z monitorem ekranowym należy zaprojektować tak, aby użytkownik miał zapewnioną wystarczającą przestrzeń do wykonywania pracy oraz dobrze dobrane i odpowiednio rozmieszczone wyposażenie [Boryczka 2011]. Klawiatura oraz myszka powinny stanowić osobny element wyposażenia podstawowego stanowiska pracy.

Oświetlenie w pokoju powinno zapewniać komfort pracy wzrokowej. Kluczowym elementem skutecznego oświetlenia na stanowisku pracy przy komputerze jest staranne zaprojektowanie oświetlenia ogólnego (o minimalnym natężeniu 500 lx) oraz ewentualne uzupełniające oświetlenie miejscowe [Jóźwiak 2018].

Konstrukcja stołu powinna umożliwiać dogodnie ustawienie elementów wyposażenia stanowiska pracy oraz odpowiednią przestrzeń do umieszczenia nóg pod blatem. Zarówno szerokość, jak i głębokość stołu mają zapewniać wystarczającą powierzchnię do łatwego posługiwania się sprzętem oraz ustawienia go w zasięgu kończyn górnych bez konieczności przyjmowania wymuszonych pozycji. Wysokość stołu i siedziska krzesła należy dostosować tak, aby zachować naturalne ułożenie kończyn górnych podczas obsługi klawiatury przy jednoczesnym utrzymaniu kąta prostego między ramieniem a przedramieniem [Rozporządzenie MPiPS z dnia 1 grudnia 1998 r. dot. bezpieczeństwa i higieny pracy...].

Należy wyposażyć się w krzesło, które spełnia szereg istotnych kryteriów. Po pierwsze powinno mieć ono podstawę co najmniej pięciopodporową z kółkami jezdnyymi oraz możliwość obrotu wokół osi pionowej o 360°. Użytkownik powinien móc regulować wysokość



siedziska w zakresie od 400 do 500 mm, wysokość oparcia odcinka lędźwiowego kręgosłupa oraz kąt pochylenia oparcia w zakresie od 5° w kierunku przodu do 30° do tyłu. Mechanizmy regulacji wysokości siedziska i pochylenia oparcia powinny być łatwo dostępne, proste w obsłudze oraz umieszczone w taki sposób, aby regulacja była możliwa w pozycji siedzącej. Wymiary siedziska i oparcia powinny zapewniać wygodną pozycję ciała i swobodę ruchów, a ich płyty muszą być wyprofilowane odpowiednio do naturalnego wygięcia kręgosłupa i ud. Ponadto krzesło powinno posiadać regulowane podłokietniki [Rozporządzenie MPiPS z dnia 1 grudnia 1998 r. dot. bezpieczeństwa i higieny pracy...].

Monitor ekranowy ma zapewniać wyraźne i czytelne znaki na ekranie oraz prezentować stabilny, pozbawiony tętnienia lub innych form niestabilności obraz. Powinien mieć regulację jaskrawości i kontrastu znaków na ekranie oraz regulację ustawienia umożliwiającą pochylenie ekranu co najmniej o 20° do tyłu i 5° do przodu oraz obrót wokół własnej osi co najmniej o 120° – po 60° w obu kierunkach [Rozporządzenie MPiPS z dnia 1 grudnia 1998 r. dot. bezpieczeństwa i higieny pracy...].

Ustawienie ekranu monitora względem źródeł światła powinno minimalizować oślnienie i odbicia światła. Aby ograniczyć oślnienie bezpośrednie, zalecane jest ustawienie monitora prostopadle do okna, jeśli takowe znajduje się w pomieszczeniu.

Zaleca się, aby odległość oczu użytkownika od ekranu monitora wynosiła od 400 do 750 mm przy zachowaniu odpowiedniego kąta obserwacji ekranu w zakresie od 20° do 50° w dół, przy czym górna krawędź ekranu monitora nie powinna znajdować się powyżej wysokości oczu użytkownika [Rozporządzenie MPiPS z dnia 1 grudnia 1998 r. dot. bezpieczeństwa i higieny pracy...].

Należy zachować właściwą pozycję siedzącą, odchylając tułów do tyłu i utrzymując co najmniej kąty proste w łokciach, biodrach i kolanach. Ponadto powinno się często zmieniać pozycję ciała, naprzemiennie siadać i stać, utrzymywać nadgarstki w pozycji neutralnej, wykorzystywać przerwy co godzinę pracy przy monitorze i wykonywać w ich trakcie ćwiczenia wzmacniające i rozluźniające, aby dbać o sprawność fizyczną i odpowiednią posturę [Józwiak 2018]. Poprawna postawa podczas siedzenia przy biurku polega na minimalnej pracy mięśni, dlatego ważne jest zachowanie kąta 90° w stawie łokciowym. W ten sposób nie obciążamy ramion, ponieważ pozwalamy im naturalnie zwisać z boku ciała [McKeown 2007]. Mięśnie odcinka lędźwiowego są pięciokrotnie bardziej obciążone w pozycji pochylonej lub odchylonej do tyłu niż w pozycji wyprostowanej, dlatego ważne jest utrzymanie prawidłowej postawy ciała podczas siedzenia [Kamińska 2005].

## Material i metody

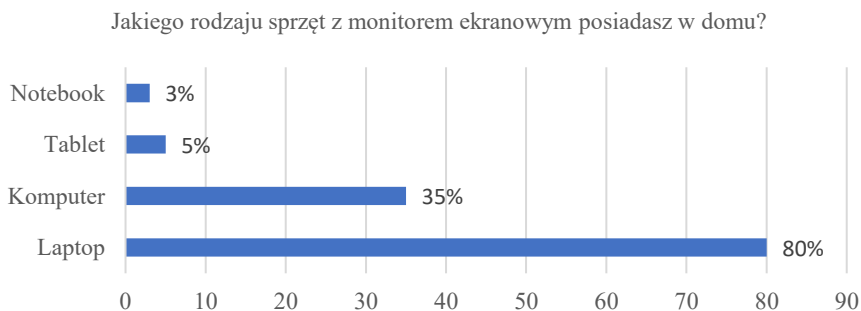
Badanie przeprowadzono w 2024 roku na grupie studentów. Do realizacji postawionego celu jako główne narzędzie badawcze wykorzystany został autorski kwestionariusz stworzony na bazie ergonomicznej listy kontrolnej (Listy Dortmundzkiej). Został on udostępniony jako usługa sieciowa na platformie Google i rozpowszechniony osobiście wśród znajomych oraz przez Internet za pomocą czatów dla osób studiujących. Kwestionariusz składał się z 25 pytań; ankietowanym zadano pytania o różne aspekty dotyczące wyposażenia i ustawienia ich stanowisk pracy oraz o ich nawyki podczas korzystania z monitorów, ze szczególnym uwzględnieniem pozycji ciała, czasu pracy oraz częstotliwości przerw.

## Wyniki i dyskusja

Przedstawione wyniki obejmują odpowiedzi 100 studentów, przy czym kobiety stanowiły 63%, mężczyźni 35%, a osoby o innej tożsamości płciowej 2%. Najliczniejszą grupę wśród badanych stanowiły osoby w wieku od 20 do 25 lat (67%). Osoby poniżej 20. roku życia stanowiły 21% wszystkich ankietowanych. Najmniej liczną grupą, wynoszącą 12%, były osoby powyżej 25. roku życia.

Przez stanowisko pracy należy rozumieć przestrzeń pracy z krzesłem, stołem oraz wyposażeniem podstawowym i opcjonalnym. Zdecydowana większość (94%) studentów ma w domu stanowisko do pracy z monitorem ekranowym. Niemniej jednak pozostałe 6% jest pozbawione tej przestrzeni, co może wynikać z różnych czynników, takich jak brak odpowiedniego miejsca w domu, ograniczenia finansowe, czy też z posiadania laptopa, którego przenoszenie pozwala na ciągłe zmiany miejsca użytkowania, bez specjalnego stanowiska przeznaczonego do tych celów.

Przygotowanie ergonomicznego stanowiska pracy w warunkach domowych jest uzależnione od rodzaju wykorzystywanego sprzętu komputerowego. Inne dostosowania wymaga komputer stacjonarny niż laptop czy tablet. Wyniki pokazują, że znaczna większość studentów (80%) ma w domu laptop. Niewielka liczba ankietowanych dysponuje komputerem stacjonarnym (35%) lub innym rodzajem wyposażenia stanowiska, takim jak notebook (3%) czy tablet (5%). Znaczna część ankietowanych posiada przynajmniej dwa różne rodzaje wyposażenia (ryc. 1).



Ryc. 1. Rodzaj sprzętu obecnego w domach respondentów

Czas spędzany przed monitorem ma istotny wpływ na zdrowie użytkowników, przy czym zwiększająca się jego długość koreluje ze wzrastającym ryzykiem wystąpienia niekorzystnych dolegliwości. Badanie wykazało, że prawie jedna trzecia studentów (29%) przyznaje się do spędzania ponad pięciu godzin dziennie przed ekranem, a kolejne 24% waha się w zakresie od czterech do pięciu godzin. Najczęstszym przedziałem czasowym jest jednak ten obejmujący od dwóch do trzech godzin dziennie, co deklaruje 35% respondentów. Niewielka grupa (12%) korzysta z urządzeń przez mniej niż godzinę dziennie. Wyniki sugerują, że 88% badanych powinno rozważyć praktykę pięciominutowych przerw po każdej godzinie ekspozycji na ekran. Takie przerwy zmniejszą ryzyko wystąpienia potencjalnych dolegliwości związanych z długotrwałym korzystaniem z komputera lub laptopa.

Dokładnie 73% studentów stwierdza, że ich stanowisko pracy jest dostatecznie przestronne. Natomiast pozostałe 27% wskazuje na istnienie problemów z zapewnieniem

wymaganej przestrzeni na swoim stanowisku pracy. Odpowiednią przestrzeń do umieszczenia nóg pod blatem stołu ma 78% respondentów, a 22% studentów zgłosiło brak wystarczającego miejsca.

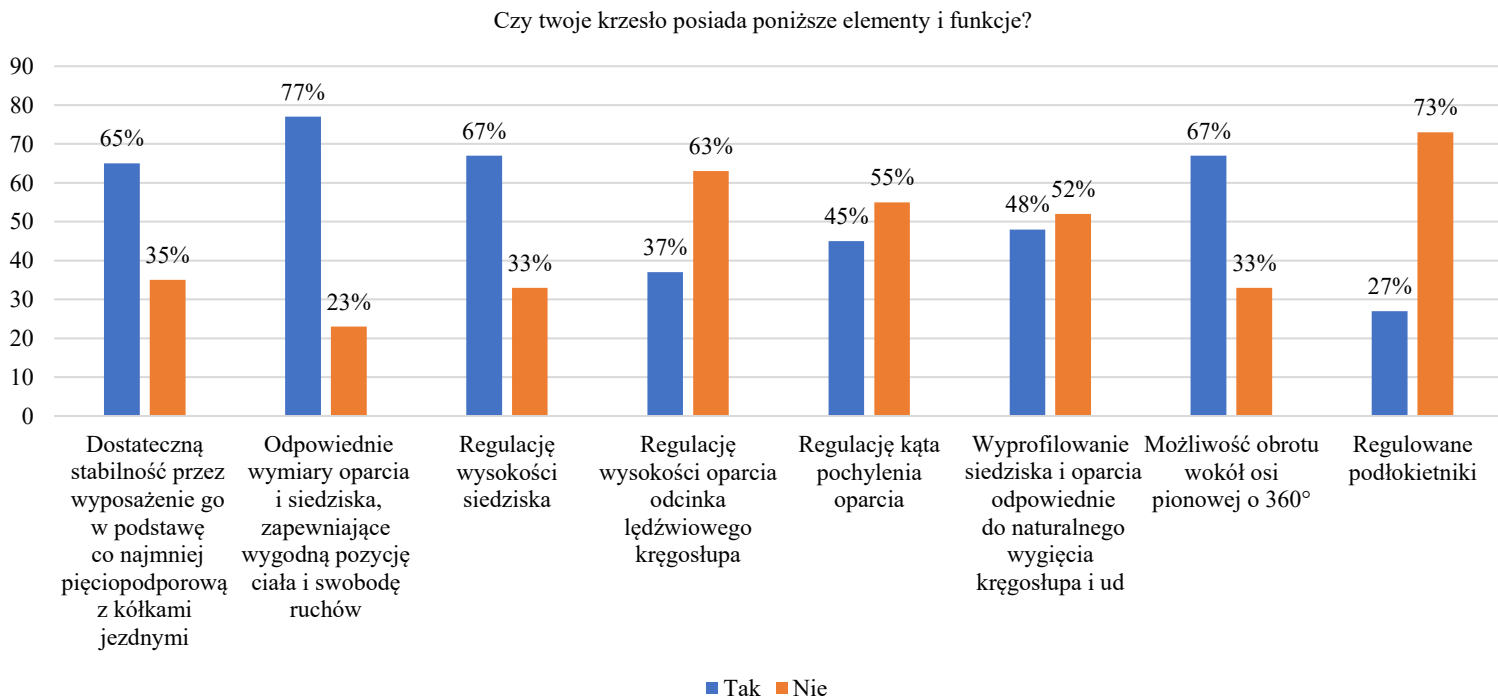
Jedynie 26% ankietowanych potwierdziło, że utrzymuje kąt prosty w ramionach podczas pracy, podczas gdy 74% nie przestrzega tej praktyki, co sugeruje nieodpowiednie dostosowanie stanowisk pracy lub zachowanie niepoprawnej postawy ciała podczas wykonywanych obowiązków. Mysz i klawiatura stanowią osobne elementy wyposażenia u 64% studentów, natomiast 36% respondentów nie posiada tych elementów opcjonalnego wyposażenia, co prawdopodobnie wynika z braku poczucia takiej potrzeby. Jest to spowodowane tym, że 80% ankietowanych posiada laptopa, który ma wbudowane funkcje klawiatury i myszy.

Wyniki analizy wskazują, że siedziska studentów jedynie połowicznie spełniają podstawowe kryteria określone przez rozporządzenie. Przytoczone dane pokazują, że 65% badanych krzeseł charakteryzuje się odpowiednią stabilnością, 77% posiada właściwe wymiary oparcia i siedziska, 67% siedzisk umożliwia regulację wysokości oraz ma możliwość obrotu. Wśród najczęstszych deficytów należy wymienić brak regulacji wysokości oparcia odcinka lędźwiowego kręgosłupa (63%), możliwości regulacji kąta pochylecia oparcia (55%), wyprofilowania siedziska i oparcia (52%) oraz regulowanych podłokietników (73%) – ryc. 2.

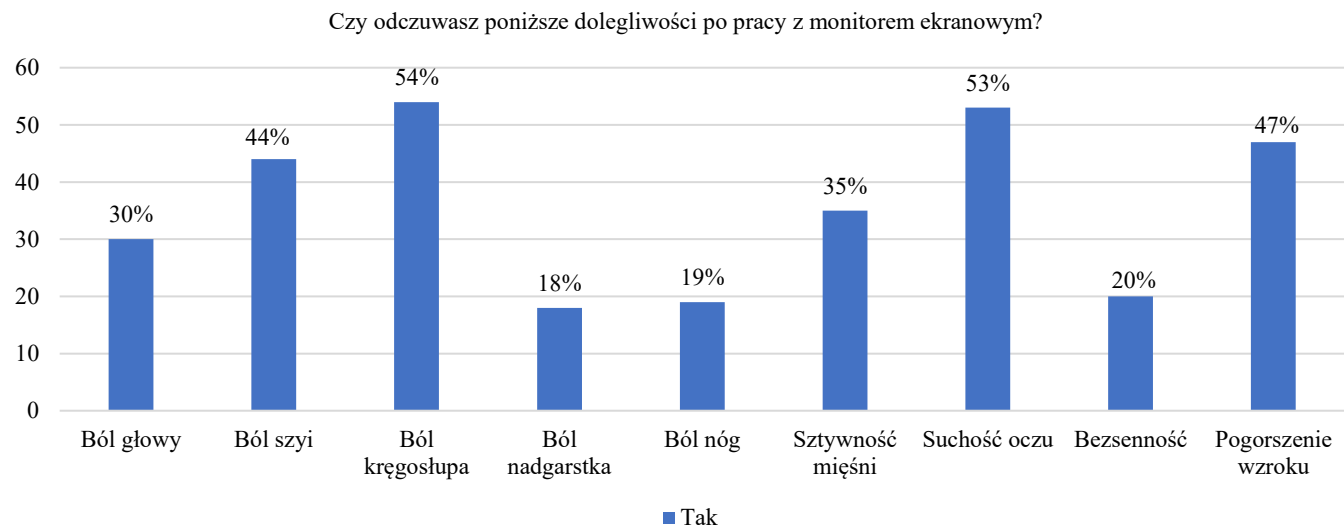
Większość monitorów na domowych stanowiskach pracy studentów spełnia podstawowe wymagania zawarte w prawie. Wszystkie monitory cechują się wyraźnymi i czytelnymi znakami na ekranie, 98% zapewnia stabilny obraz, 99% umożliwia łatwe regulowanie jaskrawości i kontrastu, a 89% ma funkcję regulacji pochylecia monitora.

Ponadto studentów zapytano o położenie górnej krawędzi monitora w stosunku do wysokości oczu. Wyniki wskazały, że 36% badanych umieszcza swoje monitory na wysokości oczu, natomiast 35% poniżej tej wysokości. Niezgodność występuje u 29% respondentów, którzy zgłosili ustawienie górnej krawędzi monitora powyżej wysokości ich oczu. Z udzielonych odpowiedzi wynika, że jedynie połowa (51%) ustawiła monitor prostopadle do okna. Do ustawienia monitora równoległe tyłem do okna przyznało się 27% studentów, co może powodować nadmierny kontrast i dyskomfort wzrokowy. Natomiast 17% ustawiło monitor równoległe przodem do okna, co z kolei prowadzi do padania światła słonecznego bezpośrednio na ekran, ograniczając widoczność i powodując oślnienie, a 5% ankietowanych nie posiada okna w pokoju ze stanowiskiem.

Przerwy w pracy z monitorem są istotne dla zdrowia oczu oraz zachowania ogólnego dobrego samopoczucia podczas długotrwałego korzystania z komputera. Zgodnie z wytycznymi zawartymi w rozporządzeniu zalecane jest wprowadzanie codziennych, pięciominutowych przerw w pracy przy monitorze [Rozporządzenie MPiPS z dnia 1 grudnia 1998 r. dot. bezpieczeństwa i higieny pracy...]. Choć te wytyczne skierowane są przede wszystkim do pracowników biurowych, to zasadne jest, aby każda osoba, która wykonuje zadania wymagające długotrwałego korzystania z ekranu, przestrzegała tych zaleceń. Ta prosta i ergonomiczna zasada może znacząco przyczynić się do zapobiegania wszelkim dolegliwościom oraz problemom zdrowotnym związanym z eksploatacją ekranu komputerowego. W kontekście tego zagadnienia ankietowani zostali zapytani o to, czy robią sobie przerwy w trakcie pracy. Osoby, które odpowiedziały negatywnie, stanowiły 21%. Większość studentów (79%) odpowiedziała pozytywnie, co przekierowało ich do trzech pytań uzupełniających, które dotyczyły częstotliwości, przeznaczenia i długości tych przerw.



Ryc. 2. Poziom spełnienia wymagań zawartych w rozporządzeniu dotyczących siedziska używanego przez studentów



Ryc. 3. Dolegliwości odczuwane przez studentów

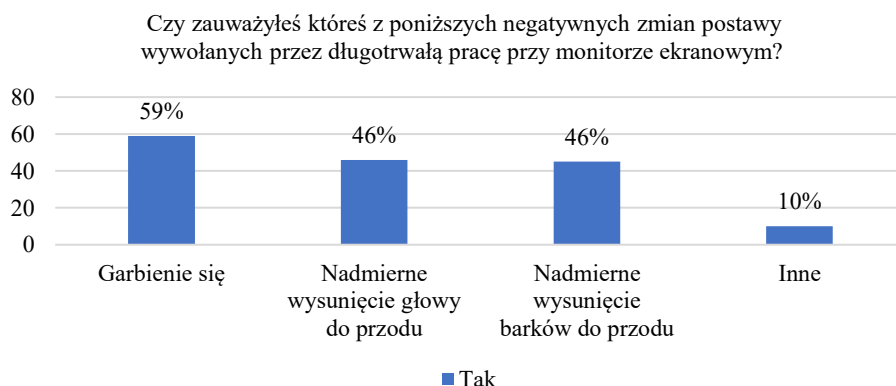
Pytania dodatkowe dla 79% studentów, którzy potwierdzili, że podejmują się przerw podczas pracy, pokazały następujące zależności: 42% z nich przyznaje sobie przerwę od pracy z monitorem ekranowym co godzinę, 44% co dwie, trzy godziny, a 14% rzadziej niż co trzy godziny. Według zebranych odpowiedzi otwartej znaczna większość osób (80%) poświęca te przerwy głównie na zaspokojenie potrzeb fizjologicznych, co sugeruje, że większość studentów robi przerwy jedynie z konieczności. Kolejne 11% ankietowanych wykorzystuje przerwy do zaspokajania potrzeb socjalnych, podczas gdy tylko 9% deklaruje wykorzystanie ich na aktywność fizyczną.

Oświetlenie jest kluczowym czynnikiem ergonomii biurowego stanowiska pracy, mającym istotny wpływ na wydajność, komfort oraz zdrowie użytkowników. Większość studentów (81%) ocenia oświetlenie w swoim pokoju pracy z monitorem ekranowym jako dostateczne. Jedynie 19% zgłasza nieprawidłowości, z czego 16% wynika z niedoświetlenia, a 3% z nadmiernego oświetlenia.

Kolejnym zagadnieniem, o które pytano studentów, to ich postawa ciała podczas pracy z monitorem ekranowym. Niestety wyniki wykazały, że aż 74% ankietowanych przyznało się do nieutrzymywania prawidłowej pozycji ciała podczas pracy.

Powyższa analiza pomaga zrozumieć pochodzenie kolejnych niepokojących danych. Okazało się, że duża liczba respondentów doświadcza różnych dolegliwości po pracy z monitorami ekranowymi. Aż 54% z nich zgłosiło odczuwanie bólu kręgosłupa, 53% doświadcza suchości oczu, a 47% zauważyło pogorszenie wzroku. Spośród grupy ankietowanych 44% zgłosiło ból szyi. Dodatkowo część respondentów zanotowała także występowanie sztywności mięśni (35%), bólu głowy (30%) oraz bezsenności (20%). Najczęściej pojawiającymi się dolegliwościami były: ból nóg (19%) i ból nadgarstka (18%) – ryc. 3.

Ostatnim zagadnieniem, o jakie zostali zapytani studenci, było stwierdzenie zmiany postawy wywołanej długotrwałą pracą przy monitorze ekranowym. Aż 59% studentów garbi się podczas używania komputera lub laptopa. Ponadto 46% zauważyło protrakcję głowy oraz ramion do przodu. Dodatkowo 10% respondentów zgłosiło inne odstępstwa od prawidłowej postawy (ryc. 4).



Ryc. 4. Wady postawy wynikające z długotrwałej pracy przy monitorze ekranowym

## Podsumowanie

Wyniki powyższej analizy wyraźnie wskazują na istotne konsekwencje związane z długotrwałym użytkowaniem monitorów ekranowych, szczególnie w kontekście nieprawidłowej postawy ciała podczas pracy oraz wynikających z tego dolegliwości i problemów zdrowotnych. Sugerują one konieczność podjęcia działań mających na celu poprawę ergonomii stanowisk pracy w warunkach domowych. Wśród proponowanych działań znajdują się aktywne przerwy w pracy oraz wymiana wyposażenia stanowiska na takie, które spełnia prawne wymagania ergonomicznego stanowiska pracy.

Coraz powszechniejsze użycie komputerów przenośnych, głównie laptopów, jest nieustannie szerzącym się problemem. Ich monitory nie dorównują parametrom monitorów stacjonarnych. Ekran laptopa jest połączony z klawiaturą, która często charakteryzuje się mniejszymi rozmiarami. Wskutek tej konfiguracji monitor umiejscowiony jest na niskiej wysokości, co skłania użytkownika do przyjęcia pozycji ciała, która może być uznawana za niekorzystną z punktu widzenia ergonomii.

Ze względu na to, że utrzymanie prawidłowej postawy ciała podczas pracy z laptopem jest trudne, dobrym rozwiązaniem jest wykonywanie kilku ćwiczeń rozluźniających i wzmacniających podczas codziennych przerw od monitora. Badania pokazują, że nawet krótki i ukierunkowany program ćwiczeń w domu, jeśli jest wykonywany regularnie, może pomóc w wyrównaniu postawy u osób pracujących.

## Bibliografia

- Boryczka M., 2011. Zastosowanie ergonomii na stanowiskach pracy wyposażonych w monitory ekranowe. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach 61, 153–169.
- Cymanow-Sosin K., Przybysz M., Kaczmarek-Śliwińska M., Kaszuba P., Łukaszewski B., Stompór-Świdarska J., Urzędowska A., Chmura A., Zalesna F., Cymanow P., Paluch Ł., Radej M., 2023. Edukacja medialna – zasady funkcjonowania w świecie nowych mediów. Tyniec Wydawnictwo Benedyktynów, Kraków, 45.
- Gembalska-Kwiecień A., Ignac-Nowicka J., 2014. Analiza obciążeń statycznych na stanowiskach pracy biurowej. SWIP 3(9), 87–98.
- Józwiak Z.W., 2018. Ergonomia pracy na stanowiskach typu biurowego. Promot. BHP (4), 8–10.
- Kamińska J., 2005. Jak prawidłowo siedzieć? Bezp. Pr. Nauka Prakt. 5, 26–28.
- Khan R., Surti A., Rehman R., Ali U., 2012. Knowledge and practices of ergonomics in computer users. J. Pak. Med. Assoc. 62(3), 213–217.
- McKeown C., 2007. Office ergonomics: practical applications. CRC Press, 15–24.
- Mieszkowska M., Bugajska J., Wolska A., 2008. Praca z komputerem przenośnym – laptopy. Bezp. Pr. Nauka Prakt. 12, 8–10.
- Pas-Wyroślak A., Wągrowaska-Koski E., Jurowski P., 2010. Ocena wpływu pracy wzrokowej z monitorami ekranowymi na temperaturę powierzchni oka i ciśnienie wewnątrzgałkowe. Med. Pr. 61(6), 625.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 1 grudnia 1998 r. dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe [Dz.U. z 1998 r. Nr 148, poz. 973].
- Rozporządzenie Ministra Rodziny i Polityki Społecznej z dnia 18 października 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe [Dz.U. z 2023 r., poz. 2367].
- Wolańska O., Wolański W., 2005. Ergonomia pracy przy komputerze w aspekcie obciążeń kręgosłupa. Zesz. Nauk. Kated. Mech. Stosow. 27, 160–165.

## Quantitative analysis of bacteria present on the surface of slides at public playgrounds

Analiza ilościowa bakterii występujących na powierzchni zjeżdżalni na publicznych placach zabaw

### Introduction

In recent years, especially since the onset of the COVID-19 pandemic, awareness of health threats associated with pathogens in public spaces has significantly increased. Children are particularly vulnerable to these types of threats. Playgrounds are the most favorable form of open play spaces, as they support children's development across various areas [Ayan 2013]. Generally, playground equipment could be divided into five categories: (I) trapeze equipment (e.g., bars, loops, ladders, balance bars, parallel bars); (II) slip equipment (e.g., slides, tube slides); (III) swing equipment (e.g., swings); (IV) motion equipment (e.g., roundabouts, carousels, rocking horses); and (V) mixed equipment sets [Sansakorn et al. 2022]. Safety standards are frequently monitored to prevent children from being injured.

Several studies have shown that playground equipment and surface materials can be contaminated with viruses, bacteria, fungi, and parasites [Ayan 2013, Błaszczak and Zatoń 2015, Caliskan et al. 2021]. Microbes such as *Helicobacter pylori* [Pérez et al. 2010], *Escherichia coli* [Badura et al. 2014, Caliskan et al. 2021], and *Staphylococcus aureus* [Thapaliya et al. 2019] are identified in sand, soil, and swabs from different playground equipment (slides, swings, ferris wheels, seesaws). Furthermore, bacteria have evolved strategies for forming biofilms on numerous surfaces (abiotic and biotic) and under various environmental challenges (such as high fluctuations in temperature and pH, salinity, sunlight, and limited nutrient availability) [Iyer et al. 2023]. Biofilms offer bacteria protection, contributing to reduced antimicrobial susceptibility and increased tolerance to antiseptic agents and germicides [Amankwah et al. 2021, Fulaz et al. 2019]. It was also estimated that biofilm cells are more resistant to antibiotics and disinfecting agents than planktonic cells [Stewart and Costerton 2001]. In biofilms, antibiotic resistance could be triggered by three mechanisms: (1) slow or incomplete penetration of the antibiotics, (2) altered microenvironment within the film, (3) differentiation into a protected phenotypic state (similar to spore formation) [Stewart and Costerton 2001]. All the above

---

<sup>1</sup> The John Paul II Catholic University of Lublin, Biotechnology Scientific Club of the John Paul II Catholic University of Lublin

<sup>2</sup> The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Medicine, Institute of Biological Sciences, Department of Biomedicine and Environmental Research

<sup>3</sup> The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Medicine, Institute of Biological Sciences, Department of Chemistry, ilona.sadok@kul.pl



emphasizes the need for the development of effective biofilm-inhibition agents that prevent the formation of biofilms at the very earliest stages, as well as biofilm-dispersal agents that disrupt biofilm cell communities. Formation of bacterial biofilms onto playground surfaces and elements could lead to disease transmission since children are exposed to the risk of infection by touching or swallowing the contaminated material [Zatoń and Błaszczak 2015]. Furthermore, children transmit microbial pathogens during play between their hands and toys [Martinez-Bastidas et al. 2014].

The research aimed to quantify the total number of bacteria in samples taken from the surfaces of slides that are part of playground equipment. The microbiological contamination of slides was examined in Lublin – the ninth-largest city in Poland.

## Materials and methods

The study enrolled 33 public playgrounds in Lublin (Poland) with different equipment and surfacing materials. The localization of the selected municipal playgrounds is presented in Figure 1. Playgrounds were divided into two groups based on their biophilic character and number of natural elements. Play spaces with many natural elements, such as trees, plants, and water, were classified as “natural playgrounds” (N). “Urban playgrounds” (U) were those located in the hosting estate and engaged a limited amount of natural elements. The samples were collected from slides during the summer season in the evening hours.

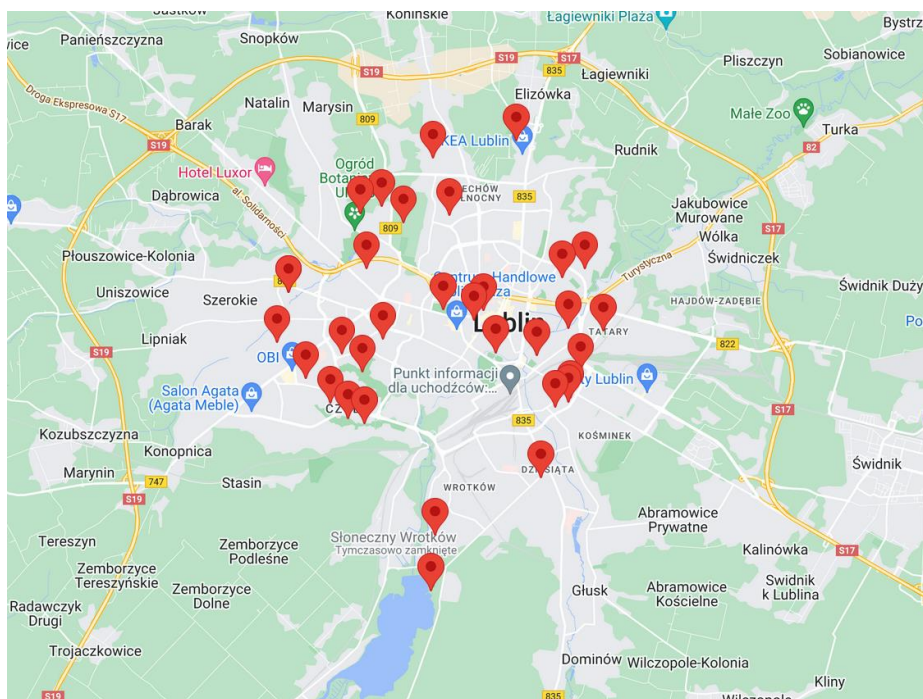


Fig. 1. Localization of Lublin's playgrounds selected for this study

Surface sampling was conducted utilizing sterile swabs moistened with sterile saline from various areas of the slides. The surface was rubbed with a swab for 2 min. Then, swabs were put into sterile tubes, kept at 4 °C, and transported to the laboratory. There, the cotton tips of the swabs containing biological material were cut off aseptically, placed in 1 mL of sterile 0.9% NaCl solution, and vortexed for 1 min. Serial 10-fold dilutions were prepared up to  $10^{-4}$  from each sample. Then, 0.1 mL of each dilution was spread on plates of tryptic soy agar (BioMaxima, Lublin, Poland) in triplicate, and the plates were incubated at 37 °C for 48 h. The number of colony-forming units per milliliter (CFU/mL) was determined for each sample by counting all colonies on those plates where the number of colonies was 30–300.

A non-parametric Mann-Whitney U test for two independent groups was used for statistical analysis.

### Results and discussion

Slides were selected for the study since they were present in all evaluated playgrounds and represented the predominant attraction for children of different ages. The total numbers of bacteria in individual samples varied greatly, ranging from  $7.5 \times 10^1$  to  $2.8 \times 10^5$  CFU/mL (Fig. 2). Regarding playgrounds with natural surroundings, the total number of estimated bacteria varied from  $2.8 \times 10^2$  to  $1.5 \times 10^4$  CFU/mL (median:  $1.3 \times 10^3$ ). The determined values for samples collected from playgrounds with urban surroundings were within  $7.5 \times 10^1 - 2.8 \times 10^5$  CFU/mL (median:  $1.0 \times 10^3$ ).

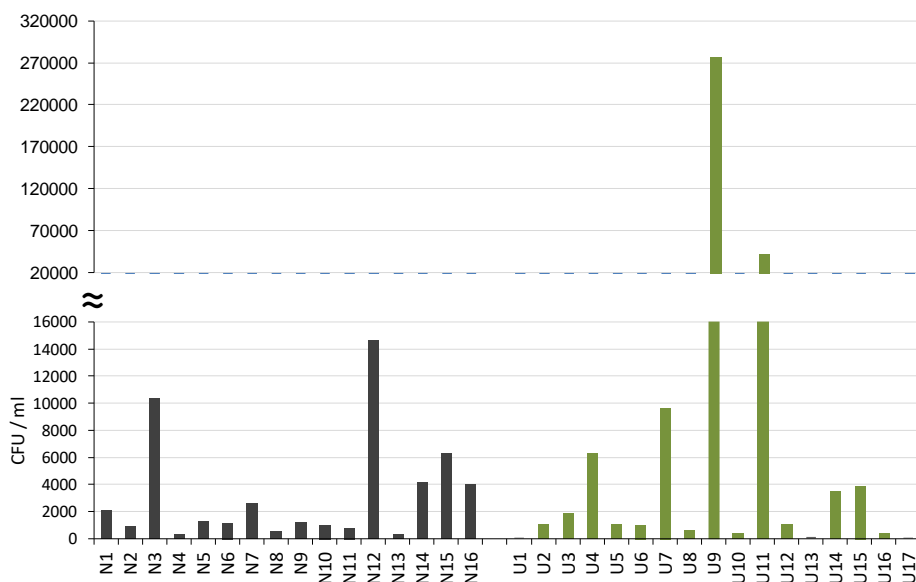


Fig. 2. The total number of bacteria in individual samples collected from playgrounds with natural (N) and urban (U) surroundings

Bacterial contamination of slide surfaces might originate from both human and environmental sources. The hypothesis was that bacteria would contaminate slides from natural playgrounds more due to natural surroundings and elements, and better access to animals, which might transmit diseases by feces [Otero et al. 2018]. Furthermore, natural shading from trees could reduce the temperature of playground surfaces and equipment. It is known that exposure to light supports the die-off of some bacteria due to temperature rise [Scoullou et al. 2020]. On the other hand, urban spaces arranged with the implementation of environmental features, natural shapes, and forms are gaining popularity in the modern world [Russo and Andreucci 2023]. Moreover, access to nature improves children’s psychological well-being and encourages them to develop risk management skills. Therefore, children and parents often visit natural playgrounds to play and spend their free time.

To verify the hypothesis, statistical analysis was performed to determine if there are significant differences in the number of bacteria on slides between “natural” and “urban” playgrounds (Tab. 1). Although two outliers were observed in the urban group (samples U9 and U11), no statistically significant differences were found.

Table 1. Results of non-parametric Mann-Whitney U test for evaluating differences between the total number of bacteria on slide surfaces in natural and urban playgrounds

Z	p	N <sub>N</sub>	N <sub>U</sub>
0.5045	0.6139	16	17

N<sub>N</sub> – number of samples collected from playgrounds with natural surroundings; N<sub>U</sub> – number of samples collected from playgrounds with urban surroundings; Z – calculated test factor; p – probability

The samples were collected only from stainless steel slides. Stainless steel (coated, painted) is widely used for slide surfaces and screws. It is known that bacterial survival and adherence strength on different materials vary [Iyer et al. 2023]. Surfaces with moderate wettability and higher surface energies are more prone to bacteria and cell accumulation [Yuan et al. 2017]. In addition, surfaces with rough texture provide a higher adhesion than smooth surfaces. Furthermore, plastics and Teflon (hydrophobic and non-polar surfaces) give a higher adhesion than metals and glasses (hydrophilic and polar surfaces) [Amankwah et al. 2021].

Depending on surface morphology, bacteria may use different colonization strategies [Iyer et al. 2023]. In reversible adhesion, bacteria adhere temporarily to surfaces through non-specific forces such as van der Waal’s force, electrostatic force, and Lewis’ acid force [Amankwah et al. 2021]. The irreversible adhesion, however, allows strong attachment of bacteria on surfaces and is often associated with the secretion of extracellular polymeric substances (EPS) and biofilm formation. Biofilms are three-dimensional thin films that vary from microbial species to species. It generally comprises living cells and an array of secreted molecules [Iyer et al. 2023]. Bacteria are protected from environmental stresses by forming biofilm and can survive in hostile environmental conditions [Amankwah et al. 2021].

*Escherichia coli* can survive over 28 days on stainless steel at high and low temperatures [Wilks et al. 2005]. Some *E. coli* strains can cause diarrhea, while others cause urinary tract infections, respiratory illness, and pneumonia. *Salmonella* spp. might also adhere on both stainless steel surfaces [Carvalho et al. 2023]. *Salmonella* can cause

gastrointestinal illness (salmonellosis), which develops symptoms such as diarrhea, fever, and abdominal cramps. Children younger than five are more likely to have severe salmonellosis infections. Furthermore, children in this age group acquire high hand contamination with Gram-negative bacteria while playing [Simanjuntak et al. 2023]. It is related to their age-dependent activities in the playgrounds. Thus, playground equipment should be disinfected to prevent infection with pathogenic bacteria during play.

## Conclusions

The results show that, in some cases, the number of bacteria on playground slides may be notably high. Since it has been repeatedly proven that many species of pathogenic bacteria occur on the surface of such equipment, their proper cleaning and disinfection are crucial. Furthermore, good hygiene practices, such as washing hands after playing, prevent the spread of pathogens.

The project is financed from the state budget, granted by the Minister of Education and Science under “Student Science Clubs Create Innovations” (SKN/SP/570395/2023).

## References

- Amankwah S., Abdella K., Kassa T., 2021. Bacterial biofilm destruction: A focused review on the recent use of phage-based strategies with other antibiofilmagents. *Nanotechnol. Sci. Appl.* 14, 161–177. <https://doi.org/10.2147/NSA.S325594>
- Ayan S., 2013. The hidden danger for the users of playgrounds and sport complexes. *Life Sci. J.* 10(1), 2884–2890.
- Badura A., Luxner J., Feierl G., Reinthaler F.F., Zarfel G., Galler H., Pregartner G., Riedl R., Grisol A.J., 2014. Prevalence, antibiotic resistance patterns and molecular characterization of *Escherichia coli* from Austrian sandpits. *Environ. Pollut.* 194, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.07.007>
- Błaszak M., Zatoń K., 2015. Effectiveness of the sandpits security system against microorganisms and intestinal parasites sand contamination. *J. Ecol. Eng.* 16(4), 215–223. <https://doi.org/10.12911/22998993/59376>
- Caliskan D., Bakkaloğlu Z., Cevik Y.N., Yildiz S.S., Kaskatepe B., 2021. MALDI-TOF MS identification and antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolated from playground. *Microb. Pathog.* 159, 105155–105161. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105155>
- Carvalho D., Chitolina G.Z., Wilsmann D.E., Lucca V., Dias de Emery B., Borges K.A., Furian T.Q., Salle C.T.P., de Souza Moraes H.L., do Nascimento V.P., 2023. Adhesion capacity of *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli* and *Campylobacter jejuni* on polystyrene, stainless steel, and polyethylene surfaces. *Food Microbiol.* 114, 104280. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104280>
- Fulaz S., Vitale S., Quinn L., Casey E., 2019. Nanoparticle–biofilm interactions: The role of the EPS matrix. *Trends Microbiol.* 27(11), 915–926. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2019.07.004>
- Martínez-Bastidas T., Castro-del Campo N., Mena K.D., Castro-del Campo N., León-Félix J., Gerba C.P., Chaidez C., 2014. Detection of pathogenic micro-organisms on children’s hands and toys during play. *J. Appl. Microbiol.* 116(6), 1668–1675. <https://doi.org/10.1111/jam.12473>
- Iyer D., Laws E., La Jeunesse D., 2023. *Escherichia coli* adhesion and biofilm formation on polymeric nanostructured surfaces. *ACS Omega* 8(50), 47520–47529. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c04747>

- Otero D., Alho A.M., Nijssse R., Roelfsema J., Overgaauw P., de Carvalho L.M., 2018. Environmental contamination with *Toxocara* spp. eggs in public parks and playground sandpits of Greater Lisbon, Portugal. *J. Infect. Public Health*. 11(1), 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2017.05.002>
- Pérez L.M., Codony F., López Leyton D., Fittipaldi M., Adrados B., Morató J., 2010. Quantification of *Helicobacter pylori* levels in soil samples from public playgrounds in Spain. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*. 11(1), 27–29. <https://doi.org/10.1631/jzus.B0900238>
- Russo A., Andreucci M.B., 2023. Raising healthy children: Promoting the multiple benefits of green open spaces through biophilic design. *Sustainability* 15(3), 1982–2003. <https://doi.org/10.3390/su15031982>
- Sansakorn P., Madardam U., Pongsricharoen J., Srithep N., Janjamsri N., Mongkonkansai J., 2022. The current status of public playground safety and children's risk taking behavior in the park: Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Children (Basel)* 9(7), 1034–1045. <https://doi.org/10.3390/children9071034>
- Scoullou I.M., Adhikari S., Vazquez C.M.L., van de Vossenbergh J., Brdjanovic D., 2020. Inactivation of indicator organisms on different surfaces after urban floods. *Sci. Total Environ.* 704, 135456–135464. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135456>
- Simanjuntak D.F., Kusumawati R.L., Bader O., Lüder C.G.K., Zimmermann O., Groß U., 2023. A comparative pilot study on Gram-negative bacteria contaminating the hands of children living in urban and rural areas of Indonesia versus Germany – A suitable monitoring strategy for diarrhea risk assessment? *Front. Microbiol.* 14, 1152411–1152424. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1152411>
- Stewart P.S., Costerton J.W., 2001. Antibiotic resistance of bacteria in biofilms. *Lancet* 358(9276), 135–138. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(01\)05321-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(01)05321-1)
- Thapaliya D., Kadariya J., Capuano M., Rush H., Yee C., Oet M., Lohani S., Smith T.C., 2019. Prevalence and molecular characterization of *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *S. aureus* on children's playgrounds. *Pediatr. Infect. Dis. J.* 38(3), e43–e47. <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000002095>
- Wilks S.A., Michels H., Keevil C.W., 2005. The survival of *Escherichia coli* O157 on a range of metal surfaces. *Int. J. Food Microbiol.* 105(3), 445–454. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.04.021>
- Yuan Y., Hays M.P., Hardwidge P.R., Kim J., 2017. Surface characteristics influencing bacterial adhesion to polymeric substrates. *RSC Adv.* 7, 14254–14261, <https://doi.org/10.1039/C7RA01571B>
- Zatoń K., Błaszczak M., 2015. The microbiological and sanitary state of sand in the municipal bathing beach in Szczecin. *J. Ecol. Eng* 16(5), 40–45, <https://doi.org/10.12911/22998993/60452>

Damian Oleksiak<sup>1</sup>, Szymon Strawa<sup>1</sup>, Rafał Łopucki<sup>2</sup>, Marcin Skowronek<sup>2</sup>,  
Ilona Sadok<sup>3</sup>

## The assessment of microbiological air quality at urban playgrounds – analysis of aerosol bacteria

Ocena jakości mikrobiologicznej powietrza na miejskich placach zabaw: analiza bakterii w aerozolu

### Introduction

Research on playground safety typically focuses on physical safety issues. Special devices and materials are designed to reduce the likelihood of children sustaining physical injuries. Significantly less attention, however, is given to the microbiological safety of playground users. So far, the occurrence of microorganisms in sandboxes or soil has been frequently investigated [Pérez et al. 2010, Caliskan et al. 2021]. Microorganisms present on the surfaces of playground equipment such as slides, swings, seesaws, and other toys are less frequently studied [Thapaliya et al. 2019]. Furthermore, typically only one or a small group of bacteria are considered, such as *Escherichia coli* [Caliskan et al. 2021], *Helicobacter pylori* [Pérez et al. 2010], *Salmonella* spp. [Haddock and Nocon 1986], *Staphylococcus aureus* [Thapaliya et al. 2019], *Clostridioides difficile* [Orden et al. 2017], or *Acinetobacter pittii* [Ababneh et al. 2022].

Importantly, studies concerning microbiological safety in playgrounds overlook aerosol-borne microorganisms. However, such investigations are important because even with rigorous adherence to hygiene practices (e.g. thorough handwashing after play), potential airborne infections are difficult to avoid. Numerous studies conducted indoors and outdoors have shown that bioaerosols can be rich in microorganisms such as bacteria, archaea, actinomycetes, fungi, and viruses [Bulski 2020, Kowalski and Pastuszka 2018, Zhao et al. 2021]. These microorganisms are released into the air from the environment (e.g. soil) due to wind action or other physical events [Fröhlich-Nowoisky et al. 2016]. The quantity and quality of bioaerosols depend on various factors such as emission source, location, climatic conditions (temperature, humidity, precipitation, wind), solar radiation, and season [Bulski 2020, Li et al. 2017, Maron et al. 2006]. Atmospheric circulation also allows microorganisms to travel significant distances [Petroselli et al. 2021]. For example, studies based on culturable bacteria collected in air masses of the troposphere that moved over a long range suggested that viable microorganisms retrieved in North America may originate from regions as far away as China and Japan [Gandolfi et al. 2013].

---

<sup>1</sup> The John Paul II Catholic University of Lublin, Biotechnology Scientific Club of the John Paul II Catholic University of Lublin

<sup>2</sup> The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Medicine, Institute of Biological Sciences, Department of Biomedicine and Environmental Research

<sup>3</sup> The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Medicine, Institute of Biological Sciences, Department of Chemistry, [ilona.sadok@kul.pl](mailto:ilona.sadok@kul.pl)

There is a possibility of the negative impact of bioaerosol components on humans (infections and allergic reactions) [Bulski 2020, Fröhlich-Nowoisky et al. 2016], especially considering that bacteria, including potentially pathogenic species, often dominate the microbial group in bioaerosol [Zhao et al. 2021]. Research on bioaerosols aims to describe the microbial content and increase understanding of bacteria transmission processes through this route, as well as understanding their connection with disease formation [Rufino de Sousa et al. 2020].

This study aimed to examine which bacteria are present in the aerosol at urban playgrounds during the summer season when these places are most intensively used by children.

## Materials and methods

### Study area

The research was conducted on 25 municipal playgrounds in Lublin, Poland, during the summer season. When selecting playgrounds for the study, their size and significance for the respective areas were taken into account – the largest and most frequently used playgrounds, enjoying the greatest popularity, were chosen (Fig. 1A). The research was always carried out on sunny, windless, and rain-free days between 6 PM and 8 PM. This standardization was based on the fact that bacterial aerosol concentrations may be correlated with haze, temperature, and relative humidity, but there are no significant negative correlations with solar radiation [Li et al. 2017, Maron et al. 2006].



Fig. 1. A (on the left). An example playground where bacteria in bioaerosols were examined (photo by I. Sadok); B (on the right). The portable Coriolis® air sampler used for the collection of air samples (photo by D. Oleksiak)

### Collection of samples

The method of active bioaerosol sampling was employed [Michałkiewicz 2019]. A portable Coriolis® air sampler (Bertin Instruments) was used to collect biological contaminants suspended in the air into a container with collection liquid [Langer et al. 2012]. The collection of bioaerosols using this method is compatible with various microbiological techniques, such as cultures or qPCR [Rufino de Sousa et al. 2020].

The sampler was positioned at a height of approximately 80–100 cm above ground level (see Fig. 1B), corresponding to the average body height of 2–3-year-old children who frequently use playgrounds.

Sterile Coriolis® Collection liquid (Bertin Instruments) was employed as a buffer for capturing bioaerosol components. The air sampling duration was set at 10 min, with an airflow rate of 250 L/min. This means that each sample contained bioaerosol suspended in 2.500 L of air. Following the completion of sample collection, the collecting liquid was secured at a temperature of 4°C and transported to the laboratory. One sample from each playground was collected.

### Microbiological cultures

Cones with liquid were vortexed, transferred into sterile falcon tubes, and centrifuged (8000 rpm, 15 min). Then, the buffer was decanted, and the residue was cultured in nutrient broth for 24 h. Due to the study's focus on potentially pathogenic taxa, the cultured bacteria were grown on selective media: *Staphylococcus*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterococcus*, *Salmonella*, and *Pseudomonas*. However, the use of the aforementioned selective media did not preclude the growth of other types of microorganisms. Each individual colony was banked and prepared for species identification. Bacterial isolates were stored in sterile tryptic soy broth containing 20% (v/v) glycerol at –80°C.

### Species identification

Bacterial isolates obtained were identified using a Bruker Daltonik GmbH ultraflex MALDI-TOF/TOF spectrometer (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry) controlled by flexControl software (version 3.4). In the initial step, a properly prepared biological sample was coated with a special matrix and then subjected to a laser pulse, inducing the ionization of bacterial protein molecules. The resulting ions were subsequently analyzed for their mass-to-charge ratio using a TOF analyzer. Identification relied on comparing the mass spectra collected for the test sample with a reference spectrum available in the database. The probability of correct microorganism identification was estimated using MALDI BioTyper Compass software (version 4.1).

## Results and discussion

In each of the collected bioaerosol samples, at least one species of bacteria was isolated. In total, 39 isolates were obtained. Not a single case of *Klebsiella*, *Salmonella*, or *Pseudomonas* bacteria was found in the bioaerosol, although literature data confirm the presence of these bacteria on various surfaces in playgrounds [Chatziprodromidou et al. 2021]. However, representatives of *Staphylococcus*, *Escherichia*, and *Enterococcus* were detected, although these bacteria accounted for a small percentage of isolates: *Enterococcus durans* 2.6%, *Enterococcus mundtii* 5.1%, *Escherichia coli* 2.6%, and *Staphylococcus pseudintermedius* 5.1%. The dominant genus of bacteria in the bioaerosol was *Bacillus* spp. (59%), with the predominant species being *Bacillus cereus* (17.9%) and *Bacillus thuringiensis* (17.9%). An example spectrum from the MALDI-TOF spectrometer identifying *B. cereus* is shown in Figure 2.



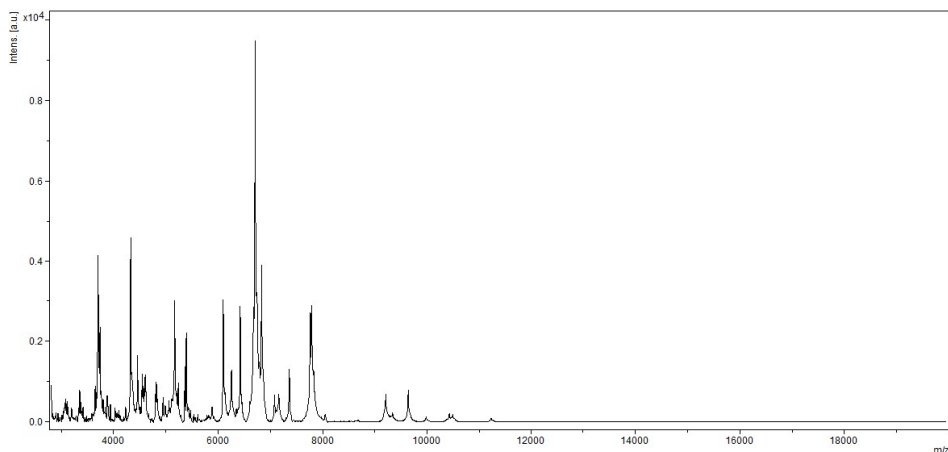


Fig. 2. Spectral profile obtained using MALDI-TOF technique for *Bacillus cereus*

The detailed data regarding the number of identified species, their percentage contribution, and the distribution of individual types are presented in Table 1 and Figure 3. It is important to note that the presented species composition and percentage distribution of taxa should be interpreted strictly in consideration of the applied methodology because it is known that cultivation-based methods are unable to provide a comprehensive description of the structure of airborne bacterial communities [Gandolfi et al. 2013]. Furthermore, one must consider that airborne bacterial communities may undergo continuous changes both between consecutive days, between different hours of the same day [Fierer et al. 2008], and between seasons [Brodie et al. 2007, Maron et al. 2006].

Table 1. Species of bacteria identified in bioaerosol samples from 25 playgrounds in Lublin

Species name (according to MALDI identification)	Number of isolates (N = 39)	Percentage of isolates
<i>Aneurinibacillus migulanus</i>	1	2.6
<i>Bacillus cereus</i>	7	17.9
<i>Bacillus licheniformis</i>	1	2.6
<i>Bacillus megaterium</i>	4	10.3
<i>Bacillus mycoides</i>	1	2.6
<i>Bacillus pumilus</i>	2	5.1
<i>Bacillus subtilis</i>	1	2.6
<i>Bacillus thuringiensis</i>	7	17.9
<i>Brevundimonas diminuta</i>	1	2.6
<i>Enterococcus casseliflavus</i>	1	2.6
<i>Enterococcus durans</i>	1	2.6
<i>Enterococcus mundtii</i>	2	5.1
<i>Escherichia coli</i>	1	2.6
<i>Paenibacillus glucanolyticus</i>	1	2.6
<i>Pantoea agglomerans</i>	6	15.4
<i>Staphylococcus pseudintermedius</i>	2	5.1

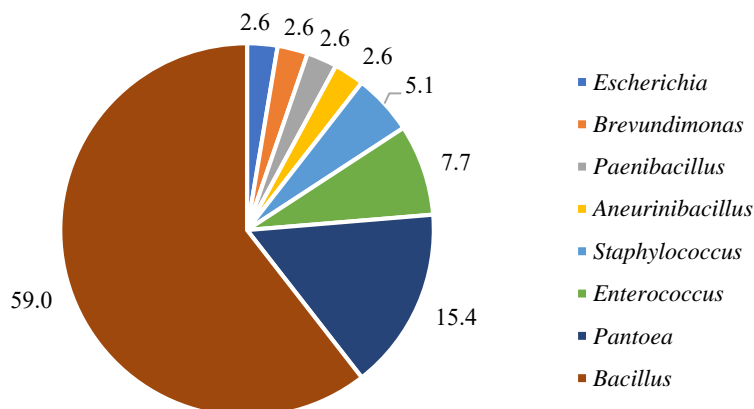


Fig. 3. Proportion (in percentage) of the particular genus of bacteria in bioaerosol at 25 playgrounds surveyed in Lublin

Compared to the literature data, it is worth noting that the predominant genus in our study, *Bacillus* spp., often appears in other studies describing bioaerosol research in both indoor and outdoor conditions. Generally, it is believed that when air masses or aerosols originate from marine sources, Gram-negative isolates tend to predominate, whereas Gram-positive bacteria are more prevalent in continental air masses [Gandolfi et al. 2013]. In a review paper on bacterial diversity in the atmosphere, Gandolfi et al. [2013] reported that the most frequently observed genera were *Sphingomonas*, *Pseudomonas*, and *Bacillus*.

In experimental studies conducted in China by Zhao et al. [2021], *Lactococcus* and *Bacillus* were the dominant genera of bacteria in microbial aerosols. Additionally, *Enterococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Erwinia*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus agalactiae*, and *Clostridium perfringens* were also detected. Similarly, in a waste sorting plant located in the mountainous region of Southern Poland, surrounded by numerous rural areas, it was found that isolates belonging to the genus *Bacillus* were most frequently identified [Bragoszewska et al. 2019]. Whereas, in a study conducted by Górny et al. [1999], the dominant bacteria present in the air of examined dwellings were: *Micrococcus/Kocuria* spp., *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonadaceae*, *Aeromonas* spp., and *Nocardia* spp. In another study conducted in Lublin (Poland), the microbiological quality of the air of cultural heritage objects was evaluated [Wlazło et al. 2020]. In samples collected in the Lublin Underground Trail the presence of *Staphylococcus* spp., *Brevibacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Cellulomonas* spp., *Kocuria* spp., *Alcaligenes* spp. and filamentous fungi was noted. These studies indicate that the composition of bioaerosols may vary in different habitats, but certain bacterial groups are more likely to be present. However, the composition of bacterial communities in bioaerosols may be entirely different from the microbial communities found on playground

equipment. The main limitation of this work was that the air sampling was conducted only during summer. Evaluation of the microbiological composition of air in other seasons could be also valuable.

## Conclusions

This research indicates that the analysis of bioaerosol composition should be incorporated into the standard microbiological monitoring of playgrounds. This will enhance the identification of the microorganisms, including potentially pathogenic ones, with which children actively engaging in such environments come into contact.

The project is financed from the state budget, granted by the Minister of Education and Science under “Student Science Clubs Create Innovations” (SKN/SP/570395/2023).

## References

- Ababneh Q., Abu Laila S., Jaradat Z., 2022. Prevalence, genetic diversity, antibiotic resistance and biofilm formation of *Acinetobacter baumannii* isolated from urban environments. *J. Appl. Microbiol.* 133(6), 3617–3633. <https://doi.org/10.1111/jam.15795>
- Bragoszewska E., Biedroń I., Hryb W., 2019. Air quality and potential health risk impacts of exposure to bacterial aerosol in a waste sorting plant located in the mountain region of Southern Poland, around which there are numerous rural areas. *Atmosphere* 10(7), 360. <https://doi.org/10.3390/atmos10070360>
- Brodie E.L., De Santis T.Z., Moberg Parker J.P., Zubietta I.X., Piceno Y.M., Andersen G.L., 2007. Urban aerosols harbor diverse and dynamic bacterial populations. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 104, 299–304. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608255104>
- Bulski K., 2020. The importance of bioaerosol in forensic investigations. *Post. Mikrobiol.* 53, 331–335.
- Caliskan D., Bakkaloğlu Z., Numanoglu Cevik Y., Suzuk Yildiz S., Kaskatepe B., 2021. MALDI-TOF MS identification and antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolated from playground. *Microb. Pathog.* 159, 105155. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105155>
- Chatziprodromidou I.P., Chatziantoniou S., Vantarakis G., Vantarakis A., 2021. Risk factor analysis of children’s exposure to microbial pathogens in playgrounds. *risk analysis.* <https://doi.org/10.1111/risa.13752>
- Fierer N., Liu Z., Rodríguez-Hernández M., Knight R., Henn M., Hernandez M.T., 2008. Short-term temporal variability in airborne bacterial and fungal populations. *Appl. Environ. Microbiol.* 74, 200–207. <https://doi.org/10.1128/AEM.01467-07>
- Fröhlich-Nowoisky J., Kampf C.J., Weber B., Huffman A., Pöhlker C., Andreae M.O., Lang-Yona N., Burrows S., Gunthe S. S., Elbert W., Su H., Hoor P., Thines E., Hoffmann T., Després V.R., Pöschl U., 2016. Bioaerosols in the Earth system: Climate, health, and ecosystem interactions. *Atm. Res.* 182, 346–376.
- Gandolfi I., Bertolini V., Ambrosini R., Bestetti G., Franzetti A., 2013. Unravelling the bacterial diversity in the atmosphere. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 97(11), 4727–4736. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-4901-2>
- Górny R.L., Dutkiewicz J., Krysińska-Traczyk E., 1999. Size distribution of bacterial and fungal bioaerosols in indoor air. *Ann. Agric. Environ. Med.* 6(2), 105–113.
- Haddock R.L., Nocon F.A., 1986. Salmonella contamination of soil in children’s play areas on Guam. *J. Environ. Health.* 49(3), 158–160. <http://www.jstor.org/stable/44536255>

- Kowalski M., Pastuszka J.S., 2018. Effect of ambient air temperature and solar radiation on changes in bacterial and fungal aerosols concentration in the urban environment. *Ann. Agric. Environ. Med.* 25(2), 259–261. <https://doi.org/10.26444/aaem/75877>
- Langer V., Hartmann, G., Niessner R., Seidel M., 2012. Rapid quantification of bioaerosols containing *L. pneumophila* by Coriolis®  $\mu$  air sampler and chemiluminescence antibody microarrays. *J. Aerosol. Sci.* 48, 46–55.
- Li W.X., Lu R., Xie Z.S., Wang J.L., Fan C.L., Liu P.X., Li Y.P., 2017. Concentration and size distribution characteristics of culturable bioaerosols at various air quality levels during fall and winter in Xi'an, China. *Huan Jing Ke Xue.* 38(11), 4494–4500. <https://doi.org/10.13227/j.hjkk.201703072>
- Maron P.A., Mougél C., Lejon D.P.H., Carvalho E., Bizet K., Marck G., Cubito N., Lemanceau P., Ranjard L., 2006. Temporal variability of airborne bacterial community structure in an urban area. *Atmos. Environ.* 40, 8074–8080. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.08.047>
- Michałkiewicz M., 2019. Metody badań mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza na terenach oczyszczalni ścieków? Przegląd literaturowy. *Kosmos* 68, 475–487.
- Orden C., Neila C., Blanco J.L., Álvarez-Pérez S., Harmanus C., Kuijper E.J., García M.E., 2017. Recreational sandboxes for children and dogs can be a source of epidemic ribotypes of *Clostridium difficile*. *Zoon. Publ. Health*, 65(1), 88–95, <https://doi.org/10.1111/zph.12374>
- Pérez L.M., Codony F., López Leyton D., Fittipaldi M., Adrados B., Morató J., 2010. Quantification of *Helicobacter pylori* levels in soil samples from public playgrounds in Spain. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 11(1), 27–9, <https://doi.org/10.1631/jzus.B0900238>
- Petroselli C., Montalbani E., La Porta G., Crocchianti S., Moroni B., Casagrande C., Ceci E., Selvaggi R., Sebastiani B., Gandolfi I., Franzetti A., Federici E., Cappelletti D., 2021. Characterization of long-range transported bioaerosols in the Central Mediterranean. *Sci. Total. Environ.* 763, 143010, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143010>
- Rufino de Sousa N., Shen L., Silcott D., Call C.J., Gigliotti R.A., 2020. Operative and technical modifications to the Coriolis®  $\mu$  air sampler that improve sample recovery and biosafety during microbiological air sampling. *Ann. Work Expos. Health.* 64, 852–865.
- Thapaliya D., Kadariya J., Capuano M., Rush H., Yee C., Oet M., Lohani S., Smith T.C., 2019. Prevalence and molecular characterization of *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *S. aureus* on children's playgrounds. *Pediatr. Infect. Dis J.* 38(3), e43–e47, <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000002095>
- Wlazo Ł., Kasela M., Nowakowicz-Dębek B., Ossowski M., Malm A., 2020. Bioaerosols in an Underground Tourist Trail. *Pol. J. Environ. Stud.* 29(5), 3865–3872, <https://doi.org/10.15244/pjoes/116607>
- Zhao W., Li J., Xie H.N., Zhang L.H., Wang Y.E., 2021. Concentration and particle size distribution characteristics of microbial aerosol and bacterial community structure during spring in Lanzhou City, China. *Environ. Sci.* 42(4), 1668–1678, <https://doi.org/10.13227/j.hjkk.202006023>

## **Anomalie fenologii roślinności w Polsce: analiza wskaźnika VIP (Vegetation Index and Phenology) w latach 1981–2014**

Anomalies of vegetation phenology in Poland: analysis of the VIP index (Vegetation Index and Phenology) from 1981 to 2014

### **Wstęp**

Działalność człowieka, w szczególności emisje gazów cieplarnianych, znacząco przyczyniła się do globalnego ocieplenia, a globalne temperatury powierzchni Ziemi wzrosły o 1,1°C w latach 2011–2020 [Ge i in. 2021, Simpson i in. 2021]. Gwałtowne w skali geologicznej zmiany klimatu wpływają na ekosystemy poprzez zmiany średnich warunków i zmienność klimatu w połączeniu z innymi powiązаныmi zmianami, takimi jak zwiększone zakwaszenie oceanów i stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze [Malhi i in. 2020].

Roślinność jest ważnym składnikiem globalnego ekosystemu, który odgrywa kluczową rolę w regulacji globalnego bilansu węgla i utrzymaniu stabilnego klimatu [Sun i in. 2015, Wang i in. 2024]. Jednym z czynników wpływających na dynamikę roślinności są zmiany pokrycia terenu spowodowane działalnością człowieka [Ge i in. 2021]. Wraz z ciągłym ocieplaniem się globalnego klimatu i intensyfikacją niewłaściwego wykorzystania zasobów lądowych, roślinność przechodzi ogromne zmiany, co może prowadzić do poważnej degradacji ekologicznej i ogromnych strat ekonomicznych [Simpson i in. 2021, Kemp i in. 2022, Lee i Romero 2023]. Zmiany w roślinności mogą prowadzić do niedoborów żywności, wzrostu jej cen i niestabilności [Islam i in. 2022, Lee i Romero 2023]. Wpływają również na obieg wody, co może prowadzić do zmniejszenia dostępności wody pitnej i zwiększonego ryzyka powodzi [Nistor i in. 2020]. Ponadto zaburzenia roślinności mogą mieć negatywny wpływ na gospodarkę, leśnictwo, turystykę i zatrudnienie, prowadząc do utraty dochodów i miejsc pracy [Brandão i in. 2019, Mozgeris i in. 2019, Islam i in. 2022]. W rezultacie zmiany charakterystyki regionalnej i globalnej roślinności mają poważne i wielorakie konsekwencje, zarówno pod względem środowiskowym, jak i społeczno-gospodarczym.

Obecnie w badaniach środowiskowych i badaniach dotyczących zmian klimatycznych coraz szersze zastosowanie mają dane satelitarne i teledetekcyjne [Sexton i in. 2013, Lin i in. 2023, Wang i in. 2023, Van 2024]. Pozwalają one na dokładne i niemal nieprzerwane monitorowanie całej powierzchni planety. Dane takie pozwalają na zaawansowane analizy przestrzenne, w tym analizy roślinności. Oprócz NDVI (ang. *normalized*

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Ekologów, Piejak1111100@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin

*difference vegetation index*) i EVI (ang. *enhanced vegetation index*), istnieje wiele innych wskaźników bazujących na danych satelitarnych, które można wykorzystać w badaniach roślinności, m.in. LAI (ang. *leaf area index*), Tasseled Cap Transformation czy ALI (ang. *advanced land imager*) [Maeda i in. 2014, Marshall i in. 2016, Li i in. 2021, Purdy i in. 2023, Wang i in. 2023]. Te wskaźniki oferują różnorodne perspektywy na strukturę i stan roślinności oraz są użyteczne w analizie zmian parametrów roślinności w różnych skalach przestrzennych i czasowych.

Celem badań było przeprowadzenie analizy wskaźnika wegetacji oraz fenologii VIP na obszarze Polski w latach 1981–2014. Analizując wskaźnik wegetacji, oceniono dynamikę roślinności na obszarze Polski w badanym okresie. Szczególną uwagę skierowano na identyfikację ewentualnych zmian w okresie wegetacyjnym, takich jak przyspieszenie lub wydłużenie, co mogłoby wskazywać na dynamikę właściwości wegetacyjnych w odpowiedzi na zmieniające się warunki środowiskowe.

## **Materiały i metody**

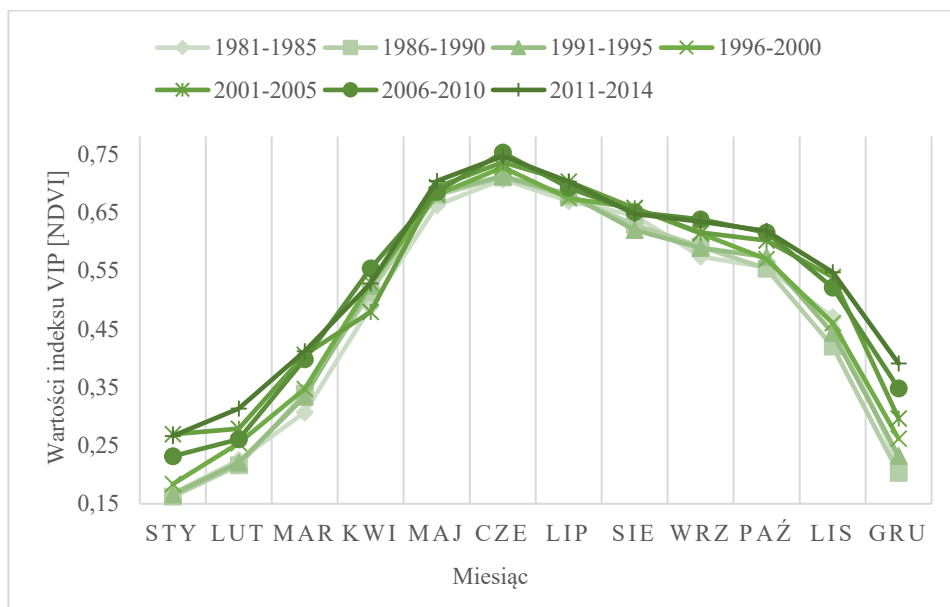
W ramach niniejszej pracy wykorzystano katalog danych satelitarnych NASA LP DAAC MEaSUREs – Vegetation Index and Phenology (VIP), który zapewnia szeroki dostęp do obserwacji satelitarnych dotyczących wskaźników wegetacji i fenologii na całym świecie. W przypadku tego badania dane te zostały wygenerowane przy użyciu radiometrów AVHRR (ang. *Advanced Very High Resolution Radiometer*) serii N07, N09, N11 i N14, a także spektrometri MODIS (ang. *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Te instrumenty zbierają obserwacje odbicia promieniowania z powierzchni Ziemi w różnych zakresach widmowych, co umożliwia wyodrębnienie informacji dotyczących roślinności [Marshall i in. 2016].

Analizowany przedział czasowy (od stycznia 1981 do grudnia 2014 roku) obejmuje 408 miesięcy. W celu efektywnego pobierania i wstępnego przetwarzania obrazów satelitarnych opracowano serię skryptów w języku programowania Python. Wykorzystując model językowy OpenAI ChatGPT 3.5, zapewniono efektywne programowanie oraz korektę skryptów. Skrypty te obejmowały proces pobierania serii danych, konwersję formatu z HDF4 na GeoTIFF, dekompozycję danych, przetwarzanie danych geoprzestrzennych – takie jak przycinanie i obliczanie statystyk strefowych, przygotowanie danych w formacie plików CSV oraz eksport wyników. Dane wykorzystane w analizie zostały pozyskane z kolekcji NASA's Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), dystrybutora USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. W celu analizy przestrzennej wykorzystano oprogramowanie QGIS. Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą oprogramowania Statistica.

## **Wyniki i dyskusja**

Analiza przebiegu wartości komponentu NDVI indeksu VIP w trakcie roku dla omawianych lat (ryc. 1) ukazuje zbliżone tendencje, charakteryzujące się pewnymi kluczowymi punktami. Warto zauważyć, że niezmiennie dla wszystkich lat występuje minimum wartości w styczniu, co jest zgodne z typowym zimowym spadkiem aktywności wegetacyjnej. Następnie obserwuje się gwałtowny wzrost między lutym a czerwcem, co

koreluje z okresem wiosennego rozwoju i zwiększonej aktywności fotosyntetycznej. Maksimum wartości występuje w czerwcu, co odzwierciedla szczytowy okres wegetacyjny. Kolejnym istotnym aspektem jest powolny spadek wartości NDVI między czerwcem a październikiem, a więc naturalnym procesem zmniejszania aktywności roślin w okresie jesiennym. Bardziej gwałtowny spadek wartości występuje między październikiem a styczniem.

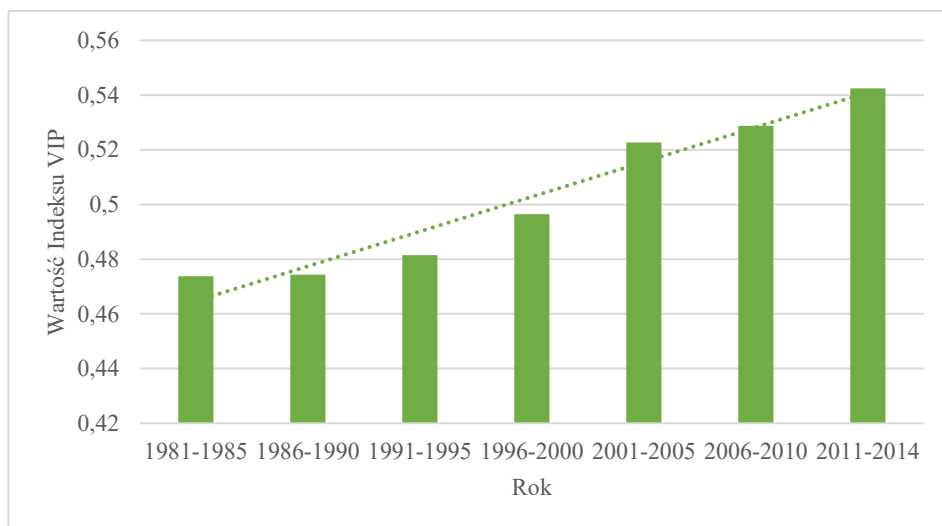


Ryc. 1. Dynamika zmian indeksu VIP (komponentu NDVI) w ciągu roku w latach 1981–2014

Jednakże, pomimo podobnych ogólnych tendencji, analiza wykazała istotne różnice pomiędzy wczesnymi a późnymi latami analizowanego przedziału czasowego. Szczegółowa analiza tych różnic pozwoliła zidentyfikować anomalie w dwóch kluczowych parametrach wegetacji, które mogą mieć istotny wpływ na zrozumienie dynamiki zmian wegetacyjnych na badanym obszarze.

Analiza rocznej wartości NDVI pozwala na ocenę aktywności fotosyntetycznej roślinności w badanym obszarze w określonym czasie. Roczne wartości uśrednione NDVI dla pięciolecia 1981–1985 oraz 1986–1990 wynosiły odpowiednio 0,4737 i 0,4743. W latach 2011–2014 uśredniona roczna wartość NDVI dla roku wynosiła 0,5423, co oznacza wzrost o około 14,5% w porównaniu do wartości średniej dla pierwszych lat badanego okresu. Jak pokazano na rycinie 2, widoczny jest trend wzrostowy średniej wartości NDVI. Istnieje wiele czynników, które mogą przyczynić się do obserwowanych zmian w aktywności fotosyntetycznej roślinności. Jednym z potencjalnych czynników jest wcześniejsze rozpoczęcie sezonu wegetacyjnego, które może prowadzić do wydłużenia sezonu wegetacyjnego i zwiększenia całkowitej aktywności fotosyntetycznej roślinności w ciągu roku. Dodatkowo, istnieje hipoteza nawożenia dwutlenkiem węgla CFE (ang. *CO<sub>2</sub> fertilization effect*), według której wzrost stężenia CO<sub>2</sub> może stymulować aktywność fotosyntetyczną roślinności [Lim i in. 2004, Chen i in. 2022]. Symulacje z wieloma

modelami globalnego ekosystemu sugerują, że efekty nawożenia CO<sub>2</sub> mogą wyjaśniać nawet 70% zaobserwowanego trendu zazieleniania się, czyli wzrostu aktywności fotosyntetycznej roślinności. Jednakże szybki wzrost stężenia dwutlenku węgla może stanowić zagrożenie dla równowagi ekosystemów, prowadząc do różnych zmian w strukturze, funkcjonowaniu oraz potencjalnych negatywnych konsekwencji.

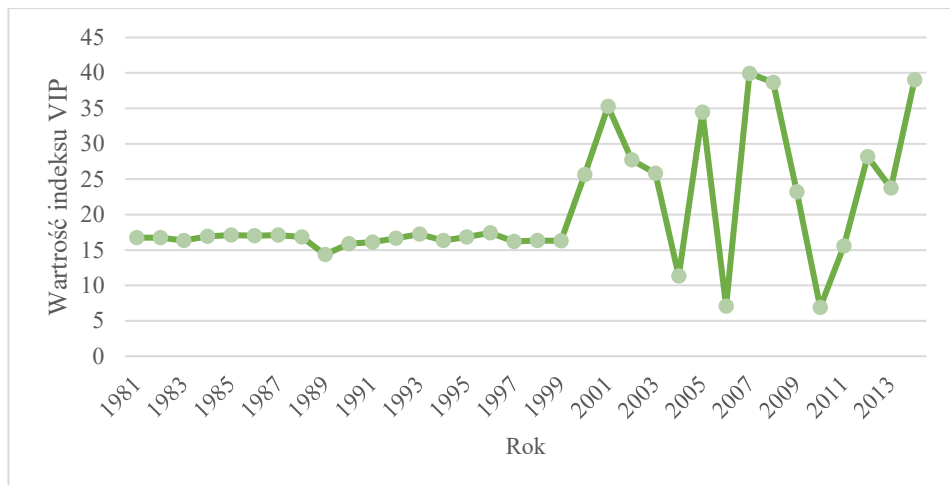


Ryc. 2. Uśredniona wartość indeksu VIP w okresach pięcioletnich od roku 1981–2014 (z wyjątkiem lat 2011–2014) z linią trendu

Obserwuje się znaczące zmiany w średniej wartości indeksu VIP w okresie zimowym od roku 2000 do 2014 w porównaniu z latami 1981–1999. W pierwszym badanym okresie średnia wartość VIP dla stycznia utrzymywała się na niemal identycznym i stabilnym poziomie około 0,17, co sugeruje relatywnie stałą aktywność fotosyntetyczną roślinności w trakcie zimowych miesięcy. Natomiast od roku 2000 obserwowano fluktuacje charakteryzujące się wyraźnymi wzrostami i spadkami w każdym kolejnym roku. Szczególnie interesujące są lata, w których wartość indeksu była wyjątkowo wysoka (np. 0,399 dla 2007, 0,390 dla 2014), ale także te, w których wystąpiły znacząco niższe wartości niż stabilna wartość z poprzedniego wieku (np. 0,070 dla 2006, 0,069 dla 2010). Warto zauważyć, że zmiany te mogą być częściowo związane ze zmianą technologii i zastosowanymi czujnikami satelitarnymi. W pierwszych dwóch dekadach analizowanego okresu dane były gromadzone za pomocą Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) – serii czterech czujników (N07, N09, N11 i N14). Od roku 2000 zastosowano Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) na pokładzie satelity Terra, co mogło wpłynąć na dokładność i spójność danych. Możliwe, że nagłe fluktuacje obserwowane w wartościach VIP dla okresu zimowego mogą wynikać z różnic w dokładności i kalibracji między tymi dwoma systemami czujników. Chociaż obserwowane fluktuacje w danych VIP w okresie zimowym mogą być częściowo spowodowane zmianami technologicznymi w zastosowanych czujnikach satelitarnych, to zaskakujący jest brak podobnej niestabilności w danych dotyczących okresu letniego. To sugeruje, że ewentualne



różnice w dokładności i kalibracji między czujnikami AVHRR a MODIS mogą mieć większe znaczenie w kontekście analizy danych zimowych, gdzie zmienna pokrywa śnieżna, zmiany w chmurach i inne czynniki mogą wpływać na interpretację danych.



Ryc. 3. Średnia miesięczna wartość indeksu VIP dla stycznia w latach 1981–2014

### Podsumowanie

Analiza zmienności wartości indeksu wegetacji i fenologii VIP na przestrzeni lat wskazuje na istotne zmiany w aktywności fotosyntetycznej roślinności, zarówno w skali roku, jak i wielu lat dla badanego obszaru Polski. Obserwowane zwiększenie wartości indeksu sugerują zmiany w funkcjonowaniu ekosystemów roślinnych. Analiza wykazała istotne różnice pomiędzy wcześniejszymi a późniejszymi latami. Jednakże pełne zrozumienie tych procesów wymaga dalszych badań oraz uwzględnienia szerokiego kontekstu ekologicznego, społecznego i klimatycznego. W badaniu dotyczącym pomiaru ogólnej wegetacji na obszarze kraju ustalenie jednoznacznych przyczyn jest zadaniem wyjątkowo trudnym, z uwagi na złożoność zjawisk i ich wzajemne powiązania. W badaniu skupiono się jednak na analizie konsekwencji kompleksu czynników, kładąc nacisk na ocenę rezultatów tego oddziaływania. Wartościowe wnioski z analizy mają istotne znaczenie dla prognozowania zmian w ekosystemach roślinnych oraz podejmowania odpowiednich działań w celu zachowania równowagi środowiskowej i zrównoważonego rozwoju.

### Bibliografia

- Brandão M., Kirschbaum M.U.F., Cowie A.L., Hjuler S.V., 2019. Quantifying the climate change effects of bioenergy systems: Comparison of 15 impact assessment methods. *GCB Bioenergy* 11(5), 727–743. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12593>
- Chen C., Riley W.J., Prentice I.C., Keenan T.F., 2022. CO<sub>2</sub> fertilization of terrestrial photosynthesis inferred from site to global scales. *PNAS* 119(10). <https://doi.org/10.1073/pnas.2115627119>

- Ge W., Deng L., Wang F., Han J., 2021. Quantifying the contributions of human activities and climate change to vegetation net primary productivity dynamics in China from 2001 to 2016. *Sci. Total Environ.* 773, 145648. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.145648>
- Islam M.M., Chowdhury M.A.M., Begum R.A., Amir A.A., 2022. A bibliometric analysis on the research trends of climate change effects on economic vulnerability. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29(39), 59300–59315. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20028-0>
- Kemp L., Xu C., Depledge J., Ebi K.L., Gibbins G., Kohler T.A., Rockström J., Scheffer M., Schellnhuber H.J., Steffen W., Lenton T.M., 2022. Climate Endgame: Exploring catastrophic climate change scenarios. *PNAS* 119(34). <https://doi.org/10.1073/pnas.2108146119>
- Lee H., Romero J., 2023. Climate Change 2023 Synthesis Report IPCC, 2023: Sections. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* 35–115. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Li S., Xu L., Jing Y., Yin H., Li X., Guan X., 2021. High-quality vegetation index product generation: A review of NDVI time series reconstruction techniques. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 105, 102640. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102640>
- Lim C., Kafatos M., Megonigal P., 2004. Correlation between atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and vegetation greenness in North America: CO<sub>2</sub> fertilization effect. *Clim. Res.* 28(1), 11–22. <https://doi.org/10.3354/cr028011>
- Lin W., Yuan H., Dong W., Zhang S., Liu S., Wei N., Lu X., Wei Z., Hu Y., Dai Y., 2023. Reprocessed MODIS version 6.1 leaf area index dataset and its evaluation for land surface and climate modeling. *Remote Sens.* 15(7), 1780. <https://doi.org/10.3390/rs15071780>
- Maeda E.E., Heiskanen J., Aragão L.E.O.C., Rinne J., 2014. Can MODIS EVI monitor ecosystem productivity in the Amazon rainforest? *Geophys. Res. Lett.* 41(20), 7176–7183. <https://doi.org/10.1002/2014GL061535>
- Malhi Y., Franklin J., Seddon N., Solan M., Turner M.G., Field C.B., Knowlton N., 2020. Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. *Philos. Trans. R. Soc. B-Biol. Sci.* 375(1794). <https://doi.org/10.1098/RSTB.2019.0104>
- Marshall M., Okuto E., Kang Y., Opiyo E., Ahmed M., 2016. Global assessment of Vegetation Index and Phenology Lab (VIP) and Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS) version 3 products. *Biogeosciences* 13(3), 625–639. <https://doi.org/10.5194/bg-13-625-2016>
- Mozgeris G., Brukas V., Pivoriunas N., Činga G., Makrickiene E., Byčenkienė S., Marozas V., Mikalajunas M., Dudoiitis V., Ulevičius V., Augustaitis A., 2019. Spatial pattern of climate change effects on Lithuanian forestry. *Forests* 10(9). <https://doi.org/10.3390/f10090809>
- Nistor M.M., Rai P.K., Dugesar V., Mishra V.N., Singh P., Arora A., Kumra V.K., Carebia I.A., 2020. Climate change effect on water resources in Varanasi district, India. *Meteorol. Appl.* 27(1). <https://doi.org/10.1002/met.1863>
- Purdy L.M., Sang Z., Beaubien E., Hamann A., 2023. Validating remotely sensed land surface phenology with leaf out records from a citizen science network. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 116, 103148. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103148>
- Sexton J.O., Song X.P., Feng M., Noojipady P., Anand A., Huang C., Kim D.H., Collins K.M., Channan S., DiMiceli C., Townshend J.R., 2013. Global, 30-m resolution continuous fields of tree cover: Landsat-based rescaling of MODIS vegetation continuous fields with lidar-based estimates of error. *Int. J. Digit. Earth* 6(5), 427–448. <https://doi.org/10.1080/17538947.2013.786146>
- Simpson N.P., Mach K.J., Constable A., Hess J., Hogarth R., Howden M., Lawrence J., Lempert R.J., Muccione V., Mackey B., New M.G., O'Neill B., Otto F., Pörtner H.O., Reisinger A., Roberts D., Schmidt D.N., Seneviratne S., Strongin S., Trisos C.H., 2021. A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth* 4(4), 489–501. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.005>

- Sun W., Song X., Mu X., Gao P., Wang F., Zhao G., 2015. Spatiotemporal vegetation cover variations associated with climate change and ecological restoration in the Loess Plateau. *Agric. For. Meteorol.* 209–210, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.05.002>
- Van C.P., 2024. Impacts of the threshold value of the enhanced vegetation index on surface water area and extent in MODIS imagery. *Lecture Notes in Civil Engineering* 344. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-2345-8\\_54](https://doi.org/10.1007/978-981-99-2345-8_54)
- Wang H., Gui D., Liu Q., Feng X., Qu J., Zhao J., Wang G., Wei G., 2024. Vegetation coverage precisely extracting and driving factors analysis in drylands. *Ecol. Inform.* 79, 102409. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102409>
- Wang J., Tang R., Jiang Y., Liu M., Li Z.L., 2023. A practical method for angular normalization of global MODIS land surface temperature over vegetated surfaces. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 199, 289–304. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.04.015>

## Świadomość Polaków na temat biologii i ekologii jemioli (*Viscum sp.*)

Poles' awareness of the mistletoe (*Viscum sp.*) biology and ecology

### Wstęp

Flora pasożytnicza to grupa organizmów stosunkowo ciekawa ze względu na swój wyjątkowy w świecie roślin tryb życia. Część z nich to gatunki bardzo rzadkie i objęte ochroną [Dz.U. 2014 poz. 1409]. Jednak w ostatnich czasach niektóre z nich zaczęły stanowić zagrożenie dla różnych dziedzin gospodarki człowieka.

Jedną z takich roślin, znaną powszechnie z różnych względów, jest jemiola. W Polsce wyróżnia się trzy podgatunki jemioli pospolitej (*Viscum album L.*), a każdy z nich jest wyspecjalizowany w pasożytowaniu na szerszym bądź węższym zakresie żywicieli. Ze względu na swoją biologię preferuje ona stanowiska nasłonecznione, dlatego bardziej narażone są drzewa dominujące, rosnące pojedynczo lub w małym zwarciu, np. w parkach. Jemiola jest dobrym przykładem zachodzącej w przyrodzie ornitochorii, czyli rozprzestrzeniania się nasion przy udziale ptactwa. Wzajemne zależności między jej populacjami a populacjami m.in. paszkotów (*Turdus viscivorus L.*) czy jemioluszek (*Bombycilla garrulus L.*) są coraz częściej opisywane, ze względu na zwiększanie się liczebności tych ptaków [Figarski 2009, Chylarecki i in. 2018].

Jemiola, będąc rośliną ciepło- i światłolubną, w sprzyjającym dla swojego rozwoju ocieplającym się klimacie drastycznie zwiększyła swoje występowanie [Iszkuło i in. 2020]. Mimo z pozoru mniej groźnego półpasożytniczego trybu życia, przy coraz częściej występujących suszach, może doprowadzić do śmierci osłabionych drzew, szczególnie gdy występuje w dużym nasileniu [Gill i Hawksworth 1961]. Ponadto przyczynia się do zmniejszenia przyrostów żywiciela i obniżenia jego owocowania [Zuber 2004]. Problem ten stał się w ostatnich latach bardzo widoczny w leśnictwie, gdzie odnotowano potrzebę wprowadzenia jednolitego i rzetelnego sposobu inwentaryzacji szkód spowodowanych przez jemiolę. Wciąż poszukiwane są skuteczne metody walki z tym półpasożytem zagrażającym stabilności drzewostanów. Istnieją wydzielenia porażone w znacznym stopniu na dużym obszarze, co prowadzi do konfliktu z założeniami trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej, gdyż takie lasy powinny zostać profilaktycznie wycięte, pomimo np. nieosiągnięcia wieku rębności. W Ameryce Północnej podejmowano próby zwalczania chemicznego, jednak wykorzystanie środków chemicznych w celu zwalczania jemioli jest często kwestionowane, gdyż negatywnie wpływa na pozostałe elementy środowiska [Adams i in. 1993, Zuber 2004]. Nadzieję dają badania

---

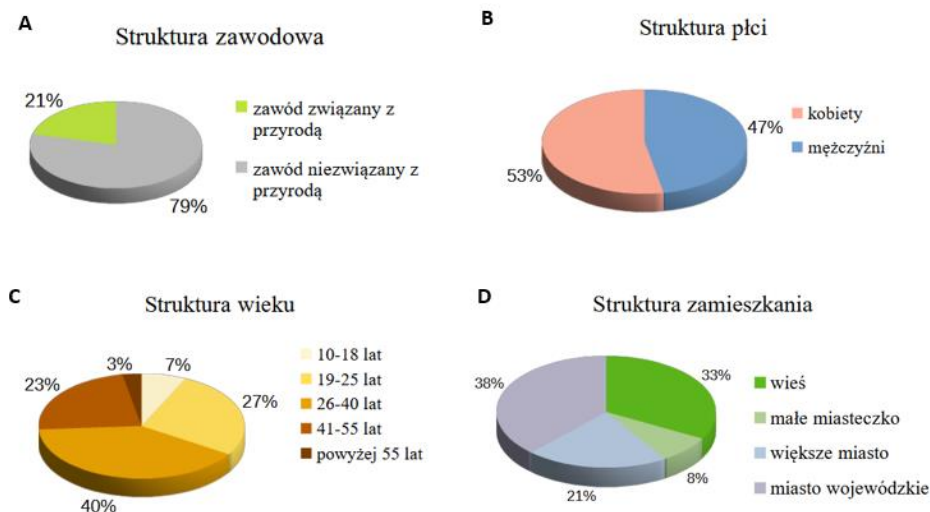
<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Leśników, e.rain.kosarska@gmail.com

prowadzone nad biologicznymi metodami zwalczania jemioli poprzez zainfekowanie jej chorobotwórczymi grzybami. Musimy jednak brać pod uwagę skutki sztucznego wprowadzania organizmów służących do walki z innymi organizmami, a nieraz jest to trudne lub wręcz niemożliwe [Varga i in. 2012, Bilonozhko i in. 2023].

Celem prowadzonych badań była ocena świadomości społeczeństwa w zakresie biologii i ekologii jemioli w obliczu eskalacji jej występowania. Już na wczesnym etapie edukacji w polskim systemie oświaty poruszane jest zagadnienie półpaszytniczego trybu życia jemioli oraz jej znaczenia kulturowego i symbolicznego. Niniejsze badanie ankietowe miało sprawdzić, czy wiedza ta została skutecznie utrwalona wśród Polaków oraz czy problem występowania jemioli jest zauważalny dla przeciętnych obywateli.

### Material i metody

Badanie ankietowe zostało przeprowadzone na grupie stu respondentów w różnym wieku, w formie tradycyjnej i za pośrednictwem narzędzi dostępnych online, celem dotarcia do jak najszerszego spektrum badanych. Ankieta zawierała łącznie dziewięć pytań; cztery pierwsze dotyczyły cech społeczno-demograficznych respondentów (ryc. 1), pozostałe miały na celu poznanie ich opinii i wiedzy na temat ww. półpaszyta.



Ryc. 1. Cechy społeczno-demograficzne respondentów

Zdecydowana większość uczestników (79%) nie była związana zawodowo z przyrodą (ryc. 1A), co zwiększyło obiektywność przeprowadzonych badań. Wśród ankietowanych nieznacznie przeważały kobiety (53%) (ryc. 1B). Badani byli w wieku od 10 do ponad 55 lat, przy czym największą grupę stanowiły osoby w wieku 26–40 lat (ryc. 1C). Łącznie prawie 3/4 respondentów od co najmniej pięciu

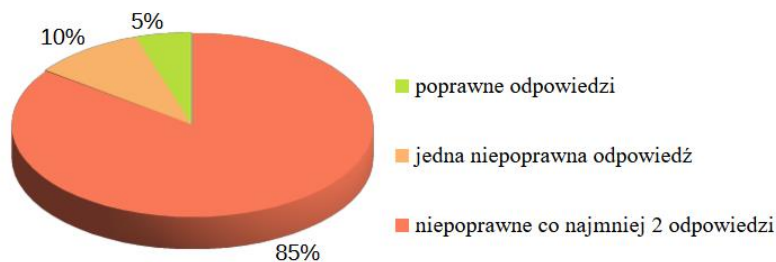
lat zamieszkiwała w skrajnych pod względem wielkości miejscach zamieszkania – na wsi lub w mieście wojewódzkim (ryc. 1D). Fakt ten, podobnie jak płeć czy wiek ankietowanych, nie był jednak w żaden sposób skorelowany z poprawnością udzielanych odpowiedzi.

Druga część ankiety dotyczyła wiedzy, opinii lub spostrzeżeń respondentów na temat jemioli. Zawierała ona następujące pytania:

1. Jemiola to: a) pasożyt; b) półpasożyt; c) neutralny epifit.
2. Czy jemiolę należy usuwać z drzew? a) tak; b) nie; c) nie wiem/nie mam zdania.
3. W ciągu ostatnich 20 lat występowanie jemioli: a) zwiększyło się; b) zmniejszyło się; c) nie uległo zmianie.
4. Czy w sytuacji niedoboru wody jemiola może doprowadzić do śmierci drzewa, na którym rośnie? a) tak; b) nie; c) nie wiem.
5. Czy jemiola jest surowcem leczniczym? a) tak; b) nie; c) nie wiem.

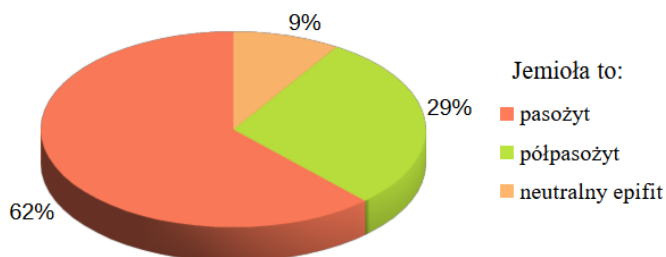
## Wyniki i dyskusja

Ze względu na swoje właściwości i symbolikę jemiola jest dość kontrowersyjnym organizmem. Z jednej strony – dla zielarzy – będzie niezastąpionym surowcem leczniczym, stosowanym przy zbyt wysokim ciśnieniu, zapaleniu stawów, jak również pomocniczo w chorobach onkologicznych [Podlech 1994, Wrotek i in. 2014]. Przez zapożyczenie z kultury angielskiej stała się dla większości z nas po prostu ozdobą związaną ze świętami Bożego Narodzenia. Dla chrześcijan stała się symbolem świętości, wieczności i potęgi życia nawiązującej do Chrystusa [Kruk 2008]. W czasach przedchrześcijańskich jemiola miała również duże znaczenie w kulturze m.in. Celtów, dla których wywar z jej ziela był afrodyzjakiem i lekiem na bezpłodność. Z kolei współcześni leśnicy i sadownicy traktują jemiolę jako szkodnika dla prowadzonej przez nich gospodarki. Istnieje też pogląd, popierany badaniami naukowymi, traktujący jemiolę jako kluczowy organizm zwiększający zasoby pokarmowe, a tym samym bioróżnorodność, szczególnie w przypadku awifauny leśnej [Watson i Herring 2012]. W związku z tak zróżnicowanym postrzeganiem tej rośliny przez konkretne grupy społeczne można by wchodzić w polemikę co do obiektywnej poprawności odpowiedzi na pytania ankietowe. Niemniej, z naukowego punktu widzenia, w każdym z pytań drugiej części ankiety istniała spodziewana prawidłowa odpowiedź. Do części z tych pytań przyporządkowane były również neutralne odpowiedzi typu „nie wiem/nie mam zdania”. Przy takim założeniu wszystkich dobrych odpowiedzi udzieliło jednak zaledwie 5% badanych (ryc. 2).



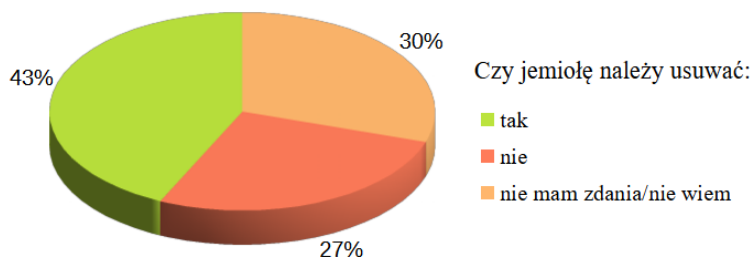
Ryc. 2. Poprawność udzielonych odpowiedzi w części II ankiety

Pierwsze i zarazem podstawowe pytanie zadane ankietowanym dotyczyło trybu życia jemioli. Roślina ta posiada w swoich organach chlorofil i zdolna jest do przeprowadzania procesu fotosyntezy, a od żywiciela pobiera głównie wodę ze składnikami mineralnymi. W związku z powyższym klasyfikowana jest jako półpasożyt (pasożyt częściowy, semiparazyt). Jest to podstawowy fakt, który powinien być kojarzony z jemiolą, jednak ponad połowa badanych (62%) zaznaczyła odpowiedź „pasożyt”, co przy współwystępowaniu oddzielnej odpowiedzi „półpasożyt” nie może zostać uznane za słuszne (ryc. 3). Również większość respondentów, którzy zadeklarowali powiązanie wykonywanego zawodu z przyrodą, zaznaczyła błędną odpowiedź. Z kolei 9% ankietowanych odpowiedziało, że jemiola jest neutralnym epifitem. Świadczy to o braku podstawowej wiedzy na temat biologii jemioli. Co zastanawiające, spora część z tych osób zaznaczyła w kolejnych pytaniach niekonsekwentnie, że jemiolę powinno się usuwać z drzew (z jakiego zatem powodu...?) oraz, że jej obecność przy niedoborze wody może doprowadzić do śmierci drzewa, na którym rośnie (czy jest więc neutralna...?).



Ryc. 3. Postrzeganie jemioli przez respondentów

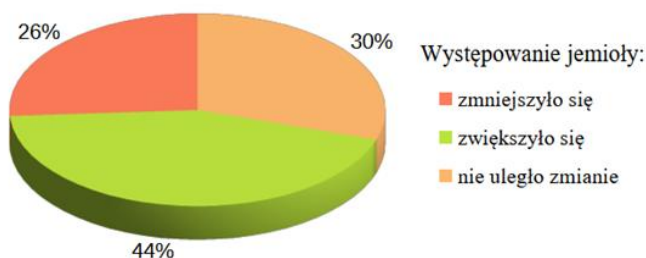
Drugie pytanie części II ankiety było niejako powiązane logicznie z poprzednim. Należało w nim udzielić odpowiedzi na pytanie, czy jemiola powinna być usuwana z drzew. Ankietowani podzielili się na trzy dosyć równomierne grupy. Relatywnie największa z nich uznała, że jemiolę trzeba usuwać (ryc. 4). 27% badanych stwierdziło, że stanowczo nie należy tego robić, natomiast 30-osobowa grupa respondentów zaznaczyła neutralną odpowiedź „nie mam zdania/nie wiem”. Wynikać to może z niepewności, co do słuszności takiego zabiegu, np. ze względu na związaną z nim prawdopodobną możliwość zranienia drzewa.



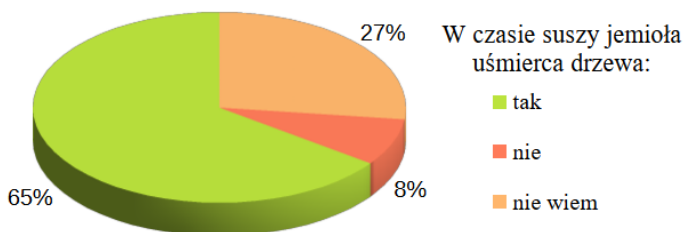
Ryc. 4. Opinia respondentów na temat usuwania jemioli z drzew

Rozległe rany zwiększają ryzyko infekcji m.in. patogenicznymi grzybami i osłabiają roślinę. Z tego względu, zaatakowane drzewa należy pielęgnować umiejętnie, wykonując zabieg w odpowiedni sposób, np. owijając przeciętą gałąź czarną włókniną, ograniczając dostęp światła a tym samym odrastanie jemioli z haustorium (korzeni ukrytych w tkance gospodarza) [Iszkuło i in. 2020].

Kolejne pytanie zawarte w ankiecie dotyczyło zmian w występowaniu jemioli. Odnosiło się do obserwacji uczestników badania lub ich wiedzy czerpanej, np. z książek, artykułów, informacji nagłaśnianych przez media itp. Poprawność odpowiedzi była bardzo zbliżona do poprzedniego pytania, choć osoby, które na pytanie 2. odpowiedziały dobrze, bardzo często na trzecie pytanie odpowiadały błędnie i na odwrót. Podczas gdy prawie połowa ankietowanych udzieliła poprawnej odpowiedzi (44%), to aż 9 z 21 osób deklarujących zawód związany z przyrodą odpowiadało błędnie (ryc. 5). Prawdą jest, że w ciągu ostatnich lat problem występowania jemioli znacznie się nasilił, nie tylko w Polsce i w Europie, ale objął on także kraje Ameryki Południowej i Północnej oraz Azji [Griebel i in. 2022]. Informują o tym różne źródła, potwierdzają to również samodzielne obserwacje.



Ryc. 5. Opinia ankietowanych na temat zmian występowania jemioli w Polsce



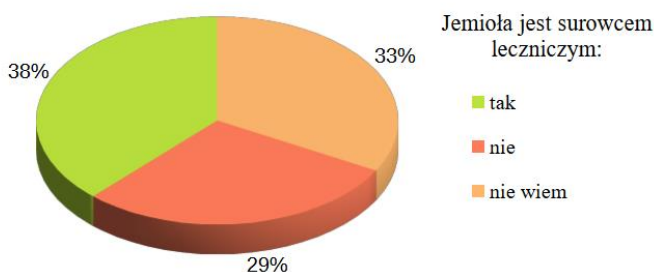
Ryc. 6. Opinia respondentów na temat uśmiercania drzew przez jemiolę w sytuacji niedoboru wody

Interesujący procent poprawnych odpowiedzi pojawił się z kolei w pytaniu dotyczącym możliwości śmierci żywiciela, spowodowanej przez jemiolę w przypadku niedoboru wody. Aż 65% ankietowanych odpowiedziało twierdząco (ryc. 6), co było poprawną odpowiedzią. W rzeczywistości, panująca od wielu lat z małymi przerwami susza wzmaga negatywne skutki występowania jemioli na drzewach [Griebel i in.



2022]. Niedobór wody już sam w sobie osłabia roślinę, a biorąc pod uwagę wybiórczość jemioli pod względem stanowiska, zaatakowane drzewa dominujące lub rosące jako soliter są jednocześnie bardziej narażone na większą insolację, która również wzmacnia transpirację [Iszkuło 2021]. Nie bez znaczenia pozostaje tu także fakt gospodarowania wodą przez półpasożyta, bowiem w czasie gdy żywiciel ma zamknięte aparaty szparkowe, transpiracja u jemioli jest wciąż bardzo intensywna [Zweifel i in. 2012].

Ostatnie z pytań ankiety wymagało większego zainteresowania respondentów dziedziną ziołolecznictwa i wykraczało nieco poza podstawową wiedzę na temat jemioli. Ze względu na swoje cenne właściwości jemiola bywa wykorzystywana w medycynie m.in. w Niemczech, gdzie stanowi uzupełnienie terapii onkologicznej [Wrotek i in. 2014]. Z kolei np. w USA nie zalegalizowano preparatów z jemioli ze względu na brak wystarczających dowodów naukowych na ich działanie przeciwnowotworowe [Giorgio i Stebbing 2013, Freuding i in. 2019]. Medycyna naturalna w Polsce ceni sobie jednak jemiolę jako surowiec.



Ryc. 7. Opinia ankietowanych na temat jemioli jako surowca leczniczego

Wyciąg z jemioli jest ogólnodostępny i może być stosowany pomocniczo przy nadciśnieniu tętniczym [Wykurz i Muszyńska 2017]. Suplementy diety z ziela jemioli, bogatego w naturalne antyoksydanty, wykorzystuje się również w celu utrzymania odpowiedniego poziomu cholesterolu i prawidłowej pracy układu odpornościowego [Singh i in. 2016]. Dlatego też odpowiedź twierdząca, którą zaznaczyło 38% badanych (ryc. 7), jest odpowiedzią poprawną. Spośród wszystkich pytań ankiety to właśnie w tej kwestii najwięcej osób zadeklarowało brak wiedzy, co było do przewidzenia.

## Podsumowanie

Wiedza Polaków na temat jemioli jest dość zróżnicowana, jednak nie ulega wątpliwości, że ogólna świadomość społeczna w tej dziedzinie jest niewielka. Chociaż na temat tego półpasożyta mówi się wielokrotnie w trakcie obowiązkowej edukacji, podstawowe informacje nie zostają skutecznie utrwalone. Wyniki sugerują, że należy kłaść większy nacisk na edukację społeczeństwa w tym zakresie, również na edukację dorosłych. Jemiola ze względu na globalizację niektórych trendów, np. bożonarodzeniowych tradycji zaczerpniętych z krajów anglosaskich, może być postrzegana coraz bardziej pozytywnie. W rzeczywistości, zmiany klimatu i zwiększający się zasięg tej rośliny mogą przynieść katastrofalne skutki dla leśnictwa. Jednak nie jest to problem jedynie gospodarujących lasami, a całego społeczeństwa. Zaniedbywane przydomowe

sady opanowane przez jemiolę mogą stać się ogniskiem postępującej lokalnej ekspansji jemioli, dlatego tak ważna jest również świadomość jednostek. Badanie z pewnością należałoby powtórzyć na znacznie większej grupie respondentów, aby wyniki były bardziej miarodajne. Niemniej przebadana próba wykazała, że edukacja społeczeństwa w tym zakresie wymaga większej uwagi.

## Bibliografia

- Bilonozhko Y., Krupodorova T., Rabokon A., Postovoitova A., Kalafat L., Pirko Y., Blume Y., 2023. *In vitro* cultivation and biocontrol potential of *Botryosphaeria visci* against European mistletoe (*Viscum album* L.). Acta Bot. Croat. 82(2), 109–116. <https://doi.org/10.37427/botero-2023-011>
- Chylarecki P., Chodkiewicz T., Kuczyński L., Sikora A., Neubauer G., Ławicki Ł., Stawarczyk T. i in., 2018. Trendy liczebności ptaków w Polsce. GIOŚ, Warszawa.
- Figarski T., 2004. Wybrane aspekty zimowania paszkota *Turdus viscivorus* w Puszczy Kozienickiej. Kulon 14, 1–7.
- Freuding M., Keinki C., Micke O., Buentzel J., Huebner J., 2019. Mistletoe in oncological treatment: a systematic review. J. Cancer Res. Clin. Oncol. 145, 695–707. <http://doi.org/10.1007/s00432-018-02837-4>
- Gill L.S., Hawksworth F.G., 1961. The mistletoes: a literature review. Tech. Bull. U.S. Dept. Agric. 1242, 1–87.
- Giorgio A. de, Stebbing J., 2013. Mistletoe: for cancer or just for Christmas? Lancet Oncol. 14, 1264–12645. [http://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70560-6](http://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70560-6)
- Griebel A., Metzen D., Pendall E. i in., 2022. Recovery from severe mistletoe infection after heat- and drought-induced mistletoe death. Ecosystems 25, 1–16. <http://doi.org/10.1007/s10021-021-00635-7>
- Iszkuło G., Armatus L., Dering M., Ksepko M., Tomaszewski D., Ważna A., Giertych M.J., 2020. Jemiola jako zagrożenie dla zdrowotności drzewostanów iglastych. Sylwan 164(3), 226–236.
- Iszkuło G., 2021. Czy jemiola rośnie na dębach?. Roczn. Pol. Tow. Dendrolog. 69, 93–95.
- Kruk N., 2008. Jemiola jako symbol świąt Bożego Narodzenia. Por. Gosp. 12, 42.
- Podlech D., 1994. Rośliny lecznicze. Muza, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin (Dz.U. 2014 r. poz. 1409).
- Singh B.N., Saha C., Galun D., Upreti D.K., Bayry J., Kaveri S.V., 2016. European *Viscum album*: a potent phytotherapeutic agent with multifarious phytochemicals, pharmacological properties and clinical evidence, RSC Advances 28, 23837–23857. <https://doi.org/10.1039/C5RA27381A>
- Varga I., Taller J., Baltazar T., Hyvonen J., Poczai P., 2012. Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotryosphaeria visci*: a potential candidate for biological control, Biotechnol. Lett. 34, 1059–1065. <https://doi.org/10.1007/s10529-012-0867-x>
- Watson D.M., Herring M., 2012. Mistletoe as a keystone resource: an experimental test. Proc. Royal Soc. B Biol. Sci. 279(1743), 3853–3860. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0856>
- Wrotek S., Skawiński R., Kozak W., 2014. Immunostymulujące właściwości preparatów pozyskiwanych z jemioli i ich zastosowanie w onkologii. Post. Hig. Med. Dośw. 68, 1216–1224. <http://doi.org/10.5604/17322693.1126850>
- Wykurz P., Muszyńska B., 2017. Fitoterapia jako alternatywna metoda wspomagająca leczenie nadciśnienia. Med. Int. Rev. 27(3), 202–215.
- Zuber D., 2004. Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. Flora Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants. 199(3), 181–203. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00147>
- Zweifel R., Bangerter S., Rigling A., Sterck F.J., 2012. Pine and mistletoes: how to live with a leak in the water flow and storage system? J. Exp. Bot., 63(7), 2565–2578. <https://doi.org/10.1093/jxb/err43>

## **Świadomość szkodliwości wyboru samolotu jako środka transportu przez osoby młode**

Awareness of the harmful effects of young people choosing an airplane  
as a means of transport

### **Wstęp**

Za początki lotnictwa uznaje się rok 1903, gdy 17 grudnia samolot Flyer, skonstruowany przez braci Wright, wzniósł się w powietrze na wysokość 37 m. Lot trwał 12 sekund. Był to pierwszy lot załogowy maszyną cięższą od powietrza, napędzaną silnikiem, przeprowadzony pod kontrolą [Pijet-Migoń 2021]. W późniejszych latach miały miejsce kolejne ważne wydarzenia, takie jak pierwszy lot przez Atlantyk (20 maja 1927 r.) oraz przekroczenie bariery dźwięku przez kapitana US Air Force Charlesa „Chucka” Yeagera (14 października 1947 r.). Dzięki rozwojowi technologii doszliśmy do momentu, kiedy możemy podróżować na takich pokładach samolotów, jakie znamy obecnie. Jeszcze niedawno podróż samolotem kojarzona była głównie z szybkością, komfortem i niezawodnością. Jednak w obliczu rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństwa oraz coraz dotkliwszych skutków zmian klimatycznych coraz więcej osób zaczyna zastanawiać się nad szkodliwością wyboru samolotu jako środka transportu. W ciągu każdego dnia na całym świecie odbywa się ok. 100 tys. lotów pasażerskich, towarowych i wojskowych. Niezwykłym dniem dla lotnictwa był 26 maja 2023 r., ponieważ właśnie wtedy padł dobowy rekord pod względem liczby lotów, których było aż 253 218 [Flightradar24].

Duża liczba lotów samolotowych wpływa globalnie na zmiany klimatu. Związane jest to z przemieszczaniem się mało reaktywnych zanieczyszczeń, które wprowadzane są do atmosfery na wysokościach przelotowych, czyli na granicy troposfery i stratosfery [Kamiński i in. 2016, Schäfer i Waitz 2014]. Szacuje się, że lotnictwo emituje rocznie ok. 2,4% globalnych emisji gazów cieplarnianych, co stanowi ok. 915 mln ton dwutlenku węgla. Silniki samolotów emitują nie tylko dwutlenek węgla, ale także inne substancje, które wpływają na klimat zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio. Są to m.in. sadza, tlenki azotu, dwutlenek siarki, węglowodory oraz woda [Lee i in. 2021].

Ważną rolę w transporcie lotniczym odgrywają porty lotnicze. Oferują one szeroką gamę usług i atrakcji, aby umilić czas oczekiwania i zapewnić pasażerom wygodę podczas podróży. Wiele nowoczesnych portów lotniczych posiada tereny handlowe z licznymi sklepami, restauracjami i kawiarniami, gdzie podróżni mogą zrobić zakupy, zjeść posiłek lub odpocząć przed lotem. Dodatkowo coraz więcej lotnisk oferuje również strefy

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Turystyczno-Krajoznawcze, magdalena.sytka@onet.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Katedra Turystyki i Rekreacji, agata.kobylka@up.lublin.pl

relaksu, takie jak spa, siłownie czy miejsca do medytacji, aby podróżni mogli się zrelaksować i odprężyć przed podróżą. Dzięki coraz większej liczbie usług i atrakcji dostępnych na lotniskach podróżowanie staje się bardziej komfortowe i przyjemne, a same porty lotnicze stają się atrakcyjnymi miejscami [Napiórkowska-Gzula i Steblik 2023].

Dane dotyczące ruchu pasażerskiego w polskich portach lotniczych pokazują, że liczba obsłużonych pasażerów stopniowo wzrosła z 34 mln w 2016 roku do 49 mln w 2019 r. (2017 – 40 mln osób, 2018 – 46 mln osób) [Hawlena i in. 2020]. W 2023 r. liczba pasażerów wyniosła 52,2 mln, co stanowi wzrost o 6,5% w porównaniu z 2019 r. i o 27,4% w porównaniu z 2022 r. [Urząd Lotnictwa Cywilnego a]. Statystyki te wskazują na znaczną odbudowę rynku lotniczego po pandemii COVID-19 [Urząd Lotnictwa Cywilnego b].

Polski rynek usług lotniczych jest częścią europejskiego i światowego systemu transportowego. Dynamiczne zmiany na tym rynku nastąpiły po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej, dzięki temu przyspieszono realizację inwestycji związanych z budową i rozbudową układu komunikacyjnego, siatki połączeń oraz lotnisk, dzięki temu z kolei zapewniono także wyższy poziom bezpieczeństwa pasażerów. To przyciągnęło również turystów o różnym statusie społecznym i zróżnicowanych preferencjach [Mazurek-Kusiak 2018].

Transport lotniczy przechodził też kryzysy. Po atakach na World Trade Center w 2001 r. lotnictwo światowe przeżyło głęboki kryzys. Na lotniskach wprowadzono o wiele bardziej restrykcyjne procedury bezpieczeństwa [Rybaczek i Ogonowski 2023], co sprawiło, że podróżowanie samolotem stało się bardziej uciążliwe i czasochłonne. Ponadto linie lotnicze zanotowały znaczący spadek w liczbie pasażerów, co doprowadziło do bankructwa niektórych z nich. Tym samym lotnictwo musiało zmierzyć się z poważnym spadkiem zysków i koniecznością przemodelowania swojej działalności. Niemal natychmiast po atakach na World Trade Center liczne media donosiły o znacznym spadku liczby podróżujących w przemyśle lotniczym. Według raportu „The New York Times” z 5 października 2001 r. firma badawcza Global Aviation Associates oszacowała, że liczba pasażerów spadła o 20% od czasu zamachów.

Drugim kryzysem, który dotkliwie poruszył branżę lotniczą, był światowy kryzys finansowo-gospodarczy w latach 2008–2009. Spowodował on spadek popytu na podróże lotnicze, co skutkowało zmniejszeniem liczby pasażerów i przychodów dla linii lotniczych. W konsekwencji wiele linii lotniczych musiało zredukować swoje floty i ograniczyć częstotliwość lotów, a także zwolnić pracowników. Ponadto kryzys spowodował wzrost kosztów operacyjnych dla linii lotniczych, ponieważ ceny paliwa lotniczego znacząco wzrosły. To dodatkowo obciążało finanse przewoźników lotniczych, którzy musieli szukać sposobów na obniżenie kosztów i zwiększenie efektywności działania [Hawlena i in. 2023].

Kolejnym ogromnym kryzysem na skalę światową była pandemia COVID-19 w latach 2020–2021. W związku z wprowadzeniem obostrzeń podróżowania, zamknięciem granic oraz obawami związanymi z ryzykiem zakażenia wiele osób zrezygnowało z planowanych podróży lotniczych. Ponadto linie lotnicze były zmuszone zmniejszyć liczbę lotów lub całkowicie zawiesić działalność w związku z ograniczeniami nałożonymi przez rządy w celu zapobiegania rozprzestrzenianiu się wirusa [Klöver i in. 2021, Hawlena i in. 2023].

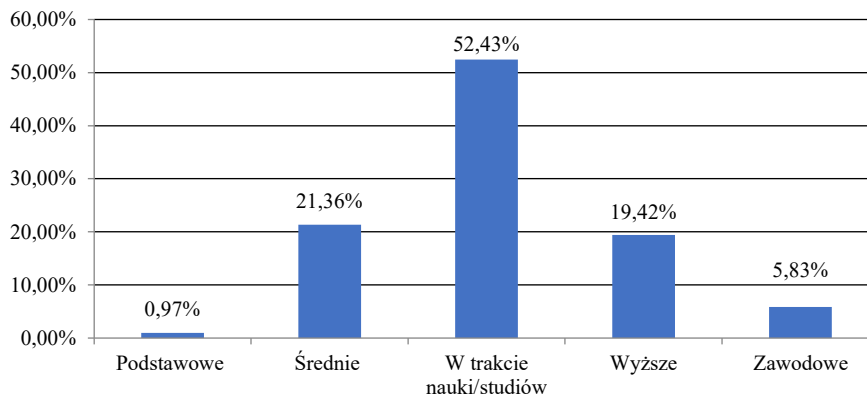
Badanie przeprowadzone w ramach tej pracy miało na celu zidentyfikowanie stopnia świadomości osób podróżujących tym środkiem transportu oraz tych, które nie korzystają z niego z różnych względów, na temat negatywnego wpływu lotnictwa na środowisko oraz zrozumienie, czy jest to czynnik brany pod uwagę przy planowaniu podróży.

## Material i metody

Aby uzyskać opinie respondentów, zastosowano metodę sondażu diagnostycznego oraz technikę ankietową CAWI (ang. *computer-assisted web interview*) polegającą na udostępnieniu kwestionariusza ankiety online. Dane zostały zebrane w okresie od stycznia do lutego 2024 r. Kwestionariusz składał się dwóch wariantów – dla osób, które podróżowały samolotem, oraz pozostałych. Ankieta składała się łącznie z 18 pytań. Pierwsza część to pytania, które miały na celu poznanie, czy respondenci podróżują samolotem, oraz powody wyboru tego środka transportu. Odpowiedzi na pozostałe pytania pozwoliły określić, czy osoby, które wypełniły ankietę, mają świadomość wpływu podróży samolotem na środowisko. W kwestionariuszu zostały również zawarte pytania metryczkowe (o płeć, wiek oraz wykształcenie). Analizę danych przeprowadzono przy użyciu programu Excel z pakietu Microsoft Office.

## Wyniki i dyskusja

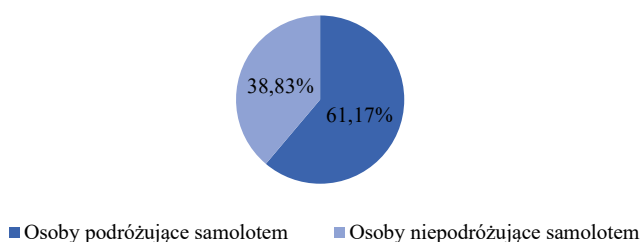
W badaniu uczestniczyło 103 respondentów w wieku od 19 do 25 lat, w tym 23 mężczyzn i 80 kobiet. Największą grupę respondentów stanowią osoby, które są w trakcie nauki/studiów, co odpowiada 52% respondentów. Na drugim miejscu znajdują się osoby z wykształceniem średnim, stanowiące 21% badanych; 1% to osoby z wykształceniem podstawowym (ryc. 1).



Ryc. 1. Poziom wykształcenia osób badanych

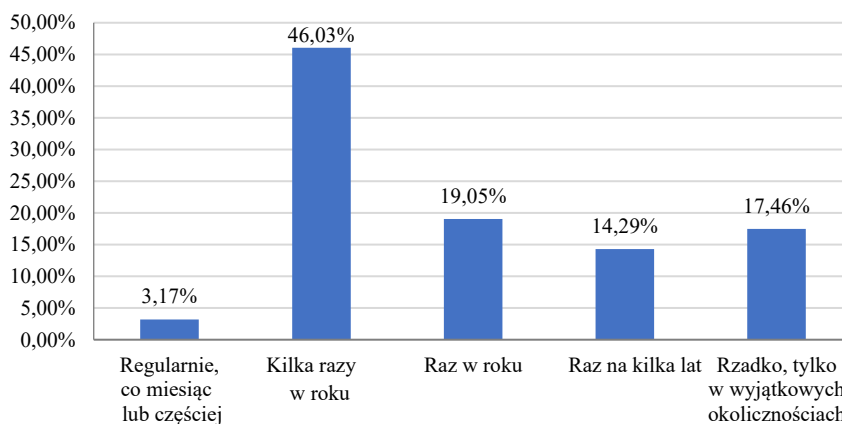
Według danych przedstawionych na poniższym wykresie większość (61%) badanych podróżowała samolotem (ryc. 2). Jako główne powody wyboru tego środka transportu 84% badanych podało, że samoloty umożliwiają szybkie przemieszczanie się z jednego miejsca do drugiego, co jest szczególnie istotne w przypadku podróży długodystansowych, oraz fakt, że samoloty pozwalają odwiedzić miejsca, do których trudno dostać się innymi środkami transportu, na przykład wyspy odizolowane od stałego lądu. Szybkość podróży jest również jedną z zalet transportu lotniczego wymienianych przez Battisti i in. [2022], Hawleń i in. [2020] oraz Kruczka [2010].

Obecnie na świecie działa ok. 2 tys. przewoźników lotniczych. W 2018 r. linie lotnicze przewiozły 4,4 mld pasażerów oraz 63,3 mln ton ładunków (dane z 2017 r.) w regularnych połączeniach, co stanowi wzrost o 6,9% w porównaniu z 2017 r. Oznacza to dodatkowe 284 mln podróży samolotem. Szacuje się, że w każdej chwili w powietrzu znajduje się od 10 tys. do 15 tys. samolotów pasażerskich. W 2017 r. linie cargo przewiozły 58 mln ton ładunków w ruchu rozkładowym (231 mld tkm). Do przewozu cargo wykorzystuje się zarówno specjalistyczne samoloty towarowe, jak i dolne luki bagażowe samolotów pasażerskich. Znaczną część floty stanowią byłe maszyny pasażerskie po konwersji. Główne zalety frachtu lotniczego to szybki tranzyt, mniejsza liczba przeładunków, mniej dokumentacji, niezawodne przyloty i odloty oraz zwiększone bezpieczeństwo ładunku [Wróblewska 2019].



Ryc. 2. Udział osób podróżujących samolotem i osób niekorzystających z tego środka transportu

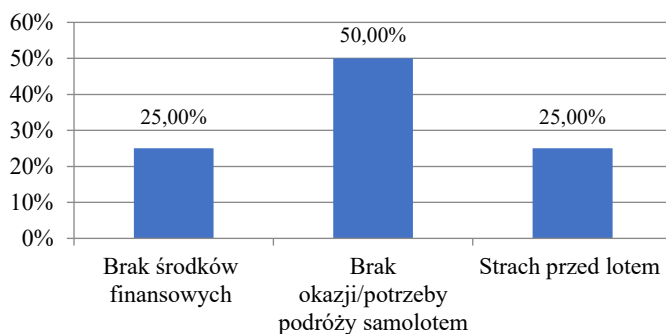
Na rycinie 3 przedstawiono liczbę podróży samolotem odbytych przez ankietowanych w ciągu roku. Widać na niej, że większość osób podróżuje samolotem kilka razy w ciągu roku, co sugeruje, że podróże lotnicze są popularnym i powszechnym środkiem transportu dla wielu osób. Według UNWTO większość podróży na dłuższe odległości odbywa się samolotami, a szacuje się, że 57% wszystkich przylotów międzynarodowych odbywa się drogą lotniczą [Gössling i in. 2019].



Ryc. 3. Częstotliwość podróży samolotem

Warto zauważyć, że mimo popularności lotów i zalet wynikających z korzystania z tego środka transportu wiele osób nim nie podróżuje. Jako główne przyczyny unikania podróży samolotem badani respondenci podali brak okazji, możliwości lub potrzeby wynikającej z ogólnego niepodróżowania oraz strach przed lataniem (ryc. 4). Kolejnym często zgłaszanym problemem są ceny biletów lotniczych, które mogą być zbyt wysokie, szczególnie w sezonie, co sprawia, że niektóre osoby wybierają tańsze środki transportu, takie jak pociąg lub samochód.

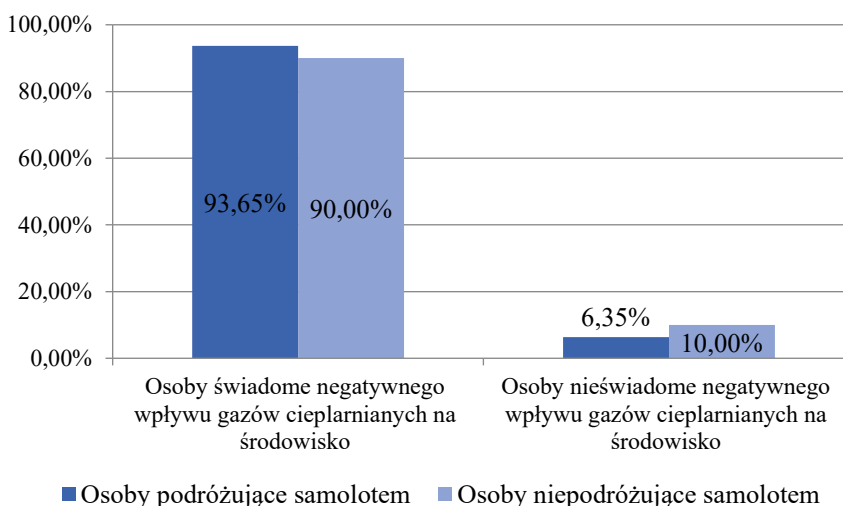
Transport lotniczy jest coraz bardziej sprzeczny z celami społecznymi dotyczącymi ograniczenia zmian klimatycznych i wyzwaniami związanymi z zanieczyszczeniem powietrza, hałasem i rozbudową infrastruktury [Bows i in. 2009, Daley 2016, Gössling i in. 2019]. Zagadnienie emisji zanieczyszczeń z silników spalinowych budzi duże zainteresowanie w środowisku naukowym i angażuje opinię publiczną ze względu na dobrze udokumentowany związek między narażeniem na różne zanieczyszczenia powietrza a krótko- i długoterminowymi skutkami zdrowotnymi [Masiol i Harrison 2014]. Zanieczyszczenia pochodzące z silników mogą również wpływać na pogorszenie widoczności oraz bezpośrednio lub pośrednio oddziaływać na klimat. Podczas gdy zanieczyszczenie powietrza jest głównym problemem w krajach rozwijających się, gdzie obserwuje się znaczny wzrost populacji i zapotrzebowania na energię, kraje rozwinięte odnotowały w ostatniej dekadzie spadek stężenia wielu szkodliwych związków [Jasiński i in. 2016]. Coraz większe uzależnienie od podróży lotniczych stoi w sprzeczności z celami zrównoważonego rozwoju Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ), takimi jak odpowiedzialna konsumpcja i produkcja (cel 12) oraz działania w dziedzinie klimatu (cel 13), a także podważa założenia porozumienia paryskiego [Gössling i in. 2019].



Ryc. 4. Główne przyczyny unikania podróży samolotem

Samoloty produkują gazy cieplarniane, które negatywnie wpływają na klimat. Gazy te, takie jak dwutlenek węgla, metan, tlenki azotu i fluorowane węglowodory, zatrzymują promieniowanie słoneczne, powodując wzrost temperatury atmosfery. To z kolei prowadzi do zmian klimatycznych, takich jak zwiększone częstotliwości ekstremalnych zjawisk pogodowych, wzrost poziomu mórz i topnienie lodowców. Efekt cieplarniany powoduje również zakłócenia w ekosystemach, zmiany w roślinności i migracje zwierząt, co może prowadzić do wymierania gatunków. Ponadto zwiększona temperatura powoduje wzrost liczby chorób zakaźnych, spadki plonów rolniczych i zwiększenie ryzyka klęsk żywiołowych [Lee i in. 2021].

Świadomość wśród ankietowanych tego, jak negatywnie gazy cieplarniane wpływają na nasze środowisko, jest bardzo wysoka, co oznacza, że duża liczba osób badanych rozumie, że emisja gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla czy metan, ma negatywny wpływ na zdrowie naszej planety poprzez zmiany klimatyczne, globalne ocieplenie i inne negatywne skutki dla środowiska (ryc. 5).

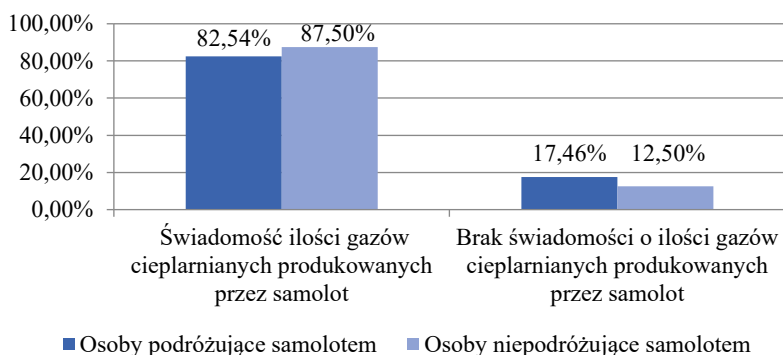


Ryc. 5. Świadomość negatywnego wpływu gazów cieplarnianych na środowisko

Rządy wielu krajów, zwłaszcza tych należących do ONZ, podjęły działania mające na celu zminimalizowanie skutków związanych z nadmiernym uwalnianiem szkodliwych substancji i związków do środowiska naturalnego [Śliwińska 2017].

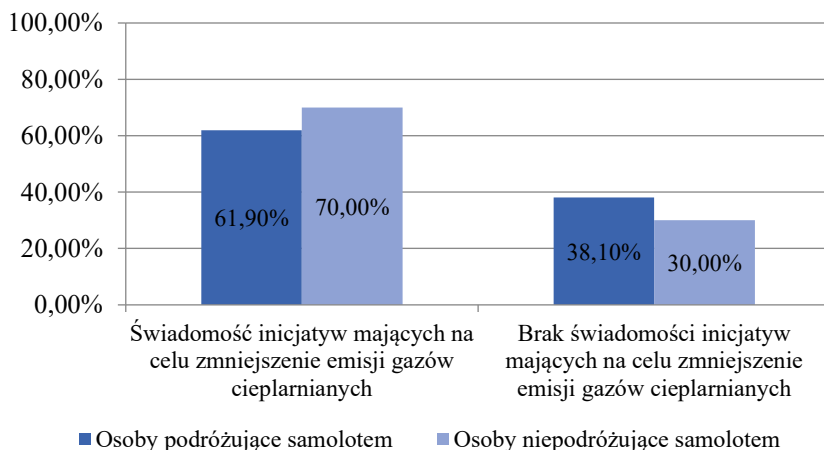
Wykres na rycinie 6 przedstawia procentową różnicę w świadomości dotyczącej emisji gazów cieplarnianych produkowanych przez samoloty pomiędzy osobami, które nimi podróżują, a tymi, które nie korzystają z tego środka transportu. Na rycinie można zauważyć, że osoby, które nie podróżują samolotem, mają niewiele większą świadomość tego, ile gazów cieplarnianych produkuje samolot w porównaniu z osobami, które korzystają z tego środka transportu (ryc. 6). Lotnictwo jest przykładem branży, w której postęp technologiczny i poprawa wydajności nie prowadzą do zmniejszenia całkowitego wpływu na klimat ze względu na ciągły wzrost popytu. Dodatkowo perspektywy zastąpienia silników spalinowych napędami elektrycznymi czy wodorowymi w lotnictwie pozostają co najmniej niepewne [Czepakiewicz 2022]. Aczkolwiek warto zauważyć również, że coraz więcej linii lotniczych mimo wszystko podejmuje inicjatywy mające na celu redukcję emisji gazów cieplarnianych, np. poprzez inwestowanie w nowoczesne i ekologiczne rozwiązania technologiczne [Gössling i in. 2019].





Ryc. 6. Procentowa liczba osób świadomych ilości wytwarzanych gazów cieplarnianych przez samolot

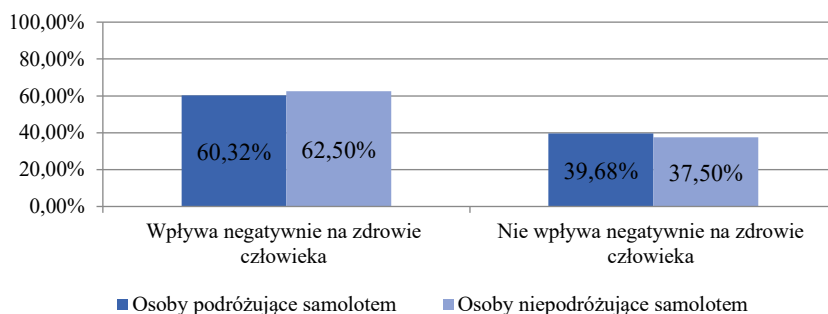
Osoby niepodróżujące samolotem wykazują większą świadomość na temat inicjatyw mających na celu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w sektorze lotnictwa. Osoby podróżujące samolotem z kolei są mniej świadome konieczności wprowadzenia nowych technologii czy alternatywnych źródeł energii w lotnictwie (ryc. 7). Być może ich codzienne doświadczenia związane z podróżami samolotowymi sprawiają, że skupiają się bardziej na wygodzie podróży niż na konieczności zmiany sposobu funkcjonowania tego sektora pod kątem ochrony środowiska.



Ryc. 7. Stopień świadomości inicjatyw mających na celu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w sektorze lotnictwa

Niemiecki lekarz i bakteriolog Robert Koch (Heinrich Hermann Robert Koch), żyjący w latach 1843–1910, powiedział, że nadejdzie dzień, gdy człowiek będzie musiał stawać w obliczu bardzo niebezpiecznego wroga zdrowia – hałasu [Leśnikowska-

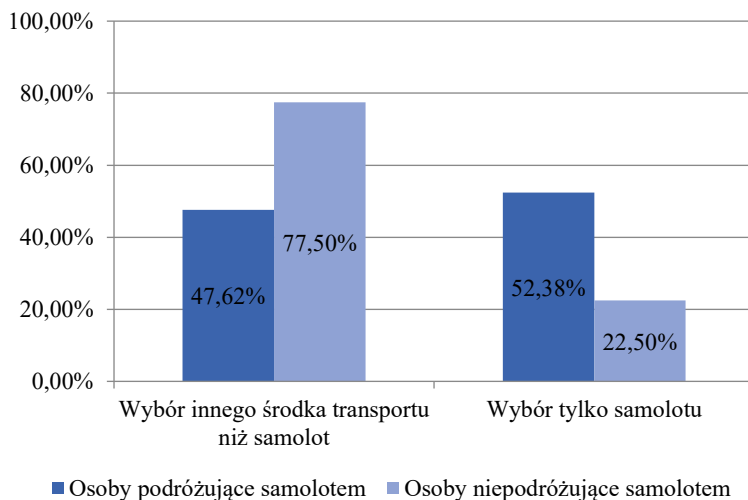
-Matusiak i Wnuk 2014]. Hałas generowany przez samoloty podczas startów, lądowań oraz w trakcie lotu wpływa nie tylko na obszar samego lotniska, ale także na tereny znajdujące się od kilku do kilkunastu kilometrów od jego granic. Szczególnie uciążliwe dla mieszkańców okolicznych obszarów są loty odbywające się w nocy [Danielewski 2014]. Poziom dźwięku emitowany przez samolot wynosi od 74 do 108 dB. Poziom ten jest najwyższy w porównaniu z innymi popularnymi środkami transportu, takimi jak samochód (75–84 dB) lub pociąg (79–95 dB). Hałas oddziałuje na organizm człowieka w trzech głównych obszarach: bezpośrednio, wpływając na słuch, pośrednio, oddziałując na układ nerwowy i psychikę, oraz poprzez odruchy, wpływając na inne narządy [Leśnikowska-Matusiak i Wnuk 2014]. Poniższy wykres przedstawia wyniki badania dotyczące świadomości ludzi na temat negatywnego wpływu samolotów na zdrowie człowieka. Ponad połowa badanych w obu grupach zdaje sobie sprawę ze szkodliwego wpływu samolotów na zdrowie, jednak osoby, które nie podróżują samolotem, są bardziej tego świadome (63%) niż te, które podróżują tym środkiem transportu (60%). Bezpośrednie doświadczenie podróży samolotem może wpływać na postrzeganie zagrożeń dla zdrowia związanych z tym środkiem transportu (ryc. 8).



Ryc. 8. Opinia na temat wpływu transportu lotniczego na zdrowie człowieka

W 2018 r. sektor transportu odpowiadał za 25% emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej. Oprócz bezpośredniego wpływu na globalne ocieplenie i zanieczyszczenie powietrza uwzględnia się również emisje związane z produkcją, przesyłem i dystrybucją energii używanej przez pociągi i samoloty. Transport przyczynia się także do innych rodzajów zanieczyszczeń, takich jak te wynikające ze ścierania hamulców, kół, opon oraz torów kolejowych. Mimo to podróż koleją jest uważana za najbardziej efektywny i ekologiczny środek transportu w porównaniu z innymi formami transportu, z wyjątkiem podróży pieszo lub na rowerze. W odniesieniu do emisji na pasażerokilometr wpływ lotnictwa jest znacznie wyższy [European Environment Agency 2020]. Pozytywnym aspektem jest to, że ponad połowa osób badanych stwierdza, że podczas planowania podróży również rozważają inne środki transportu, które są bardziej przyjazne środowisku niż loty (ryc. 9). Niestety nie zawsze możliwe jest przemieszczanie się innym środkiem, szczególnie w momencie podróży na wyspy lub inny kontynent, ponieważ samoloty są jednym z najszybszych środków transportu dostępnych dla podróżujących. Dzięki nim można szybko dotrzeć w daleko położone miejsca, znacznie skracając czas podróży w porównaniu z innymi środkami transportu, oraz pomimo sporadycznych incydentów lotnictwo jest jednym z najbezpieczniejszych środków transportu. Dodatkowym plusem jest połączenie

pomiędzy danymi państwami, gdyż lotniska są rozmieszczone na całym świecie, co oznacza, że pasażerowie mogą podróżować do niemal każdego miejsca na ziemi za pomocą samolotu. Ponadto istnieją doskonałe połączenia między lotniskami, umożliwiając podróżującym łatwe przesiadki.



Ryc. 9. Wybór środka transportu do podróży

### Podsumowanie

Latanie samolotem jest jednym z najszybszych i najbezpieczniejszych sposobów podróżowania, ale nadal wielu ludzi odczuwa strach przed korzystaniem z tego środka transportu. Ludzie podróżują samolotami z wielu różnych powodów. Jednym z głównych jest szybkość i wygoda podróży samolotem, co pozwala zaoszczędzić czas i uniknąć długich tras. Podróżowanie samolotem daje możliwość zwiedzenia odległych i egzotycznych miejsc, które są trudno dostępne innymi środkami transportu. Podróżowanie samolotem pozwala na łatwiejsze pokonanie przeszkód naturalnych, jak morza czy góry, co może znacząco ułatwić podróżowanie dla wielu osób. Trzeba jednak zauważyć, że samoloty są jednym z najbardziej szkodliwych środków transportu dla środowiska naturalnego ze względu na emisję dwutlenku węgla i innych szkodliwych substancji. Świadomość na ten temat potwierdzają badania własne, w których ponad 60% badanych zarówno podróżujących samolotem, jak i niepodróżujących samolotem posiada wiedzę o szkodliwym wpływie transportu lotniczego na zdrowie człowieka. Ponad 80% badanych latających i nie latających samolotem jest świadoma ilości emitowanych szkodliwych gazów do środowiska przez transport lotniczy. Z badań własnych wynika, że 9 na 10 badanych jest świadomych negatywnego wpływu gazów cieplarnianych na środowisko, dlatego też podróżujący starają się wybierać alternatywne środki transportu, które są bardziej przyjazne dla planety, takie jak pociągi, autobusy czy rowery. Powyższą tezę potwierdza ponad dwie trzecie badanych niepodróżujących samolotem i prawie połowa podróżujących samolotem. Dzięki świadomości konsekwencji swoich wyborów młodzi podróżni

przyczyniają się do zmniejszenia negatywnego wpływu transportu na środowisko i promują zrównoważony rozwój. Chociaż świadomość ekologiczna jest wysoka, wciąż istnieje potrzeba dalszej edukacji i promowania zrównoważonych praktyk podróżowania, aby zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko.

Mimo różnych wyzwań związanych z ochroną środowiska linie lotnicze starają się wprowadzać nowe samoloty, które są mniej szkodliwe dla środowiska. Inwestycje w technologie przyjazne naszej Ziemi i rozwój samolotów o mniejszym zużyciu paliwa są krokiem w dobrym kierunku, aby zmniejszyć negatywny wpływ lotnictwa na planetę. Jednakże istnieje nadal wiele wyzwań do pokonania, aby osiągnąć zrównoważony transport lotniczy.

## Bibliografia

- Battisti E., Giachino C., Iaia L., Stylianou I., Papatheodorou A., 2022. Air transport and mood in younger generations: The role of travel significance and COVID-19. *J. Air Transp. Manag.* 103, 102230.
- Bows A., Anderson K., Peeters P., 2009. Air transport, climate change and tourism. *Tourism Hospit. Plan. Develop.* 6(1), 7–20.
- Czepakiewicz M., 2022. Dobrze życie, turystyka i zmiana klimatu. W poszukiwaniu umiaru. *Kult. Współcz. Teoria Interpret. Prak.* 117(1), 70–84, doi.org/10.26112/kw.2022.117.06
- Daley B., 2016. *Air transport and the environment*, Routledge, London and New York.
- Danielewski J., 2014. Ogólne zasady kreacji klimatu akustycznego obiektów budowlanych. Publikacja ukazała się w ramach działań edukacyjnych: Międzynarodowy Dzień Świadomości Zagrożenia Hałasem Edycja XV – 2014, *Akustyczne Warunki Techniczne*, 25.
- European Environment Agency. 2020. *Transport and environment report 2020. Train or plane?* EEA Report No 19.
- Flightradar24. [www.flightradar24.com/48.11,13.35/6](http://www.flightradar24.com/48.11,13.35/6) [dostęp: 10.03.2024].
- Gössling S., Hanna P., Higham J., Cohen S., Hopkins D., 2019. Can we fly less? Evaluating the 'necessity' of air travel. *J. Air Transp. Manag.* 81, 101722.
- Hawlena J., Jalinik M., Kobyłka A., Komor A., 2023. Zarządzanie polskim rynkiem turystycznym w uwarunkowaniach pandemii COVID-19. Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom 97, 113–114.
- Hawlena J., Mazurek-Kusiak A., Kopron J., Kobyłka A., 2020. Zarządzanie transportem w turystyce. Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom 27, 30.
- Jasiński R., Pielecha J., Markowski J., Benedict P., 2016. Zewnętrzne koszty środowiskowe działalności transportu lotniczego. *Autobusy: Tech. Ekspł. Sys. Transp.* 17(12), 213–214.
- Kamiński M., Pospolita W., Cholewiński M., Łagocka A., 2016. Emisja zanieczyszczeń z sektora transportu lotniczego i jej wpływ na zdrowie człowieka. *Kosmos* 65(4), 487–493.
- Klöwer M., Allen M.R., Lee D.S., Proud S.R., Gallagher L., Skowron A., 2021. Quantifying aviation's contribution to global warming. *Environ. Res. Lett.* 16(10), 104027.
- Kruczek J., 2010. Organizacja ruchu turystycznego, Proksenia, Kraków, 182–185.
- Lee D.S., Fahey D.W., Skowron A., Allen M.R., Burkhardt U., Chen Q., Doherty S.J., Freeman S., Forster P.M., Fuglestedt J., Gettelman A., De Leon R.R., Lim L.L., Lund M.T., Millar R.J., Owen B., Penner J.E., Pitari G., Prather M.J., Sausen R., Wilcox L.J., 2021. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmos. Environ.* 244, 117834.
- Leśnikowska-Matusiak I., Wnuk A., 2014. Wpływ hałasu komunikacyjnego na stan środowiska akustycznego człowieka. *Transp. Samoch.* 3, 37–62.

- Masiol M., Harrison M., 2014. Aircraft engine exhaust emissions and other airport-related contributions to ambient air pollution: A review. *Atmos. Environ.* 95, 409–455.
- Mazurek-Kusiak A., 2018. European funds and air services market in Poland. *Eur. J. Service Manag.* 27(2), 271–279. <https://doi.org/10.18276/ejasm.2018.27/2-33>
- Napiórkowska-Gzula M., Steblik B., 2023. Przygotowanie imprez i usług turystycznych. Cz. 1. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna, Warszawa, 117–119.
- Pijet-Migoń E., 2021. Trudne dziedzictwo lotnicze Dolnego Śląska i jego turystyczny potencjał. *Tur. Kult.* 3(120), 84–85.
- Rybaczek A., Ogonowski K., 2023. Sposoby ochrony lotnictwa cywilnego przed zagrożeniami. *Stud. Społ.* 2 (41), 63–80.
- Schäfer A.W., Waitz I.A., 2014. Air transportation and the environment. *Transp. Policy* 34, 1–4.
- Śliwińska A., 2017. Ograniczenie wpływu transportu lotniczego na zanieczyszczenie atmosfery. W: I. Skoczko, J. Wiater, K. Dąbrowska, I. Barszczewska (red.), *Monografie „Inżynieria środowiska-młodym okiem”*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 11–23.
- Urząd Lotnictwa Cywilnego, a, <https://ulc.gov.pl/pl/aktualnosci/6405-podsumowanie-przewozow-pasazerskich-na-polskich-lotniskach-w-2023-roku> [dostęp: 10.07.2024].
- Urząd Lotnictwa Cywilnego, b, <https://www.ulc.gov.pl/pl/aktualnosci/6305-ruch-lotniczy-w-pierwszej-polowie-2023-roku-przewyzzszyl-wyniki-z-2019-roku> [dostęp: 10.07.2024].
- Wróblewska M., 2019. Bezpieczeństwo i niezawodność w transporcie lotniczym. *J. Trans. Log.* 5(1), 113–117.

## Zjawisko wypalenia zawodowego wśród pracowników sklepów spożywczych

The phenomenon of professional burnout among grocery store employees

### Wstęp

Wypalenie zawodowe określane jest jako choroba cywilizacyjna XXI wieku i pojawia się w związku z oddziaływaniem silnego, przewlekłego stresu zawodowego. Jest to zjawisko, które rozwijało się wraz z rozwojem społeczeństwa [Białowas 2017]. Problem wypalenia zawodowego dotyczy głównie osób czynnych zawodowo w krajach wysoko rozwiniętych. Stale rośnie grupa zawodów, w których pojawia się stres zawodowy lub wypalenie zawodowe, a najbardziej narażone są osoby mające w pracy bezpośredni kontakt z klientami [Jabłkowska i Borkowska 2005].

Szacuje się, że w branży handlowej w naszym kraju zatrudnionych jest 2 mln osób. Praca w handlu, zwłaszcza w sektorze sklepów spożywczych, często wiąże się z intensywnym kontaktem z klientami, nadmierną liczbą zadań, presją czasu, oczekiwaniami kierownictwa oraz brakiem wystarczającego odpoczynku, co może prowadzić do wypalenia zawodowego wśród pracowników sklepów spożywczych [Kwinta-Odrzywołek i in. 2022].

Celem pracy jest ocena występowania zjawiska wypalenia zawodowego wśród pracowników sklepów spożywczych.

### Wypalenie zawodowe – definicja, przyczyny, symptomy i skutki

Nie istnieje jednoznaczna definicja wypalenia zawodowego, jednak ogólnie można je opisać jako stan, który rozwija się w odpowiedzi na ciągle narażenie na stresory emocjonalne i interpersonalne w miejscu pracy [Maslach 2000]. Freudenberger opisuje wypalenie jako uczucie przemęczenia lub frustracji wynikające z poświęcenia się danej sprawie, stylowi życia lub relacji, które nie przyniosły oczekiwanej satysfakcji [Freudenberger 1974]. Najbardziej rozpowszechnioną definicją zjawiska jest jednak wielowymiarowa koncepcja Christiny Maslach. Zgodnie z jej teorią wypalenie zawodowe to psychologiczny zespół objawów obejmujący wyczerpanie emocjonalne, depersonalizację oraz obniżone poczucie własnej skuteczności, który może pojawić się u osób pracujących z innymi ludźmi w określony sposób [Maslach 2000].

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe Ergonomii i BHP, katarzyna.wadowska@poczta.onet.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

Cechy wyczerpania fizycznego, emocjonalnego i psychicznego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podział objawów wypalenia zawodowego [Steciwko i Mastalerz-Migas 2012]

Objawy fizyczne wypalenia	Objawy wypalenia w środowisku pracy	Objawy emocjonalne wypalenia
zmęczenie zrezygnowanie z aktywności fizycznej zaburzenia snu i apetytu nadużywanie alkoholu i innych używek obniżone libido	brak zapału uczucie niekompetencji trudności w skupieniu się strach przed pracą niezadowolenie z pracy niewyrażanie własnych opinii	kłopoty w relaksowaniu się obniżony nastrój zmęczenie poczucie osamotnienia pesymizm poczucie pustki

Istnieją dwa podstawowe czynniki wypalenia zawodowego: indywidualne i sytuacyjne, które klasyfikowane są ze względu na właściwości. Czynniki indywidualne dzielą się na właściwości demograficzno-społeczne, takie jak wiek, płeć, stan cywilny, wykształcenie oraz kompetencje zawodowe. W dalszej kolejności wymieniane są indywidualne właściwości osobowości, chodzi tu o poziom zaangażowania i wytrzymałości. Ostatnimi są podstawy zawodowe, takie jak charakter pracy czy prawdopodobieństwo wykonywania danego celu. Natomiast czynniki sytuacyjne dzielą się na właściwości środowiska pracy, uwarunkowania zawodowe oraz uwarunkowania organizacyjne [Jarzynkowski i in. 2017].

### **Źródła stresu zawodowego i jego skutki**

Światowa Organizacja Zdrowia definiuje stres zawodowy jako reakcję organizmu człowieka narażonego na presję, wymagania niedostosowane do własnych umiejętności oraz posiadanej wiedzy. Jest to wyzwanie zdolności do poradzenia sobie z problemami [Orlak 2014].

Stres jest naturalnym stanem organizmu, który towarzyszy każdemu człowiekowi. Jeśli nie występuje reakcja stresowa, jest to równoznaczne ze śmiercią organizmu. Powszechnie uważa się, że bez stresu nie można żyć. Autorzy różnie definiują i klasyfikują pojęcie stresu; według Kozaka [2009] istnieją trzy kategorie definiujące stres. W pierwszej z nich stres jest uznawany za bodziec, który odsuwa od normalnego funkcjonowania. W tej kategorii opisane są różnego rodzaju sytuacje, zazwyczaj nieprzyjemne, związane ze stresem, m.in. hałas lub przykre wydarzenia odbywające się w miejscu pracy. Drugą kategorią jest uznanie stresu za reakcję na nieprzyjemny bodziec z otoczenia zewnętrznego. W tej kategorii opisane są reakcje, które dzieją się w ciele i umyśle człowieka podczas przykrych sytuacji. Dla przykładu, jeśli jest zbyt niska temperatura, to człowiek nie jest w stanie poprawnie wykonać zadania. Ostatnią kategorią jest stres uznawany jako dynamiczna reakcja między człowiekiem a środowiskiem zewnętrznym. Reakcja może

być uznawana za taką, której ciężko sprostać oraz która wymaga większego wysiłku [Kozak 2009].

Inni autorzy rozumieją stres jako napięcie psychiczne i twierdzą, że należy dążyć do tego, aby stres był utrzymywany na jak najniższym poziomie, ponieważ dopiero wtedy jest uznawany za dobry dla zdrowia. Niski poziom stresu poprawia relacje społeczne, podnosi samoocenę oraz motywację [Shahsavarani i in. 2015].

Inną kategorią jest stres zawodowy, który jest związany bezpośrednio z czynnikami stresogennymi spowodowanymi pracą zawodową lub służbą. Pracownicy napotykać na sytuacje, które im nie odpowiadają lub z którymi nie mogą się pogodzić. Stres zawodowy wiąże się z kilkoma czynnikami, takimi jak warunki pracy, liczba zatrudnionych (panujący ścisk, brak przestrzeni dla siebie) oraz charakter pracy w danej firmie. Bardzo duże znaczenie ma stanowisko pracy, zakres obowiązków i zadań wykonywanych przez pracownika [Linowski 2012].

Istnieje wiele różnych źródeł stresu, które przyczyniają się do wypalenia zawodowego. Są to m.in.:

- brak spójności celów i oczekiwań oraz sytuacje, w których pracownik ma za zadanie wykonać czynność, której nie lubi,
- czynniki, które odnoszą się do stosunków międzyludzkich – mogą one dotyczyć nieporozumienia z przełożonym lub współpracownikami; cechą charakterystyczną jest tutaj brak zaufania, niechęć oraz obojętność,
- czynniki, które mają wpływ na rozwój zawodowy; charakteryzują się uczuciem niepewności oraz obawą o utratę pracy, zbyt szybki lub wolny awans również jest źródłem stresu,
- czynniki, które wynikają ze struktury jednostki – jeśli nie ma odpowiedniej komunikacji oraz pracownik nie czuje, że należy do organizacji, wówczas pojawia się stres [Kozak 2009].

Uznaje się więc, że stres wynika z sytuacji, gdy pracownik nie otrzymuje tego, czego pragnie, oraz gdy traci coś, do czego bardzo się przywiązał [Kozak 2009].

Źródeł stresu w pracy jest jednak znacznie więcej. Duże znaczenie mają tempo, czas, przerwy w pracy, bodźce fizyczne, duże wymagania stawiane przed pracownikami czy brak kompetencji do wykonywania powierzonych im zadań [Świdorski 2006].

Fizyczne skutki stresu mogą przejawiać się przez spadek odporności organizmu, uczucie ciągłego zmęczenia i senności, bóle głowy oraz mięśni. Stres doświadczany przez pracowników odbija się nie tylko na ich zdrowiu, ale również na funkcjonowaniu całej organizacji. Jego przejawami są m.in. zwiększona absencja, zmniejszona produktywność, wzrost liczby wypadków oraz wzrost kosztów związanych z większą zachorowalnością [Mockało i Najmiec 2017].

### **Charakterystyka pracy osób zatrudnionych w sklepach spożywczych**

Pracownik sklepu odpowiada za funkcjonowanie lokalu bez względu na rodzaj sprzedawanego asortymentu. Na tym stanowisku najczęściej zatrudniane są kobiety, które stanowią ok. 70% zatrudnienia w handlu. Branża ta ofertuje zatrudnienie dla osób o zróżnicowanym poziomie kwalifikacji i wykształceniu.



Do głównych obowiązków pracowników zatrudnionych w sklepach spożywczych należy:

- zamawianie towaru i odbieranie dostaw,
- uzupełnianie towaru na półkach,
- dbanie o odpowiednie przechowywanie żywności,
- obsługa gwarancyjna,
- dbanie o czystość i estetykę sklepu,
- kompleksowa obsługa klientów,
- dbanie o odpowiednią atmosferę panującą w sklepie,
- obsługiwanie kasy fiskalnej.

Odpowiedzialność, sumienność, umiejętne organizowanie pracy oraz zaangażowanie w obsługę klienta powinny wyróżniać dobrego pracownika sklepu. Pracodawcy zwracają szczególną uwagę na zdolności interpersonalne – dobry kontakt z klientem wpływa na wyniki sprzedaży. Praca wykonywana jest głównie w dni powszednie oraz soboty. Czas pracy uzależniony jest od rodzaju sklepu, w którym pracownik jest zatrudniony. W małych i średnich sklepach godziny pracy zazwyczaj są stałe, natomiast w sklepach wielkopowierzchniowych istnieje podział na pracę zmianową. Praca w sklepach spożywczych zaliczana jest do zajęć samodzielnych, jednak niezbędna jest umiejętność pracy w zespole, współdziałania. Sprzedawca ponosi indywidualną odpowiedzialność materialną, jednak bardzo często z rezultatów sprzedaży pracownicy są rozliczani jako zespół [Pracuj.pl 2019].

Obraz pracy w sklepie spożywczym przedstawiony w powyższej charakterystyce pokazuje, że jak dużą ilością wyzwań wiąże się funkcja zawodowa. Wiele z nich może być przyczyną ogromnego stresu zawodowego, który może prowadzić do wypalenia zawodowego.

## **Material i metody**

W przeprowadzonych badaniach wzięło udział 101 osób zatrudnionych w sklepach spożywczych na terenie Polski.

Chcąc zrealizować cel badania, przeprowadzono ankiety z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza stworzonego w oparciu o „Kwestionariusz wypalenia zawodowego” według Maslach. Kwestionariusz został udostępniony badanym w Internecie – na forach, w grupach dla pracowników sklepów spożywczych, ponadto badania uzupełniono o rozmowy z pracownikami.

Kwestionariusz składał się z 31 pytań, w tym 7 mających na celu określenie podstawowych danych dotyczących respondentów, takich jak płeć, wiek, długość stażu pracy, województwo, w jakim mieszkają, stanowisko, na którym są zatrudnieni, dzienny czas pracy oraz rodzaj sklepu, w którym pracują. Pytania miały na celu zbadanie odczuć emocjonalnych i fizycznych związanych z wykonywaną pracą. Opinie były formułowane za pomocą twierdzeń z możliwością odpowiedzi: bardzo często, często, czasami, rzadko, nigdy. Poszczególnym odpowiedziom przyporządkowano następujące wartości punktowe: bardzo często – 5 pkt, często – 4 pkt, czasami – 3 pkt, rzadko – 2 pkt, nigdy – 1 pkt dla pytań 8–21 oraz bardzo często – 1 pkt, często – 2 pkt, czasami – 3 pkt, rzadko – 4 pkt, nigdy – 5 pkt dla pytań 22–31. W celu określenia poziomu wypalenia zawodowego dla

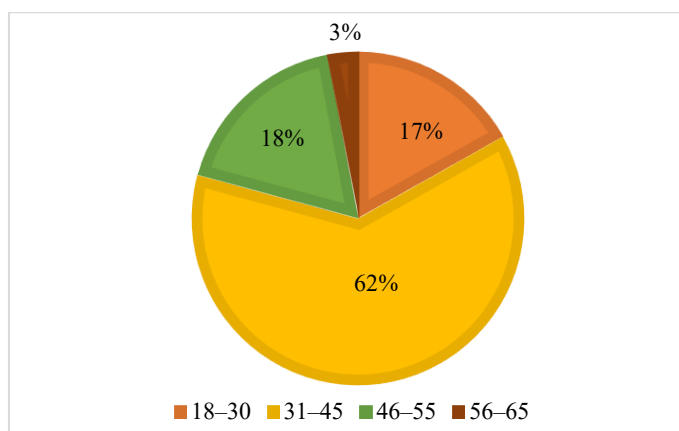
każdego z pracowników zsumowano wyniki odpowiedzi twierdzących w pytaniach 8–21 i przeczących w pytaniach 22–31. Im wyższy wynik, tym wyższe zagrożenie zjawiskiem wypalenia zawodowego [Cybulska i in. 2019].

### Wyniki i dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań uzyskano wyniki pozwalające na ocenę zjawiska wypalenia zawodowego wśród pracowników sklepów spożywczych. Uzyskane wyniki przedstawiono w formie graficznej i opisowej.

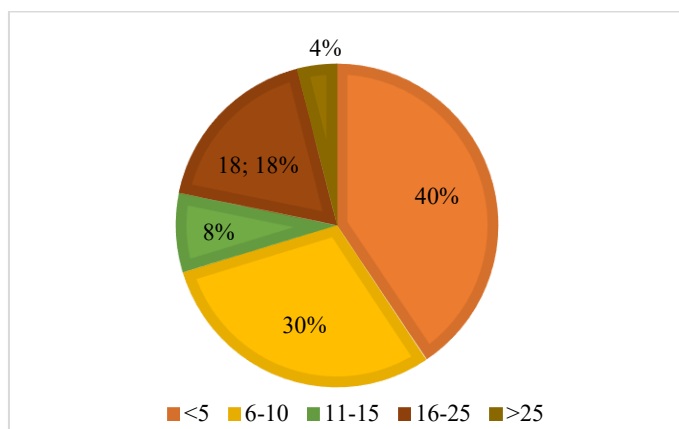
Dane zebrane zostały ze sklepów spożywczych w województwach: mazowieckim (32 osoby), lubelskim (28 osób), śląskim (11 osób), kujawsko-pomorskim (6 osób), opolskim (3 osoby), zachodnio-pomorskim (3 osoby), małopolskim (3 osoby), wielkopolskim (3 osoby), pomorskim (2 osoby), świętokrzyskim (2 osoby), dolnośląskim (2 osoby), lubuskim (2 osoby), łódzkim (2 osoby), podkarpackim (1 osoba), warmińsko-mazurskim (1 osoba).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wśród pracowników zatrudnionych w sklepach spożywczych zdecydowana większość to kobiety (91%). Badane osoby zatrudnione były na stanowiskach: pracownik sklepu (79 osób), zastępca kierownika/managera (16 osób), kierownik/manager sklepu (6 osób) w: supermarketach (55 osób), dyskontach (40 osób) i hipermarketach (6 osób).



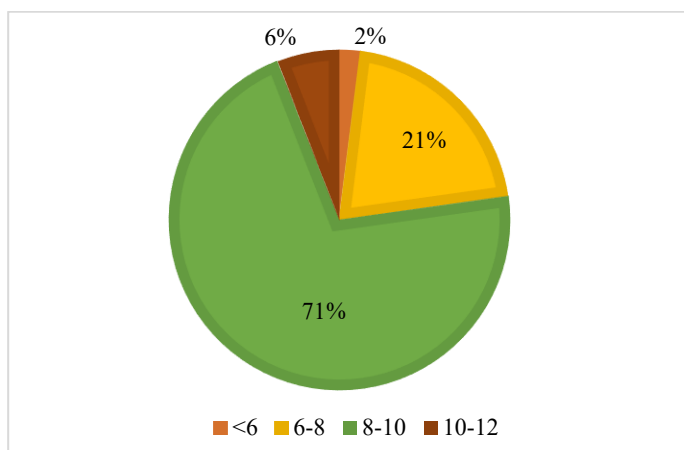
Ryc. 1. Wiek respondentów (w latach)

Najmłodszą grupę wiekową (18–30 lat) stanowi 17% ankietowanych. Przedział wiekowy 31–45 lat stanowi 62%. Następną grupą (46–55 lat) to 18%, 3% badanych to osoby w wieku 56–65 lat (ryc. 1).



Ryc. 2. Staż pracy respondentów (w latach)

W odniesieniu do stażu pracy – 40% badanych w sklepach spożywczych pracowało mniej niż 5 lat, dłuższy staż pracy (6–10 lat) deklarowało 30%, a 8% osób podało, że staż ich pracy zawiera się w przedziale 11–15 lat. Staż od 16 do 25 lat wskazało 18% respondentów, natomiast tylko 4% ankietowanych miało staż pracy powyżej 25 lat (ryc. 2).



Ryc. 3. Dzienny czas pracy (w godzinach)

W badaniu 2% respondentów przyznało, że pracuje mniej niż 6 godzin dziennie. Od 6 do 8 godzin dziennie swoje obowiązki wykonuje 21% ankietowanych. Największą grupę (71%) stanowią osoby pracujące od 8 do 10 godzin dziennie. Największy dzienny wymiar czasu pracy (10–12 godzin) odnotowano u 6% badanych (ryc. 3).

Tabela 2 przedstawia łączną liczbę odpowiedzi udzielonych przez badanych pracowników sklepów spożywczych na poszczególne pytania kwestionariusza.

Tabela 2. Kwestionariusz dotyczący wypalenia zawodowego i łączna liczba odpowiedzi uzyskanych do poszczególnych stwierdzeń

Stwierdzenia	Bardzo często	Często	Czasami	Rzadko	Nigdy
Przez moją pracę czuję się emocjonalnie wyczerpany(-a)	42	29	23	5	2
Na koniec dnia pracy czuję się wykończony(-a)	46	35	17	3	0
Wstając rano czuję się zmęczony(-a) mając przed sobą kolejny dzień pracy	39	35	17	8	2
Odczuwam zmęczenie psychiczne związane z pracą w sklepie spożywczym	39	39	13	6	4
Przez moją pracę czuję się wypalony	28	38	20	8	7
Przez moją pracę czuję się sfrustrowany	36	33	19	9	4
Odczuwam brak możliwości rozwoju zawodowego w obecnej pracy	31	31	18	9	12
Przez specyfikację mojej pracy traktuję niektóre osoby rutynowo, przedmiotowo, obojętnie	20	28	29	16	8
Bezpośrednia i codzienna praca z ludźmi jest dla mnie stresująca	8	22	35	28	8
Odczuwam presję ze strony klientów, która wpływa na moje samopoczucie	24	30	21	19	7
Sądzę, że osoby, z którymi mam kontakty zawodowe, obciążają mnie odpowiedzialnością za niektóre ze swoich problemów	19	32	22	17	11
Czuję, że zbyt ciężko pracuję zawodowo	33	38	18	10	2
Stałem(-am) się zobojętniały(-a) wobec ludzi, odkąd wykonuję moją pracę	43	33	16	5	4
Doświadczam presji czasu i stresu podczas wykonywania codziennych obowiązków zawodowych	22	32	21	17	9
Korzystam z oferowanych możliwości szkoleniowych mających na celu rozwój zawodowy	5	24	29	27	16
Odczuwam, że atmosfera w miejscu pracy wpływa pozytywnie na moje samopoczucie	8	25	27	36	5
Mam możliwość korzystania z elastycznego grafiku pracy	11	23	18	35	14
Uważam, że moje umiejętności i wysiłek są właściwie doceniane w miejscu pracy	6	9	26	41	19
Praca z ludźmi dodaje mi energii i siły	8	14	41	32	6
Odczuwam satysfakcję z osiągnięć związanych z moją pracą w sklepie spożywczym	4	11	39	38	9
Odczuwam wsparcie ze strony kolegów z pracy i przełożonych w rozwiązywaniu problemów zawodowych	4	22	32	30	13
Czuję, że dzięki mojej pracy się rozwijam	2	11	20	38	30

Przyczynami (objawami) pojawienia się wypalenia zawodowego są stwierdzenia: doświadczam presji czasu i stresu podczas wykonywania codziennych obowiązków zawodowych, odczuwam presję ze strony klientów, która wpływa na moje samopoczucie, odczuwam brak możliwości rozwoju zawodowego w obecnej pracy oraz stałem(-am) się zobojętniały(-a) wobec ludzi, odkąd wykonuję moją pracę.

Tabela 3 prezentuje liczbę punktów uzyskanych przez pracowników sklepów spożywczych w ocenie poziomu wypalenia zawodowego.

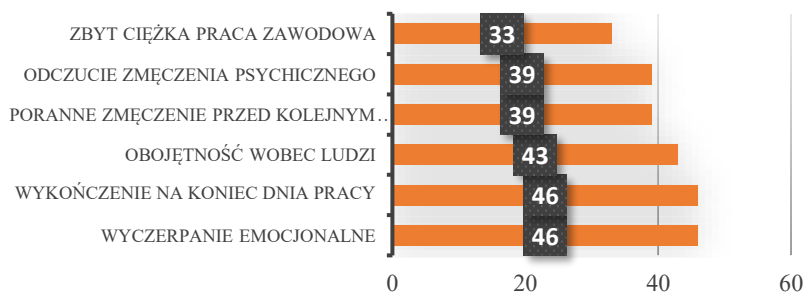
Tabela 3. Liczba punktów uzyskanych w ocenie poziomu wypalenia zawodowego przez pracowników sklepów spożywczych

Liczba uzyskanych punktów	Liczba osób	Poziom wypalenia
22–40	1	bardzo niski
41–57	9	niski
58–74	25	średni
75–91	46	wysoki
92–110	20	bardzo wysoki

Badanie nad wypaleniem zawodowym wśród pracowników sklepów spożywczych wykazało, że problem ten dotyka znaczną część personelu handlowego. Analiza wyników wskazała, że jedynie niewielki odsetek respondentów (około 1%) nie doświadcza objawów wypalenia lub dolegliwości z tym związanych. Grupa ta stanowi wyjątek, gdyż większość pracowników sklepów spożywczych przejawia symptomy wypalenia w różnym stopniu.

Określając stopień wypalenia, 8,9% respondentów uzyskało wynik na niskim poziomie, co oznacza, że mogą oni doświadczać niektórych objawów wypalenia, jednak zazwyczaj nie stanowi to dla nich poważnego problemu. Natomiast aż 25% badanych osiągnęło średni poziom wypalenia, który może negatywnie wpływać na ich samopoczucie i efektywność pracy. Najbardziej niepokojący jest fakt, że aż 45,5% respondentów wykazało wysoki poziom wypalenia zawodowego. Jest to sytuacja, w której uczucie wypalenia staje się poważnym problemem, wpływającym negatywnie na zdrowie i efektywność pracy. Co więcej, niemalże 20% ankietowanych przejawiało bardzo wysoki poziom wypalenia, co jest skrajnie niebezpieczne dla ich zdrowia oraz życia zawodowego.

Na rycinie 4 przedstawiono najczęściej występujące skutki wypalenia zawodowego u badanej grupy pracowników. Najczęściej pojawiającymi się odpowiedziami sugerującymi wypalenie zawodowe (46%) są wyczerpanie emocjonalne i wykończenie na koniec dnia pracy. Obojętność wobec ludzi wskazało 43% ankietowanych. Według 39% pracowników skutkuje to porannym zmęczeniem przed kolejnym dniem pracy, a także odczuciem zmęczenia psychicznego. Najmniejszą grupę ankietowanych (33%) stanowią osoby, które uważają, że zbyt ciężko pracują zawodowo.



Ryc. 4. Skutki wypalenia zawodowego (%)

## Podsumowanie

Pojęcie wypalenia zawodowego kojarzone jest z brakiem satysfakcji z wykonywanej pracy, zwłaszcza na stanowisku pracy związanym z obsługą klienta. Najistotniejszymi przyczynami stresu zawodowego, a w konsekwencji wypalenia zawodowego, są: przeciążenie pracownika nadmiarem obowiązków, kwestionowanie kompetencji, brak możliwości rozwoju, brak odpoczynku, presja czasu oraz obniżenie poczucia własnej wartości pod wpływem krytyki.

Mimo że wiele osób zatrudnionych w sklepach spożywczych uważa, że wypalenie zawodowe ich nie dotyczy, wyniki uzyskanych badań wskazują na coś innego. Ponad 65% respondentów odczuwa znaczne symptomy wypalenia zawodowego, które wpływają na ich życie zawodowe, prywatne oraz zdrowie psychiczne.

Wielu ankietowanych jako skutki wypalenia zawodowego odczuwanego przez pracowników sklepów spożywczych wskazało: wyczerpanie emocjonalne, wykończenie na koniec dnia pracy oraz obojętność wobec ludzi.

Wypaleniu zawodowemu można zapobiegać i przeciwdziałać poprzez: kampanie promujące techniki radzenie sobie ze stresem, zapewnienie odpowiedniej ilości czasu na odpoczynek, rotację na stanowiskach pracy, integrację wśród pracowników i kadry zarządzającej czy kontrakty psychologiczne. Ważne jest podnoszenie świadomości pracodawców, pracowników oraz specjalistów ds. zasobów ludzkich i BHP, a także proponowanie konkretnych działań w tym zakresie. Modyfikacja psychospołecznych warunków pracy najczęściej nie wiąże się z dużymi kosztami, a może pomóc nie tylko w utrzymaniu zdrowia pracowników, lecz także poprawić wyniki w danym miejscu pracy.

## Bibliografia

- Białowas A., 2017. Wypalenie zawodowe – epidemią i wyzwaniem społecznym XXI wieku. *Rocz. Stud. Akad. Wojsk Łądowych* 1, 79–82.
- Cybulska A.M., Starczewska M., Stanisławska M., Trembecka J., Grochans E., 2019. Wypalenie zawodowe personelu pielęgniarskiego pracującego w oddziałach intensywnej terapii i bloku operacyjnym. *Pielęg. Pol.* 1(71) 29–34. <http://dx.doi.org/10.20883/pielpol.2019.3>
- Freudenberger H.J., 1974. Staff burn-out. *J. Soc. Iss.* 30(1), 159–165. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1974.tb00706.x>
- Jabłkowska K., Borkowska A., 2005. Ocena nasilenia stresu w pracy a cechy zespołu wypalenia zawodowego u menadżerów. *Med. Pr.* 56(6), 439–444.
- Jarzynkowski P., Książek J., Piotrkowska R., Dobosz M., 2017. Zespół wypalenia zawodowego wśród pracowników zawodów medycznych. *Med. Rodz.* 2(20), 105–110.
- Kozak S., 2009. *Patologie w środowisku pracy. Zapobieganie i leczenie.* Wyd. Difin, Warszawa.
- Kwinta-Odrzywołek J., Krygowska-Nowak N., Datha J., 2022. Branżowy Bilans Kapitału Ludzkiego II – sektor handlu. Raport podsumowujący I edycję badań realizowanych w 2021 r., 9–11.
- Linowski K., 2012. Czynniki stresujące w ocenie funkcjonariuszy Służby Więziennej. *Prz. Więzien. Pol.* 74–75, 194–199.
- Maslach C., 2000. Wypalenie w perspektywie wielowymiarowej. W: H. Sęk (red.), *Wypalenie zawodowe przyczyny, mechanizmy, zapobieganie.* PWN, Warszawa, 13–31.
- Maslach C., Schaufeli W.B., Leiter M.P., 2001. Job burnout. *Ann. Rev. Psychol.* 52, 397–422. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.397>
- Mockało Z., Najmiec A., 2017. *Stres w pracy z klientem – źródła, skutki i sposoby przeciwdziałania.* CIOP – PIB, Warszawa.

- Orlak K., Gołuchem D., Chmielewski J., 2014. Stres w pracy oraz jego wpływ na występowanie wypadków przy pracy i stan zdrowia osób pracujących. Warszawa.
- Pracuj.pl, 2019. Pracownik sklepu – zakres obowiązków. <https://porady.pracuj.pl/stanowiska/pracownik-sklepu-zakres-obowiazkow> [dostęp: 27.06.2019].
- Shahsavarani A.M., Azad Marz Abadi E., Hakimi Kalkhoran M., 2015. Stress: facts and theories through literature review. *Int. J. Med. Rev.* 2(2), 230–241.
- Steciwko A., Mastalerz-Migas A., 2012. Stres oraz wypalenie zawodowe. Jak rozpoznawać, zapobiegać, leczyć. Urban & Partner, Wrocław, 19–20.
- Świderski A., 2006. Źródła stresu zawodowego, jego objawy i skutki ekonomiczne dla przedsiębiorstwa. Seminarium Okręgowe Inspektoratu Pracy w Łodzi „Stres w pracy”, Łódź.

## **Analiza widoczności algorytmem Viewshed – czy można jej ufać?**

Viewshed algorithm visibility analysis – can it be trusted?

### **Wstęp**

Pole widzenia to obszar geograficzny widoczny z danej lokalizacji, obejmuje wszystkie otaczające punkty, które znajdują się na linii wzroku obserwatora, a tym samym wyklucza punkty, które znajdują się poza horyzontem lub są przesłonięte przez elementy krajobrazu (tzw. kurtyny widokowe). Informacja o tym, która część krajobrazu jest widoczna, a która pozostaje poza obszarem percepcji wzrokowej, jest kluczowa w procesie planowania przestrzennego.

Współcześnie do analizy widoczności stosuje się cyfrowe modele krajobrazu oraz algorytm Viewshade dostępny w większości oprogramowania Systemu Informacji Geograficznej. Pomimo powszechnego użycia metody Viewshed uzyskiwane wyniki nie zawsze odpowiadają dokładnie temu, co widzi obserwator z danej lokalizacji.

Celem pracy była ocena poziomu dokładności modelu widoczności wykonanego metodą Viewshed (2D). Badania prowadzono na przykładzie panoramy widokowej dostępnej ze Wzgórza Czwartek w Lublinie. Do analizy zastosowano oprogramowanie GIS oraz trójwymiarową chmurę punktów, na której podstawie zbudowano cyfrowe modele krajobrazu o różnym poziomie szczegółowości i rozdzielczości. Wynik analizy Viewshed porównano z danymi referencyjnymi zebranymi podczas obserwacji terenowej (100 punktów referencyjnych). Za pomocą metody maczy błędów określono ogólną dokładność uzyskanego modelu widoczności. Uzyskane wyniki oscylują w przedziale od 58% do 89% ogólnej dokładności względem danych referencyjnych. Określono, że większy wpływ na wzrost poziomu dokładności modelu widoczności Viewshed ma wierność odwzorowania kurtyń widokowych oraz parametrów wejściowych analizy niż rozdzielczość użytego w analizie cyfrowego modelu krajobrazu. Wypracowane wyniki dostarczają również kilku wskazówek pomocnych przy prawidłowej interpretacji wyników analizy Viewshed.

### **Algorytm Viewshed jako element GIS**

„Viewshed”, dosłownie tłumaczone jako „pole widzenia”, odnosi się do obszaru, który jest widoczny z danego punktu obserwacyjnego na terenie. Analiza widoczności typu „Viewshed” polega na wskazaniu obszarów, które są widoczne z określonego

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii,  
iwonka.wieczorek721@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji



punktu na podstawie topografii terenu i kurtyn widokowych, a także wysokości obserwatora i jego pola widzenia. Analiza widoczności jest jednym z pierwszych narzędzi analitycznych zaimplementowanym w oprogramowaniu klasy desktop-GIS.

Wraz z rozwojem technologii GIS analiza Viewshed była udoskonalana przez kolejnych badaczy, między innymi Fishera [1992], Lake'a i in. [1998], Ogburna [2006]. Przełomem w analizach widoczności wykonywanych w środowisku oprogramowania GIS było przejście z analiz 2D Viewshed do 3D Viewshed. Feng i in. [2015] zaprezentowali nowy algorytm pozwalający modelować widoczność nie tylko na zbiorze pikseli (2D Viewshed), ale również na obiektach 3D, takich jak modele drzew lub szczegółowe modele zabudowy. Analizy widoczności 3D wymagają zastosowania złożonych danych przestrzennych, obiektów 3D, co wiąże się z zapotrzebowaniem na dużą moc obliczeniową oraz trudniejsze techniczne procesy geoprzetwarzania. Analiza Viewshed 2D, ze względu na stosunkowo prosty sposób wykonania (praca na danych rastrowych), wciąż pozostaje najpopularniejszym sposobem wyznaczania obszarów widocznych i przesłoniętych. Podejmowane badania mają na celu zwrócenie uwagi użytkowników oprogramowania GIS na fakt, że metoda 2D Viewshed ma również swoje ograniczenia. Celem pracy jest zbadanie wpływu rozdzielczości i poziomu szczegółowości danych wejściowych do analizy Viewshed na poziom dokładności uzyskanego wyniku.

### **Przegląd implementacji algorytmu Viewshed w badaniach naukowych**

Jednym z zastosowań analizy widoczności jest jej wykorzystanie do waloryzacji krajobrazu, w której aspekt widoczności ma duże znaczenie. Widoczność obiektu, a także jego potencjał wpływania na postrzeganie rzeczywistości i istotę krajobrazu są kluczowymi czynnikami do rozważenia w tym kontekście [Pyka i in. 2022].

Analiza widoczności jest również wykorzystywana w planowaniu przestrzennym. Pozwala na precyzyjne ustalenie elementów, które składają się na badany widok miasta. Jest to rodzaj przestrzennego rozwinięcia płaskiego obrazu. Dzięki temu możliwe jest zobrazowanie rzeczywistych relacji przestrzennych pomiędzy zabudową. Niejednokrotnie okazuje się, że budynki widziane z poziomu człowieka jako sąsiadujące ze sobą w rzeczywistości są od siebie znacznie oddalone. Dlatego możliwość uwzględnienia wielkości i złożoności czynników, jakie wpływają na ich pozycję w widoku, jest bardzo istotna [Czyńska 2009].

W urbanistyce analizy widoczności również mają swoje zastosowanie, np. analiza widoczności zabudowy metodą kątów widokowych. Metoda ta polega na tworzeniu map kątów widokowych dla określonych miejsc ekspozycyjnych. Dla każdego budynku obliczany jest właściwy kąt tworzony z okiem obserwatora, a następnie jest to odpowiednio oznaczone. Analiza map przedstawiających kąty widokowe pozwala na identyfikację powiązań mających znaczenie w procesie planowania struktur urbanistycznych. W konsekwencji możliwe staje się rozróżnienie między obszarami, które stanowią kluczowy element panoramy miejskiej, a takimi, które nie mają znaczenia w tym konkretnym kontekście [Czyńska 2011].

Pomimo tak szerokiego spektrum implementacji algorytmu Viewshed w oprogramowaniu klasy desktop-GIS wciąż niewiele uwagi poświęca się ocenie dokładności wyników uzyskiwanych tą metodą. Ocena taka może dotyczyć dwóch aspektów – sposobu przetwarzania danych wejściowych oraz samych danych wejściowych, na których podstawie wykonywane są obliczenia. W niniejszej pracy zbadano ten drugi aspekt. Postawiono hipotezę badawczą, że wysoka rozdzielczość danych wejściowych nie jest warunkiem koniecznym do uzyskania poprawnych wyników geoprzetwarzania algorytmem Viewshed.

Dostępność otwartych danych przestrzennych, natywnie pozyskiwanych z wysoką rozdzielczością przestrzenną (np. dane pomiarowe LiDAR udostępniane za pośrednictwem infrastruktury informacji przestrzennej [geoportal.gov.pl](http://geoportal.gov.pl)), skłania użytkowników do wykonywania analiz przestrzennych w analogicznie wysokiej rozdzielczości. Podejście takie wiąże się z wydłużeniem czasu wykonywania obliczeń. Wyniki badań opisane w niniejszej pracy dowodzą, że wysoka rozdzielczość danych wejściowych nie powinna być traktowana jako gwarancja uzyskania wiarygodnych wyników. Wykazana w pracy zależność pomiędzy rozdzielczością i szczegółowością danych wejściowych a dokładnością obliczanego na ich podstawie modelu widoczności może być pomocna dla innych badaczy mierzących się z problemem doboru optymalnej rozdzielczości danych wejściowych do analizy Viewshed.

## Material i metody

Badania przeprowadzono, korzystając z otwartych danych przestrzennych udostępnianych za pośrednictwem infrastruktury informacji przestrzennej [geoportal.gov.pl](http://geoportal.gov.pl). Jako podstawowy zestaw danych pobrano cztery pliki LAZ zawierające wysokościowe dane pomiarowe pozyskane metodą lotniczego skaningu laserowego w 2023 roku (gęstość 12 pkt/m<sup>2</sup>). Jako dodatkowe dane źródłowe zastosowano dane Open Street Map (OSM) oraz ortofotomapę pozyskaną w 2022 r. (GUGiK).

Obszar opracowania zlokalizowany jest w centrum miasta Lublin, w okolicach Starego Miasta. Punkt obserwacyjny, z którego wykonywano analizy Viewshed, zlokalizowany jest na Wzgórzu Czwartek, przy kościele rzymskokatolickim pw. św. Mikołaja Biskupa. Wybór tego miejsca wynikał z faktu, że jest to jeden z nielicznych punktów widokowych, z których wciąż możliwa jest obserwacja charakterystycznej dla miasta Lublin linii sylwetowej historycznej zabudowy Starego Miasta. Dostępna z tego miejsca panorama widokowa ma stosunkowo niewielkie przedpole widokowe, natomiast kolejne plany widokowe obejmują obszary dworca autobusowego pomiędzy ulicą Ruską i aleją Solidarności, wzgórze zamkowe, Plac Zamkowy oraz zabudowę Starego Miasta. Analizy prowadzono w promieniu 1 km od punktu obserwacyjnego w kierunku południowym (w kierunku północnym widok jest całkowicie przesłonięty przez bryłę kościoła).

Badania przeprowadzono w środowisku otwartego oprogramowania Q-GIS oraz SAGA GIS, tok postępowania metodycznego obejmował cztery etapy (ryc. 1).

**Etap 1** - Przygotowanie danych wyjściowych o różnych rodzajach rozdzielczości a także poziome szczegółowości

**Etap 2** - Zebranie w terenie danych referencyjnych oraz wybraniu odpowiednich punktów kontrolnych

**Etap 3** - Wygenerowanie w programie QGIS modeli widoczności i stworzenie wizualizacji wyników

**Etap 4** - Ocena dokładności uzyskanych modeli widoczności za pomocą matrycy błędu. Stworzenie tabel i wykresów

Ryc. 1. Schemat postępowania metodycznego

Etap pierwszy polegał na przygotowaniu danych wejściowych. Analiza Viewshed typu 2D [Felleman 1979] wykonywana jest na danych rastrowych, gdzie wartość piksela odzwierciedla wysokość nad poziom morza. Jako dane źródłowe zastosowano dane pomiarowe LAZ, które poddano konwersji do formatu LAS, obsługiwanego przez oprogramowanie SAGA-GIS. Przyjęto, że w ramach eksperymentu zostanie zbadanych 6 różnych poziomów rozdzielczości danych rastrowych, każdy o różnym poziomie szczegółowości. Przyjęto następujące poziomy rozdzielczości dla danych rastrowych: 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m i 10 m. W ramach każdej analizowanej rozdzielczości przygotowano 6 wariantów danych rastrowych różniących się pod względem szczegółowości, tj. liczby klas odwzorowujących elementy pokrycia terenu. Analizowano następujące poziomy szczegółowości:

- klasy: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
- klasy: 2, 3, 4, 5, 6,
- klasy: 2, 4, 5, 6,
- klasy: 2, 5, 6,
- klasy: 2, 6,
- klasa: 2.

Zgodnie ze specyfikacją LAS 1.2 (ASPRS 2008) poszczególne klasy odpowiadają następującym formom pokrycia terenu:

- klasa 0 – utworzono, nigdy nie sklasyfikowano,
- klasa 1 – niesklasyfikowane,
- klasa 2 – grunt,
- klasa 3 – roślinność niska,
- klasa 4 – roślinność średnia,
- klasa 5 – roślinność wysoka,
- klasa 6 – budynki,
- klasa 7 – niski punkt, szum.

Drugi etap polegał na zebraniu danych referencyjnych, względem których określano poziom dokładności wyników modeli widoczności Viewshed. W tym celu wyznaczono 150 punktów kontrolnych (PK), w których badano widoczność bezpośrednio w terenie. PK wyznaczono na podstawie zdjęcia panoramicznego wykonanego ze Wzgórza Czwartek (ryc. 2). Na zdjęciu zidentyfikowano obszary widoczne z punktu obserwacyjnego oraz te przesłonięte przez kurtyny widokowe. PK naniesiono na podkład mapowy OSM w oprogramowaniu Q-GIS. PK widocznym z pozycji obserwatora jako atrybut przypisano wartość „1”, punktom niewidocznym wartość „0”. Celem dokładnej weryfikacji widoczności warstwę PK wgrano do precyzyjnego odbiornika GPS (Hi-Target Q-Star 8) i wykonano pomiary terenowe. W celu uzyskania submetryjnej dokładności wyznaczania pozycji korzystano z serwisu VRS systemu ASG-EUPOS (pozycje wyznaczono z dokładnością 15 cm). Pomiary wykonywały trzy osoby, jedna – w roli obserwatora na Wzgórzu Czwartek – obserwowała dwie pozostałe osoby poruszające się po terenie badań. Dwie pozostałe osoby pozostawały w kontakcie telefonicznym z osobą obserwującą i nawigując się pomiędzy 150 PK, potwierdzały (lub nie) u obserwatora fakt widoczności. Osoby poruszające się po terenie badań ubrane były w jasne kolory ułatwiające wzrokowe odszukanie ich w terenie. Badania terenowe ukończono po 3 godzinach, obserwacje prowadzono przy dobrych warunkach pogodowych. Spośród zweryfikowanych w terenie PK wybrano zestaw 100 punktów w równej proporcji pomiędzy punktami widocznymi i niewidocznymi (PK100).



Ryc. 2. Panorama Lublina wykonana z punktu widokowego zlokalizowanego na Wzgórzu Czwartek (fot. M. Wojtaszko)

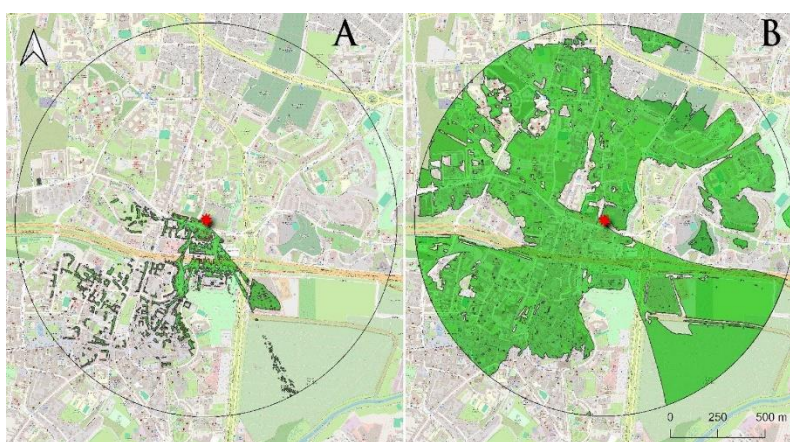
Etap trzeci polegał na wygenerowaniu serii modeli widoczności narzędziem Viewshed w oprogramowaniu Q-GIS, skorzystano z algorytmu GDAL. Wysokość obserwatora ustalono na 1,6 m, jako dodatkowy atrybut wprowadzono parametr krzywizny ziemi o wartości 0,13. Wyniki analizy Viewshed-GDAL oryginalnie zwracane w przedziale od 0 do 255 poddano reklasyfikacji do wartości 0 (niewidoczne) oraz 1 (widoczne). Wyniki poddano wizualizacji i wybrane przykłady przedstawiono w sekcji wyniki.

Etap czwarty polegał na ocenie dokładności uzyskanych modeli widoczności. Zastosowano metodę macierzy błędu [Chakraborty i in. 2016], podając w wyniku końcowym ogólną dokładność modelu (procentowy udział punktów sklasyfikowanych poprawnie) oraz współczynnik dopasowania Kappa [Foody 2020]. Dane wynikowe zestawiono w formie tabelarycznej oraz wykresów liniowych ilustrujących zmienność rozdzielczości i szczegółowości wejściowych danych rastrowych na dokładność wyników analizy Viewshed.

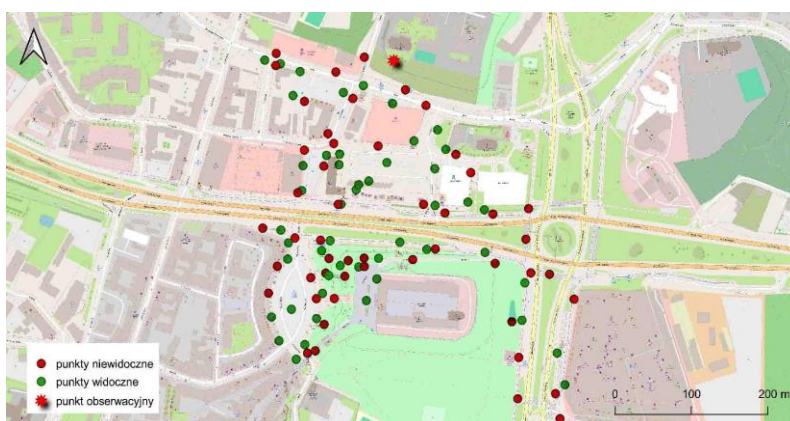
## Wyniki

Zgodnie z przyjętym tokiem postępowania metodycznego przygotowano łącznie 36 modeli widoczności typu Viewshed 2D. W zależności od przyjętych parametrów danych wejściowych obszary widoczne stanowią od 4,03% (12,68 ha) do 59,65% (187,36 ha); tak duża różnica zwraca uwagę na istotny wpływ przygotowania danych wejściowych na wynik końcowy analizy Viewshed. Przytoczony wynik dotyczy odpowiednio rastra o rozdzielczości 1 m przygotowanego ze wszystkich klas zestawu danych pomiarowych LiDAR, drugi dotyczy modelu widoczności przygotowanego tylko dla klasy gruntu, tj. bez elementów pokrycia terenu (ryc. 3a, b).

Dane referencyjne dotyczące widoczności zebrano w 100 punktach, ich przestrzenne rozmieszczenie wraz z podziałem na punkty widoczne (zielone) i niewidoczne (czerwone) przedstawiono na rycinie 4.



Ryc. 3. Dwa różne wyniki widoczności uzyskane z tego samego punktu obserwacyjnego: A) model o wysokiej dokładności (81%); B) model przeszacowany z powodu pominięcia elementów pokrycia terenu – kurtyn widokowych



Ryc. 4. Przestrzenne rozmieszczenie punktów referencyjnych, względem których określano poziom dokładności modeli widoczności typu Viewshed 2D

Obszary wskazane jako widoczne to między innymi Plac Zamkowy, Dworzec Główny PKS, pomnik „Symbol Lwowa” oraz zielone dachy galerii handlowej „Vivo”. Obszary przesłonięte przez kurtyny widokowe to między innymi rondo Romana Dmowskiego, a także część prawosławnej cerkwi pw. Przemienienia Pańskiego.

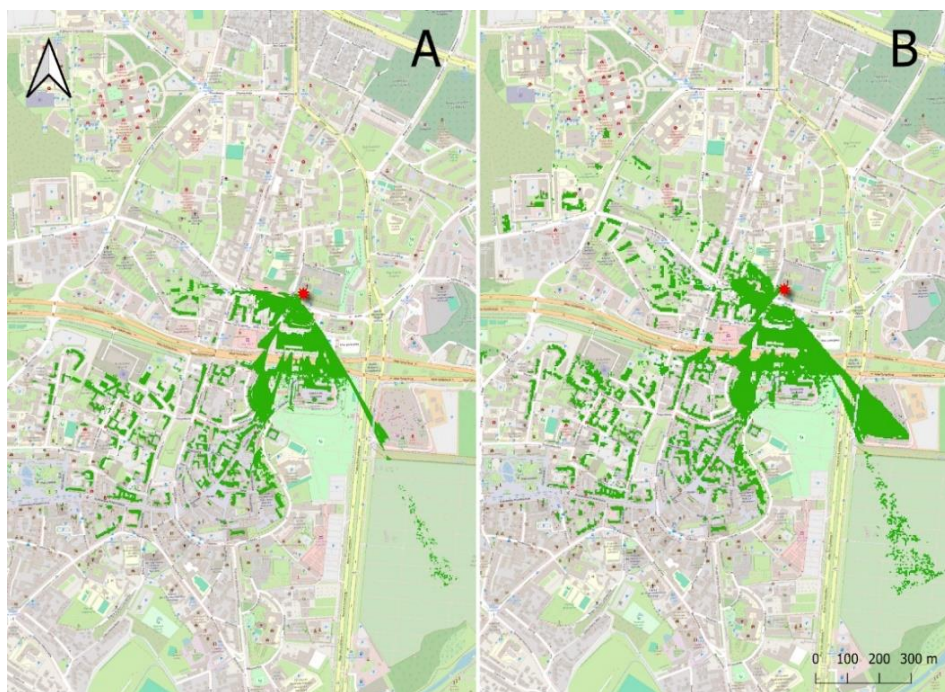
Każdy z 36 przygotowanych modeli Viewshed podlegał ocenie pod względem dokładności ogólnej i współczynnika Kappa. W tabeli 1 zestawiono wszystkie uzyskane wyniki.

Tabela 1. Wartość dokładności i współczynnika Kappa dla modeli Viewshed

Terenowa wielkość piksela wyjściowych danych rastrowych	Numery klas użytych do przygotowania danych rastrowych (standard LAS 1.2)	Dokładność ogólna (%)	Współczynnik Kappa (%)
1 m	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	81	62
	2, 3, 4, 5, 6	79	58
	2, 4, 5, 6	79	58
	2, 5, 6	77	54
	2,6	67	34
	2	54	8
2 m	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	72	32
	2, 3, 4, 5, 6	74	48
	2, 4, 5, 6	75	50
	2, 5, 6	76	52
	2,6	66	32
	2	55	10
3 m	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	75	50
	2, 3, 4, 5, 6	76	52
	2, 4, 5, 6	76	52
	2, 5, 6	75	50
	2,6	69	38
	2	56	12
4 m	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	69	38
	2, 3, 4, 5, 6	69	38
	2, 4, 5, 6	51	2
	2, 5, 6	70	40
	2,6	63	26
	2	54	8
5 m	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	63	26
	2, 3, 4, 5, 6	64	26
	2, 4, 5, 6	64	28
	2, 5, 6	63	26
	2,6	61	22
	2	54	8
10 m	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	59	18
	2, 3, 4, 5, 6	60	20
	2, 4, 5, 6	60	20
	2, 5, 6	57	14
	2,6	55	10
	2	54	8



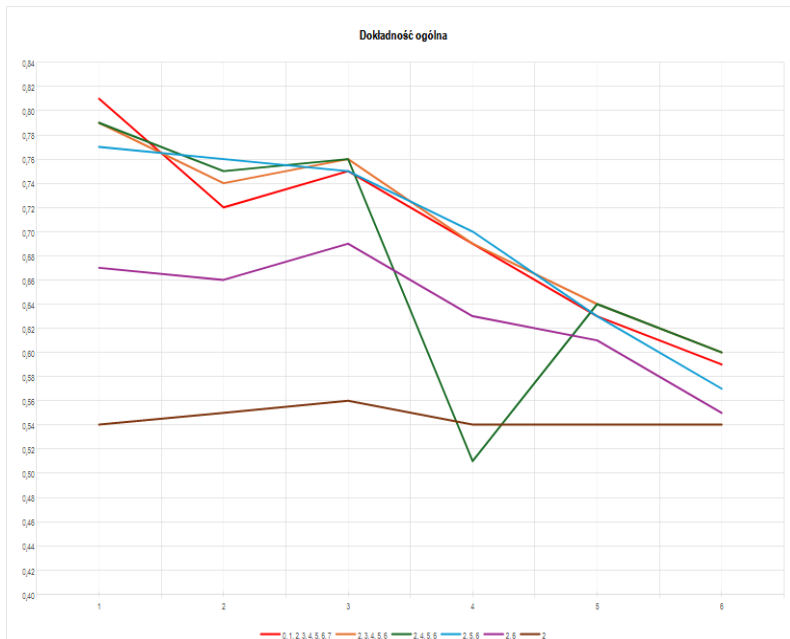
Najwyższy wynik uzyskał model „Z” – wykonany z klas 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 w rozdzielczości 1 m, dokładność wyniosła 81% przy współczynniku Kappa 62%, najniższą wartość uzyskał model wykonany z klas 2, 4, 5, 6 w rozdzielczości 4 m, dokładność to 51% przy współczynniku Kappa 2% (ryc. 5). W odniesieniu do modelu „Z” porównywalnie wysoką dokładność uzyskano w modelu wykonanym z klas 2, 4, 5, 6, z tym że w tym przypadku współczynnik Kappa wyniósł już 54%.



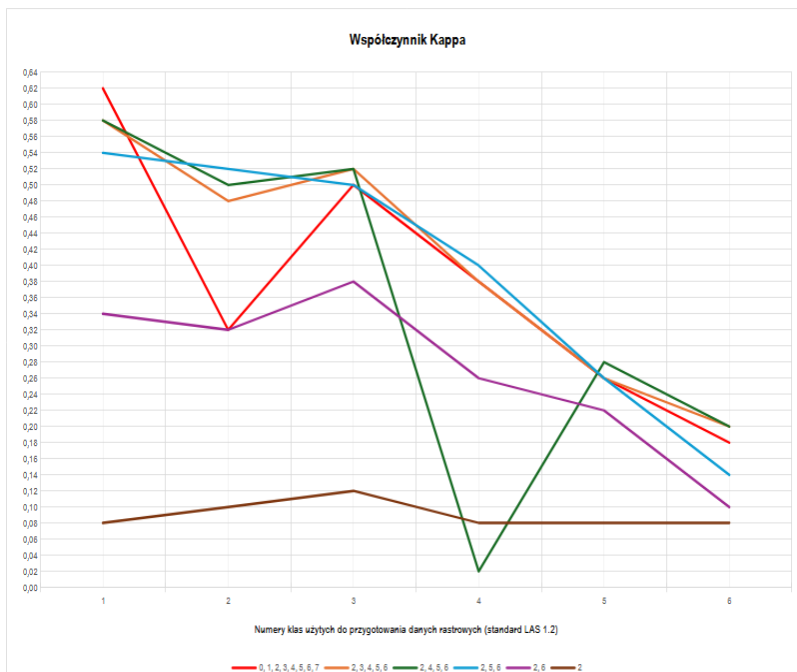
Ryc. 5. A) najwyższy wynik analizy Viewshed wykonany na podstawie rastra wykonanego z klas 2, 5, 6 w rozdzielczości 1 m; B) najniższy wynik analizy wykonanej na podstawie rastra wykonanego z klas 2, 4, 5, 6 w rozdzielczości 4 m

Uzyskane wyniki przedstawiono również w formie wykresu ilustrującego wpływ zmniejszającej się rozdzielczości danych wejściowych na dokładność wyniku analizy Viewshed. Jako najbardziej podatny na spadek dokładności wraz ze spadkiem rozdzielczości wskazuje się raster przygotowany z klas 2, 4, 5, 6. Zjawisko to dotyczy szczególnie rozdzielczości poniżej 3. metra (spadek z 76% do 51%; Kappa 52% do 2%). Zjawisko w najmniejszym stopniu dotyczyło rastra skomponowanego z klasy 2, różnica najwyższej i najniższej dokładności wynosi 2%. Równie dobrze reaguje raster wykonany z klas 2, 5, 6 [spadek z 79% do 60% (ryc. 6), Kappa 58% do 20% (ryc. 7)].

Podsumowując, analiza wykazała, że raster skomponowany z klas 2, 5, 6 osiągnął najwyższy wynik i charakteryzuje się niewielką zależnością od zmian rozdzielczości. Dobry wynik uzyskaliśmy na podstawie rastra skomponowanego z klas 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, jest on bardzo dokładny, jednak możemy w nim zaobserwować wahania współczynnika Kappa.



Ryc. 6. Dokładność ogólna



Ryc. 7. Współczynnik Kappa



Na podstawie wyżej przedstawionych i omówionych wyników można stwierdzić, że przyjęta w pracy hipoteza badawcza była częściowo prawdziwa – wysoka rozdzielczość nie jest konieczna do uzyskania wyników o wysokiej dokładności. Wiarygodne wyniki analizy Viewshed możemy uzyskać, korzystając również z niższych rozdzielczości danych wejściowych, nie tracimy wówczas istotnej dokładności danych. Dlatego warto rozważyć dobór optymalnej rozdzielczości danych, biorąc pod uwagę zarówno aspekty dokładności wyników, jak i efektywność obliczeniową analizy.

## Dyskusja

W pracy podjęto zagadnienie wpływu rozdzielczości i poziomu szczegółowości danych wejściowych na ogólną jakość uzyskiwanego na ich podstawie modelu widoczności. Wykazane zależności mogą być pomocne dla innych badaczy mierzących się z problemem doboru rozdzielczości danych wejściowych. Ponieważ przeprowadzony eksperyment dotyczy oceny wpływu rozdzielczości danych wejściowych na ogólną dokładność uzyskanych wyników, zakładamy, że podobne zależności dotyczą innych, bardziej złożonych metod Viewshed [Bartie i in. 2010]. Pełne potwierdzenie tych założeń wymaga jednak przeprowadzenia dodatkowych badań. Uzyskane wyniki odnoszą się do najbardziej powszechnie używanej metody Viewshed (lit) i wskazują, że nawet przy optymalnie dobranych parametrach analizy nigdy nie można jej zaufać w 100%. Poza czynnikami omówionymi w pracy (tj. rozdzielczość i poziom szczegółowości) istotny wpływ ma aktualność danych. Dane użyte w eksperymencie zostały pozyskane w 2023 r. W przeciągu kilku miesięcy sytuacja topograficzna uległa pewnym zmianom (np. zmiany w występowaniu i wysokości roślinności), które powodują, że uzyskany model nie pozwala uzyskać stuprocentowej dokładności. Tym samym zaleca się, aby interpretację wyniku analizy Viewshed poszerzyć o kontekst aktualności danych wejściowych.

## Wnioski

Na podstawie wykonanych eksperymentów stwierdzono, że ogólna dokładność binarnych modeli widoczności Viewshed oscyluje w zakresie od 81% do 54%. Badania prowadzono na próbie 100 punktów referencyjnych w równej proporcji pomiędzy punktami widocznymi i niewidocznymi z punktu obserwatora.

Stosowanie nadmiarowej rozdzielczości danych wejściowych nie skutkuje poprawą ogólnej dokładności modelu Viewshed; wyraźny spadek dokładności zauważono przy czterokrotnym zwiększeniu wielkości piksela (z 1 m do 4 m).

Jako kluczowe składowe numerycznego modelu powierzchni terenu wpływające na jakość modelu widoczności wymienia się grunt, budynki, roślinność średnią oraz wysoką; pozostałe klasy (roślinność niska, obiekty nieklasyfikowane) miały marginalny wpływ na uzyskany wynik.

## Bibliografia

- American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), 2008. LAS Specification, version 1.2. 1–13. <https://www.asprs.org/divisions-committees/lidar-division/laser-las-file-format-exchange-activities>.
- Bartie P., Reitsma F., Kingham S., Mills S., 2010. Advancing visibility modelling algorithms for urban environments. *Comput. Environ. Urban. Syst.* 34(6), 518–531, <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.06.002>.
- Chakraborty A., Sachdeva K., Joshi P.K., 2016. Mapping long-term land use and land cover change in the central Himalayan region using a tree-based ensemble classification approach. *Appl. Geogr.* 74, 136e150.
- Czyńska K., 2009. Wykorzystanie wirtualnego modelu miasta do badania zasięgu widoczności panoram. *Przestrzeń i Forma* 12, 87–98.
- Czyńska K., 2011. Panorama ze Wzgórza Czwartek w Lublinie – analiza widoczności zabudowy metodą kątów widokowych. *Przestrzeń i Forma* 15, 303–310.
- Felleman J., 1979. Landscape visibility mapping, theory and practice. School of Landscape Architecture, SUNY, College of Environmental Science and Forestry.
- Feng W., Gang W., Deji P., Yuan Y., Liuzhong Y., Hongbo W., 2015. A parallel algorithm for viewshed analysis in three-dimensional. *Digital Earth Comp. Geosci.* 75, 57e65.
- Fisher P.F., 1992. First experiments in viewshed uncertainty: Simulating fuzzy viewsheds. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 58(3), 345e352.
- Foody G.M., 2020. Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. *Remote Sens. Environ.* 239, 111630.
- Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 2022. Ortofotomapa udostępniana jako usługa WMS za pośrednictwem geoportal.gov.pl
- Lake M.W., Woodman P.E., Mithen S.J., 1998. Tailoring GIS software for archeological applications: An example concerning viewshed analysis. *J. Archaeol. Sci.* 25, 27e38.
- Ogburn D.E., 2006. Assessing the level of visibility of cultural objects in past landscapes. *J. Archaeol. Sci.* 33, 405e413.
- Pyka K., Piskorski R., Jasińska A., 2022. LiDAR-based method for analysing landmark visibility to pedestrians in cities: case study in Kraków, Poland. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 36(3), 476–495, <https://doi.org/10.1080/13658816.2021.2015600>

Maciej Wilk<sup>1</sup>, Mateusz Gancarz<sup>1</sup>, Sebastian Jaguszewski<sup>1</sup>,  
Anna Chmielowiec-Korzeniowska<sup>2</sup>, Katarzyna Karpińska<sup>2</sup>,  
Bożena Nowakowicz-Dębek<sup>2</sup>

## **Narażenie na hałas w zawodzeniu nauczyciela wychowania przedszkolnego**

Noise exposure in preschool teacher's work environment

### **Wstęp**

Nauczyciel wychowania przedszkolnego – podobnie jak w wielu innych zawodach – narażony jest na hałas. Hałas, który w powszechnym rozumieniu jest zbiorem niechcianych dźwięków o różnym natężeniu i częstotliwości, może wywierać negatywny wpływ na organizm człowieka, szczególnie układ słuchowy. W myśl Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne, hałas jest to każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub może zwiększać ryzyko wypadku przy pracy [Dz.U. 2005 nr 157, poz. 1318]. Codzienna aktywność w otoczeniu głośno zachowujących się dzieci, dźwięków zabawek oraz innych dźwięków pochodzących z otoczenia może prowadzić do chronicznego narażenia na wysoki poziom hałasu [Lindstrom i in. 2011]. Wpływa to negatywnie nie tylko na fizyczne zdrowie, ale również na stan psychiczny i koncentrację nauczyciela. Długotrwała ekspozycja pracownika na hałas, obojętne w jakim zawodzie, może prowadzić do wystąpienia zmęczenia, stresu oraz problemów ze snem [Stencel i in. 2017, Skorek i in. 2020, Karpińska i in. 2023]. Dodatkowo istnieje realne ryzyko znaczącego uszkodzenia narządu słuchu. Dlatego też konieczne jest podejmowanie działań edukacyjnych mających na celu zwiększenie świadomości nauczycieli i pracowników przedszkoli odnośnie do skutków oddziaływania hałasu na zdrowie i wprowadzenie środków zaradczych, takich jak ograniczanie liczebności grup dzieci, organizacja zajęć ukierunkowanych na ciche zachowanie dzieci, projektowanie akustycznie przystosowanych pomieszczeń, a w ostateczności stosowanie ochrony słuchu.

Celem pracy było określenie narażenia hałasu słyszalnego w sali zajęć w przedszkolu oraz określenie narażenia nauczyciela wychowania przedszkolnego na zagrożenie w odniesieniu do obowiązujących aktów prawnych.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Studenckie Koło Naukowe Zagrożeń Zawodowych i Środowiskowych, maciej\_wilk.99@wp.pl

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

## Material i metody

Obszarem badania była sala zajęć w niepublicznym przedszkolu z terenu województwa mazowieckiego. W trakcie prowadzenia pomiarów w sali znajdowało się 23 dzieci oraz nauczyciel.

W celu określenia narażenia na hałas w miarodajny sposób pomiary zostały wykonane zgodnie z normą PN-EN 01307:1994. Pomiar wykonano sonometrem usytuowanym w okolicy ucha nauczyciela, z uwzględnieniem organizacji dnia pracy i podziału zadań wykonywanych przez uczniów, tj. praca w grupie, obiad, leżakowanie. Poziom hałasu zmierzono trzykrotnie (z powtórzeniem) dla każdej z czynności, dzięki temu uzyskane rezultaty odzwierciedlają rzeczywiste natężenie dźwięku i codzienne ryzyko, na jakie narażony jest badany opiekun. Do badań wykorzystano sonometr firmy Sonopan DLM-102 klasy 2, miernik skalibrowano przed przystąpieniem do pomiaru.



Ryc. 1. Sonometr Sonopan DLM-102 klasy 2 (fot. M. Wilk)

Przy wykonaniu pomiarów uwzględniono następujące parametry:

- $L_{Aeq}$  – poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego, wymiaru czasu pracy lub poziomu ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy,
- $L_{Amax}$  – maksymalnego poziomu dźwięku A,
- $L_{Cmpk}$  – szczytowy poziom dźwięku C.

Obliczenia wykonano według poniższych wzorów:

a) poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \log \left( \frac{T_e}{T_o} \right) [dB]$$

gdzie:

$L_{EX,8h}$  – poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy,  
 $L_{Aeq,Te}$  – równoważny poziom dźwięku A efektywnej długości dnia pracy, w dB,  
 $T_e$  – czas ekspozycji na hałas, w minutach,  
 $T_o$  – przedział czasowy odniesienia,

b) równoważny poziom dźwięku:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 L_{Aeq,Te,n}} \right)$$

gdzie:

$L_{Aeq,Te}$  – równoważny poziom dźwięku A n-tego pomiaru (próbki), w dB,  
 $n$  – liczba pomiarów,

c) szacowanie niepewności:

$$U = k * u(L_{EX,8h}) = 1,65 * u(L_{EX,8h})$$

gdzie:

$U$  – niepewność rozszerzona,  
 $k$  – współczynnik rozszerzenia ( $k = 1,65$ ),  
 $L_{EX,8h}$  – poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy.

## Wyniki i dyskusja

Wyniki pomiarów zostały zamieszczone w tabelach 1–3. Wyniki analizy zostały umieszczone w tabeli 4.

Analizę narażenia wychowawcy w przedszkolu na hałas przeprowadzono w oparciu o obowiązujące normy i akty prawne. Wykazano, że w trakcie nominalnego dnia pracy poziom dźwięku wynosił 80,0 dB. Natomiast niepewność rozszerzona wynosiła 12,2 dB, co wynikało z wykorzystania aparatury klasy 2, pozycji mikrofonu oraz liczby wykonanych pomiarów. Średnie wartości w przypadku trzech serii pomiarów – równoważny poziom dźwięku ( $L_{Aeq}$ ), maksymalny poziom dźwięku ( $L_{Amax}$ ) i szczytowy poziom dźwięku ( $L_{Cmpk}$ ) – dla trzech czynności wynosiły odpowiednio: 78,8 dB, 91,0 dB, 104,4 dB – w trakcie zabawy; 64,4 dB, 82,0 dB, 96,8 dB – podczas obiadu; 51,5 dB, 65,8 dB, 80,3 dB – w czasie leżakowania. Wyniki cząstkowych pomiarów utrzymały się poniżej progu działania hałasu, natomiast analiza w odniesieniu do dnia pracy wykazała przekroczenie progu działania hałasu określonego na poziomie 80 dB.

Tabela 1. Pomiary poziomu dźwięku podczas zabawy, zabaw dydaktycznych [dB]

Pomiar	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>Amax</sub>	L <sub>Cmpk</sub>	Czas [min]
1	79,3	91,6	103,9	5
2	77,9	88,1	106,4	5
3	78,3	90,8	101,7	5
4	78,5	91,0	102,1	5
5	80,1	93,3	107,9	5
6	79,6	91,8	105,4	5
7	79,5	91,8	106,7	5
8	78,9	90,6	103,4	5
9	78,3	90,8	102,1	5
Średnia	78,8	91,0	104,4	–

Tabela 2. Pomiary poziomu dźwięku podczas spożywania obiadu [dB]

Pomiar	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>Amax</sub>	L <sub>Cmpk</sub>	Czas [min]
1	61,1	74,9	94,8	5
2	62,9	88,7	98,7	5
3	59,6	72,2	97,0	5
4	60,0	74,9	93,8	5
5	67,9	88,7	100,7	5
6	70,7	85,7	97,0	5
7	68,7	89,2	96,0	5
8	63,8	77,7	95,4	5
Średnia	64,4	82,0	96,8	–

Tabela 3. Pomiary poziomu dźwięku podczas leżakowania [dB]

Pomiar	$L_{Aeq}$	$L_{Amax}$	$L_{Cmpk}$	Czas [min]
1	50,8	64,8	79,3	5
2	52,5	66,2	81,1	5
3	51,4	65,9	80,7	5
Średnia	51,5	65,8	80,3	–

Tabela 4. Analiza narażenia nauczyciela na hałas i szacowanie niepewności pomiarowej wg ISO 9612

Zmierzone wartości Poziom hałas (dB)		Parametry		(odwołania do normy ISO)		
$L_{p,A,eqT,1}$	79,3	To (h) =	3	$L_{EX,8h} =$	80,0	
$L_{p,A,eqT,2}$	77,9					
$L_{p,A,eqT,3}$	78,3	efektywny czas trwania ( $T_e$ ) dnia pracy (w godzinach)		$L_{p,A,eqTe} =$	75,7	
$L_{p,A,eqT,4}$	78,5					
$L_{p,A,eqT,5}$	80,1	Te = 8		$u_1 =$	10,53	
$L_{p,A,eqT,6}$	79,6			$c_1 * u_1 =$	7,16	
$L_{p,A,eqT,7}$	79,5			niepewność standardowa związana z wyposażeniem pomiarowym (tablica C.5)		złożona niepewność standardowa źródła niepewności
$L_{p,A,eqT,8}$	78,9					
$L_{p,A,eqT,9}$	78,3	$u_2 = 1,5$	1) poziomy hałas			$(c_1 * u_1)^2 = 51,33$
$L_{p,A,eqT,10}$	61,1		2) wyposażenie pomiarowe Q2			$(u_2)^2 = 2,25$
$L_{p,A,eqT,11}$	62,9		3) pozycja mikrofonu Q3	$(u_3)^2 = 1$		
$L_{p,A,eqT,12}$	59,6	niepewność standardowa związana z niedoskonałym wyborem punktu pomiarowego (pozycji pomiarowej)		$u^2(L_{EX,8h}) = 54,58$		
$L_{p,A,eqT,13}$	60			$u(L_{EX,8h}) = 7,4$		
$L_{p,A,eqT,14}$	67,9			$U(L_{EX,8h}) = 1,65 * u(L_{EX,8h}) = 12,2$		
$L_{p,A,eqT,15}$	70,7					
$L_{p,A,eqT,16}$	68,7					
$L_{p,A,eqT,17}$	63,8					
$L_{p,A,eqT,18}$	50,8	$u_3 = 1$				
$L_{p,A,eqT,19}$	52,5					
$L_{p,A,eqT,20}$	51,4					
Liczba zmierzonych wartości N = 20				dzienny poziom ekspozycji na hałas 80,0		
				niepewność rozszerzona 12,2		

Problematyka hałasu w szkołach jest przedmiotem badań licznych autorów. Dla wielu nauczycieli hałas jest najbardziej stresogennym czynnikiem. Przeciętny poziom hałasu w szkołach i przedszkolach zamyka się pomiędzy 75 a 85 dB [Korczyński 2018, Sacharok 2020]. Takie warunki pracy, szczególnie dla młodych pedagogów, mogą oddziaływać nie tylko negatywnie na narząd słuchu. Wraz ze wzrostem hałasu generowanego przez grupę dzieci nauczyciele zaczynają mówić głośniejszym głosem, co wpływa na przeciążenie fałdów głosowych i w konsekwencji na ich uszkodzenie [Rzepa 2010]. W następstwie tego dzieci również podnoszą głos, wprowadza to u nich nawyk głośnego mówienia sprzyjający rozwojowi dysfonii dziecięcej, czynnościowych zaburzeń głosu w wieku rozwojowym, co wskazuje w swoich badaniach Korczyński [2018]. Podobne wnioski wysuwają naukowcy z zagranicznych ośrodków, którzy wykazali, że równoważny poziom dźwięku odniesiony do 8-godzinnej pracy dla nauczyciela wychowania przedszkolnego wynosił 85 dB [Sjödín 2012, Hygge i in. 2013]. Autor wskazuje, że w wielu krajach europejskich jest to granica szkodliwego oddziaływania hałasu, tzw. najwyższe dopuszczalne natężenie (NDN), podobnie jest w Polsce. W kolejnych badaniach sytuacja wyglądała znacznie lepiej, poziom dźwięku utrzymywał się w przedziale 64–80 dB. Narażenie pracowników na hałas w przedszkolach stanowi zagrożenie dla ich zdrowia i jest to związane ze specyfiką wykonywanej pracy, a głównym źródłem hałasu w przedszkolu jest aktywność dzieci wywołana silnymi emocjami, jakie towarzyszą im w trakcie przebywania w przedszkolu. Sjödín [2012] wskazuje, że hałas w przedszkolu jest specyficzny, charakteryzuje się wysokim poziomem wahań natężenia i częstotliwości.

### Podsumowanie

Porównując otrzymane wyniki do wartości dopuszczalnych, możemy zauważyć, że dźwięk towarzyszący pracy nauczyciela wychowania przedszkolnego ma charakter zmienny. Poziom ekspozycji nauczyciela w trakcie nominalnego dnia pracy wynosił 80,0 dB, przy niepewności pomiaru 12,2 dB. Najwyższe dopuszczalne natężenie dźwięku określone na poziomie 85 dB nie zostało przekroczone. Zauważyć jednak należy, że uzyskany wynik pomiaru dźwięku jest równy progowi działania hałasu. W związku z powyższym można uznać, że analizowane środowisko pracy stanowi problem dla bezpieczeństwa zdrowotnego wychowawcy przedszkolnego. Zaleca się zatem przeprowadzenie kolejnych badań, aby określić skuteczne środki profilaktyczne dobrane odpowiednio do specyfiki tej pracy.

### Bibliografia

- Hygge S., Kjellberg A., Landström U., 2013. Disturbing noise in working life. Höskolan i Gävle, Sweden.
- Karpińska K., Jaguszewski S., Wlazło Ł., Sasáková N., Ossowski M., Wnuk W., Nowakowicz-Dębek B., 2023. Poziom narażenia na hałas związany z cyklinowaniem podłóg w trakcie nominalnego dnia pracy. *J. Anim. Sci.* 39(2), 5–11.
- Korczyński S., 2018. The level of stress and stress factors in the work of the kindergarten teacher. *Probl. Opiek.-Wych.* 568, 32–51. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.8297>



- Lindstrom F., Wayne K.P., Södersten M., McAllister A., Ternström S., 2011. Observations of the relationship between noise exposure and preschool teacher voice usage in day-care center environments. *J. Voice*. 25(2), 166–172.
- Polska Norma PN-N-01307:1994. Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. 2005 nr 157, poz. 1318).
- Rzepa M., 2010. Choroby zawodowe narządu głosu wśród nauczycieli. *Naucz. Szkoła* 3(48), 141–153.
- Sacharok G.F., 2020. Examining the impact of high-stakes testing accountability evaluations on subject-area teachers serving grades 3 to 8 in Pennsylvania (Doctoral dissertation, Cabrini University).
- Sjödín F., 2012. Noise in the preschool: health and preventive measures (Doctoral dissertation, Umeå universitet). Sweden.
- Skorek E.M., Famuła-Jurczak A., Hryniewicz G., 2020. Zawodowe uwarunkowania zaburzeń głosu u nauczycieli szkół podstawowych – wybrane zagadnienia. W: L. Kataryńczuk-Mania (red. nauk.), *Emisja głosu*, Zielona Góra, 195–221.
- Stencel P., Cybulski M., Łobaczuk-Sitnik A., Krajewska-Kułak E., 2017. Zawodowe zaburzenia głosu wśród nauczycieli. *Wybrane choroby cywilizacyjne XXI wieku*, Białystok, 126–141.

## Stan poznania fauny pszczoł (Hymenoptera: Apoidea) w Polsce

State of knowledge of the bee fauna (Hymenoptera: Apoidea) in Poland

### Wstęp

Pszczoły to niezwykła grupa zwierząt, która odpowiada za zapylenie 80% światowej flory. Ich rola jest nieoceniona zarówno dla środowiska przyrodniczego, jak i człowieka [Banaszak 1993]. Pracę pszczoł jako zapyłaczy wyceniono na 153 mld euro na świecie, natomiast w Polsce, gdzie 79% roślin wymaga zapylenia przez owady, ich pracę wyceniono na 1,2 mld złotych [Majewski 2011]. Od najdawniejszych czasów pszczoły cieszyły się zainteresowaniem badaczy. Do chwili obecnej powstała ogromna liczba prac dotyczących pszczoł. Od 1780 r. ok. 70 autorów opublikowało swoje prace składające się na obraz fauny pszczoł Polski [Banaszak 1991]. Szacuje się, że obecnie na świecie występuje ok. 20 tys. gatunków pszczoł [Michener 1965], choć niektórzy autorzy twierdzą, że może ich być znacznie więcej. Na terenie Polski stwierdzono występowanie 454 gatunków należących do 7 rodzin i 50 rodzajów [Banaszak 1993]. Należy podkreślić, że 220 gatunków pszczoł (48,4%) jest wpisanych na „Czerwoną listę zwierząt ginących w Polsce”, co wynika z oddziaływania czynników zarówno niezależnych od człowieka (sukcesja naturalna), jak i zależnych (intensywne rolnictwo, przemysł) [Banaszak-Cibicka 2006].

Celem niniejszej pracy było poznanie stanu badań nad fauną pszczoł w Polsce na podstawie analizy piśmiennictwa z uwzględnieniem miejsca i czasu prowadzonych badań oraz typu siedliska. Praca ta jest próbą uaktualnienia stanu poznania fauny pszczoł w Polsce, przedstawionego ponad 40 lat temu przez Banaszaka [1981].

### Materiał i metody badań

Jako metodę przyjęto przegląd źródeł (artykułów naukowych oraz materiałów udostępnianych przez stowarzyszenia i instytuty badawcze) ogólnie dostępnych w wersji elektronicznej za pośrednictwem wyszukiwarek internetowych. Przeanalizowano 81 źródeł literaturowych z lat 1830–2020, co pozwoliło stworzyć mapę odzwierciedlającą stan poznania apifauny w poszczególnych rejonach Polski, korzystając z programu QGIS (Open Street Map, granice województw pobrane z [geoportal.gov.pl](http://geoportal.gov.pl)). Do oceny stanu

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, [kamil\\_w23@wp.pl](mailto:kamil_w23@wp.pl)

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Zakład Entomologii

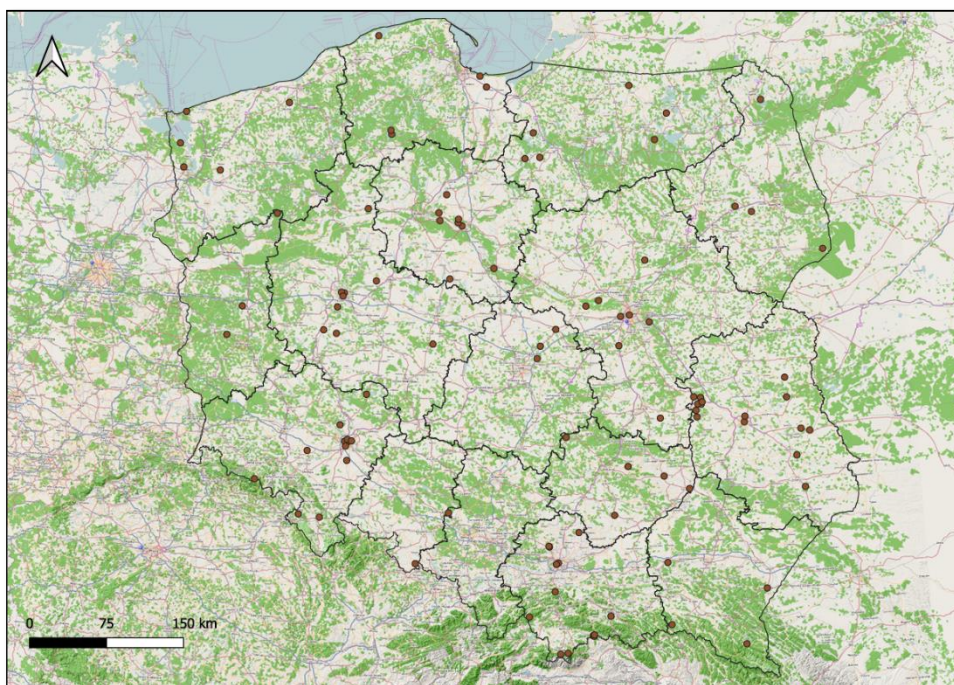
<sup>3</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Ochrony Roślin

poznania fauny pszczół przyjęto liczbę badań faunistycznych prowadzonych w danym województwie. Przyjęto następującą autorską skalę:  $\geq 10$  – dobry stan poznania, 9–5 – średni,  $\leq 4$  – słaby.

W niniejszej pracy zaproponowano podział siedlisk, w których notowano obecność pszczół, na: antropogeniczne, miejskie, naturalne leśne oraz naturalne nieleśne. Do siedlisk antropogenicznych (przekształconych przez człowieka) zaliczono: łąki kośne, przydroża, zadrzewienia, uprawy i obszary wsi. Miasto, pomimo przynależności do środowiska antropogenicznego, zostało wydzielone jako osobne siedlisko ze względu na jego całkowicie odmienny charakter i znaczny stopień zurbanizowania. Do siedlisk naturalnych nieleśnych włączono łąki i murawy kserotermiczne, natomiast do siedlisk naturalnych leśnych – różne ekosystemy leśne.

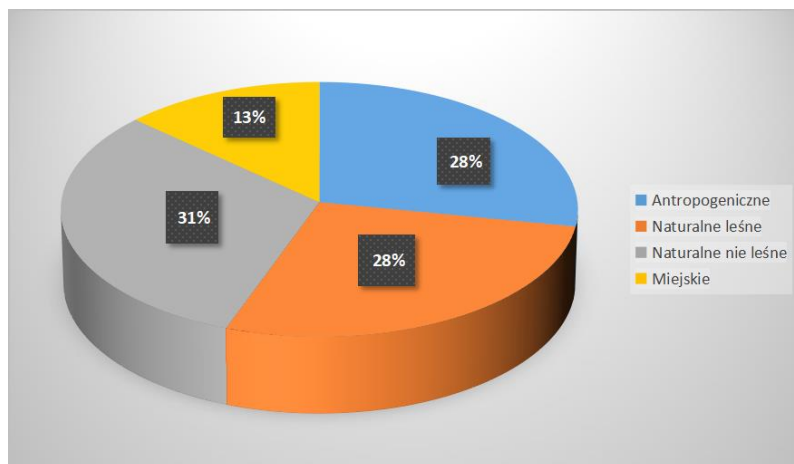
### Wyniki analizy

Analiza piśmiennictwa wykazała, że do najlepiej poznanych pod kątem występowania apifauny należą: województwo lubelskie (15 badań), małopolskie (14), dolnośląskie (12) i mazowieckie (10) – rycina 1. W stopniu średnim: wielkopolskie (9), kujawsko-pomorskie (9), pomorskie (9), warmińsko-mazurskie (7), łódzkie (6), zachodniopomorskie (5), podlaskie (5) i świętokrzyskie (5), natomiast do najsłabiej zbadanych województw należy podkarpackie (4), śląskie (3), lubuskie (3) i opolskie (2).



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk, w których prowadzono badania nad apifauną w Polsce w latach 1830–2020

Analiza dostępnych artykułów naukowych wykazała, że najwięcej badań prowadzono w siedliskach naturalnych nieleśnych (31% publikacji), a najmniej w środowisku miejskim (13% publikacji) – rycina 2. Stwierdzono, że 43% analizowanych badań było prowadzonych na terenach ochrony przyrody (parki krajobrazowe, parki narodowe i rezerwy przyrody). Samym trzmielom (*Bombus* spp.) poświęcono 34% prac i dotyczyły one oceny naturalnych zasobów tych owadów i możliwości ich wykorzystania w zapyłaniu upraw.



Ryc. 2. Udział poszczególnych typów siedlisk, w których prowadzono badania apifauny w latach 1830–2020

Szczegółowe informacje dotyczące badań na temat apifauny w poszczególnych województwach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane dotyczące badań nad występowaniem pszczół na terenie Polski

Województwo	Badane siedliska (liczba lokalizacji)	Liczba prac dotycząca trzmieli	Liczba publikacji dotycząca apifauny obszarów chronionych	Piśmiennictwo
Lubelskie	antropogeniczne (12) naturalne nieleśne (8) leśne (6) urbicenozy (4)	5	3 (Kazimierski Park Krajobrazowy, Poleski Park Narodowy)	Noskiewicz 1959, Ruszkowski i in. 1988, 1993, 1997, 1998, Anasiewicz 1971, 1975, Anasiewicz i in. 1992, Banaszak i Piotrowski 2005, Borański i in. 2017, Borański 2019
Małopolskie	naturalne nieleśne (12) leśne (10) antropogeniczne (4) urbicenozy (1)	2	8 (Pieniński, Tatrański, Babogórski i Ojcowski Park Narodowy)	Dylewska 1958, 1962, 1965, 1966, 1988, 1990a, 1990b, Dylewska i Kozik 2007, Wierzejski 1868, Werstak i Dylewska 2005, Noskiewicz 1920, 1959, Ruszkowski i in. 1989a, 1998

Dolnośląskie	naturalne nieleśne (8) leśne (6) urbicenozy (6) antropogeniczne (5)	5	1 (Park Narodowy Gór Stołowych)	Schummel 1830, Schilling 1849, Noskiewicz 1959, Biliński i Ruszkowski 1990d, Pawlikowski 1992, Ruszkowski i in. 1998, Gabrys i in. 2003, Michołał 2013, 2016, Sikora i in. 2018
Mazowieckie	leśne (4) naturalne nieleśne (4) antropogeniczne (7) urbicenozy (3)	4	3 (Kampinoski Park Narodowy, rezerваты przyrody w okolicach Warszawy)	Drogoszewski 1932, Noskiewicz 1959, Banaszak 1982a, 1990, Banaszak i Plewska 1981, Sowa i in. 1989, 1990a, Ruszkowski i in. 1989b, 1998, Szczepko i in. 2002
Wielkopolskie	antropogeniczne (7) urbicenozy (2) leśne (3) naturalne nieleśne (3)	3	2 (Wielkopolski Park Narodowy oraz Lednicki Park Krajobrazowy)	Banaszak 1976, 1982b, 1994, 1996, Cierzniak 1991, 1999, Sowa i in. 1991a, Biliński i Ruszkowski 1991
Kujawsko-pomorskie	antropogeniczne (5) naturalne nieleśne (5) urbicenozy (4)	3	3 (Las Piwnicki, Zbocza Płutowskie i Nadgoplański Park Tysiąclecia)	Drogoszewski 1932, Sowa i in. 1991a, Banaszak 1980, 1982b, Banaszak i Sobieraj-Betlińska 2016, Pawlikowski 1991, Pawlikowski i Kowalewska 1998, Pawlikowski i Kruszyński 1997, Pawlikowski i Olędzka 1996
Pomorskie	antropogeniczne (5) naturalne nieleśne (5) urbicenozy (1)	4	4 (Zaborski Park Krajobrazowy, Słowiński Park Narodowy, Park Narodowy Borów Tucholskich)	Brischke 1888, Alfken 1913, Banaszak 1980, Banaszak i Wędzonka 2002, Biliński i in. 1990b, Sowa i in. 1990b, Ruszkowski i in. 1998, Pawlikowski i Hirsch 2000, Kriger i Cierzniak 2006
Warmińsko-mazurskie	antropogeniczne (6) naturalne nieleśne (5) urbicenozy (1)	3	1 (Park Krajobrazowy Pojezierza Iławskiego)	Brischke 1888, Alfken 1912, Sowa i in. 1990b, 1991b, Ruszkowski i in. 1998, Oleksa i in. 2004, Banaszak i Szefer 2013
Łódzkie	antropogeniczne (6) naturalne nieleśne (3) urbicenozy (2)	4	1 (Park Krajobrazowy Wzniesień Łódzkich)	Drogoszewski 1932, Ruszkowski i in. 1989b, Sowa i in. 1989, Biliński i Ruszkowski 1991, Kowalczyk i Kurzac 2008

cd. tab. 1

Zachodniopomorskie	antropogeniczne (4) naturalne nieleśne (3) urbicenozy (1)	3	1 (Woliński Park Narodowy)	Blüthgen 1919, Honzarenko 1965, Banaszak 1973, Biliński i in. 1990b, Ruszkowski i in. 1998
Podlaskie	leśne (3) naturalne nieleśne (2) antropogeniczne (2)	2	3 (Narwiński, Wigierski i Białowiecki Park Narodowy)	Sowa i in. 1990a, 1991b, Krzysztofiak 2001, Banaszak 2006, Banaszak i Jaroszewicz 2009b
Świętokrzyskie	antropogeniczne (4) naturalne nieleśne (4) leśne (3) urbicenozy (2)	1	2 (Świętokrzyski Park Narodowy, rezerwat Góry Pieprzowe)	Drogoszewski 1932, Noskiewicz 1959, Ruszkowski i in. 1989b, Bąk 2007
Podkarpackie	naturalne nieleśne (3) leśne (2) antropogeniczne (2)	2	2 (Magurski i Bieszczadzki Park Narodowy)	Noskiewicz 1959, Ruszkowski i in. 1989a, Kosior i in. 2001, Wiśniowski 2002
Śląskie	antropogeniczne (3)	3	–	Ruszkowski 1989a, 1989b, Biliński i in. 1990a
Lubuskie	naturalne nieleśne (2) antropogeniczne (1)	2	1 (Drawieński Park Narodowy)	Biliński i in. 1990c, Banaszak i in. 2009a, Dubicka i Czechowski 2020
Opolskie	naturalne nieleśne (1) antropogeniczne (1)	1	1 (Rezerwat Góra Gipsowa)	Biliński i in. 1990a, Twerd i Banaszak 2013

### Podsumowanie

Stan badań dotyczących fauny pszczół na terenie Polski można uznać za niewystarczający i nierównomierny. Z 81 analizowanych publikacji za aktualne można uznać 62, starsze natomiast (sprzed 50 lat) według jednego z najbardziej zasłużonych naukowców badających apifaunę w Polsce w warunkach szybko zmieniających się środowisk wymagają uaktualnienia [Banaszak i Plewska 1981]. Jak wykazała analiza piśmiennictwa, poszczególne województwa są poznane w różnym stopniu, w niektórych regionach, takich jak Małopolska czy Dolny Śląsk, prawie połowa publikacji jest nieaktualna. Kolejnym ważnym aspektem w poznaniu fauny pszczół w Polsce jest liczba badań w obrębie wyłącznie rodzaju *Bombus*. W większości województw prawie połowa badań traktowała o trzmielach, a w przypadku województwa śląskiego wszystkie prace dotyczyły wyłącznie tych owadów. Pozytywnym aspektem jest poznanie różnych typów siedlisk (z wyłączeniem środowisk miejskich) w równym stopniu. Warto też zauważyć, że parki narodowe (uważane za utrzymywane w najbardziej naturalnym stanie) są zbadane w bardzo zadowalającym stopniu. Z 23 parków tylko w 5 (Biebrzański, Gorczański, Karkonoski, Roztoczański, Ujście Warty) nie prowadzono badań faunistycznych. Co więcej, w niektórych parkach badania powtarzano, co pozwala na obserwowanie zmienności populacji apifauny tych terenów. Taka sytuacja ma miejsce w odniesieniu do parków, tj. Tatrzańskie, Pienińskiego, Ojcowskiego, Kampinoskiego i Borów Tucholskich.

Przeprowadzona analiza wnosi wkład w wiedzę na temat stanu poznania pszczół w poszczególnych województwach na terenie Polski i może stanowić punkt odniesienia dla przyszłych badań mających na celu uzupełnienie informacji o występowaniu pszczół w Polsce. Należy również podkreślić, że badania fauny pszczół na poziomie lokalnym i regionalnym mogą stać się podstawą do ich ochrony.

## Bibliografia



- Alfken J.D., 1912. Die Bienenfauna von Westpreussen. Ber. Westpr. Bot. Zool. Ver. 34, 1–96.
- Alfken J.D., 1913. Die Bienenfauna von Ostpreussen. Schr. Phys. Okon. Ges. 53, 114–182.
- Anasiewicz A., Ruszkowski A., Kosior A., Sowa S., Biliński M., Kaczmarek K., 1992. Trzmielce województwa Chełmskiego i Bielsko-Podlaskiego. Pszczel. Zesz. Nauk. 36, 115–124.
- Anasiewicz A., 1971. Observations of the bumble-bees in Lublin. Ekol. Pol. 19(28), 41–417.
- Anasiewicz A., 1975. The bees (Apoidea, Hymenoptera) on alfalfa (*Medicago media* Pers.) plantations. Ekol. Pol. 23(1), 147–162.
- Banaszak J., Kriger R., Cierznia T., 2009a. Bees (Hymenoptera: Apoidea, Apiformes) of the Drawa National Park. Pol. Pismo Entom. 78, 135–156.
- Banaszak J., Jaroszewicz J., 2009b. Bees of the Białowieża National Park and adjacent areas, NE Poland (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes). Pol. Pismo Entomol. 78, 281–313.
- Banaszak J., Piotrowski W., 2005. Dwa bardzo rzadkie gatunki pszczół w Polsce: *Xylocopa valga* GERSTAECKER i *Xylocopa violacea* (L.) w Poleskim Parku Narodowym. Wiad. Entomol. 24(2), 77–80.
- Banaszak J., Plewska T., 1981. Apoidea (Hymenoptera) Kampinoskiego Parku Narodowego. Fragm. Faunist. 25(24), 435–452.
- Banaszak J., Sobieraj-Betlińska A., 2016. Bees (Hymenoptera: Apoidea, Apiformes) of the Kujawy Lakeland (central Poland). Fragm. Faunist. 59(1), 7–27.
- Banaszak J., Szefer P., 2013. Pszczoły (Hymenoptera: Apoidea) Równiny Sępolskiej. Cz. 1. Różnorodność gatunkowa. Wiad. Entomol. 32(3), 185–201.
- Banaszak J., Wędzonka J., 2002. Bees (Hymenoptera: Apoidea) of the Bory Tucholskie National Park (NW Poland). Pol. Pismo Entomol. 71, 327–350.
- Banaszak J., 1973. Pszczołowate (Apoidea) Wolińskiego Parku Narodowego. Bad. Fizj. Nad Pol. Zach. Ser. B 26, 79–88.
- Banaszak J., 1976. Pszczoły (Hymenoptera: Apoidea) Ogrodu Botanicznego w Poznaniu. Bad. Fizj. Nad Pol. Zach. 29, 71–85.
- Banaszak J., 1980. Pszczoły (Apoidea, Hymenoptera) siedlisk kserotermicznych rejonu dolnej Wiśły. Fragm. Faunist. 25(19), 335–360.
- Banaszak J., 1981. Stan badań nad fauną pszczół (Hymenoptera, Apoidea) w Polsce. Wiad. Entomol. 2(1–2), 45–50.
- Banaszak J., 1982a. Apoidea (Hymenoptera) of Warsaw and Mazovia. Memor. Zool. 36, 129–142.
- Banaszak J., 1982b. Pszczoły (Apoidea, Hymenoptera) Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej. Fragm. Faunist. 27(7), 75–92.
- Banaszak J., 1990. Pszczoły (Apoidea) grądów i dąbrów świetlistych Niziny Mazowieckiej. Stud. Przyr. 8(13), 23–36.
- Banaszak J., 1991. A checklist of the bee-species (Apoidea) of Poland with remarks to their taxonomy and zoogeography. Act. Univer. Lodzi. Fool. Zool. 7, 15–66.
- Banaszak J., 1993. Ekologia pszczół. PWN. Poznań.
- Banaszak J., 1994. Zgrupowania pszczół w parkach wiejskich (Hymenoptera, Apoidea). Stud. Przyr. 11, 65–75.
- Banaszak J., 1996. Wstępne wyniki badań nad zasobami naturalnymi owadów zapylających w Lednickim Parku Krajobrazowym. Stud. Led. 4, 495–498.

- Banaszak J., 2006. Bees (Hymenoptera: Apiformes) in the Narew National Park. *Pol. Pismo Entomol.* 75, 511–537.
- Banaszak-Cibicka W., 2006. Zagrożenia i ochrona prawna wybranych gatunków dziko żyjących pszczoł (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *Wiad. Entomol.*, 25(2), 17–20.
- Bąk J., 2007. Pszczoły (Hymenoptera: Apoidea) Świętokrzyskiego Parku Narodowego – wstępne wyniki badań. XIV Symp. Sek. Hymen. Pol. Tow. Entom. Stresz. 5.
- Biliński M., Ruszkowski A., Kosior A., 1990a. Trzmielie Śląska Górnego i Opolskiego. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 34, 93–100.
- Biliński M., Ruszkowski A., Kaczmarska K., Sowa S., 1990b. Trzmielie Zachodniego Pomorza. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 34, 63–72.
- Biliński M., Ruszkowski A., Kaczmarska K., 1990c. Trzmielie Ziemi Lubuskiej. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 34, 57–62.
- Biliński M., Ruszkowski A., 1990d. Trzmielie Dolnego Śląska. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 34, 101–114.
- Biliński M., Ruszkowski A., 1991. Trzmielie Wielkopolski. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 35, 127–138.
- Blüthgen P., 1919. Die Bienenfauna Pommerens. *Stett. Entomol. Ztg.*, 80, 65–131.
- Borański M., Kołtowski Z., Teper D., Jemioła R., Kołtowska E., 2017. Występowanie Apoidea na terenach intensywnych upraw rolniczych. Instytut Ogrodnictwa, Zakład Pszczelnictwa w Puławach, [https://www.inhort.pl/files/program\\_wieloletni/PW\\_2015\\_2020\\_IO/spr\\_2017/4.2\\_2017\\_Wystepowanie\\_Poster.pdf](https://www.inhort.pl/files/program_wieloletni/PW_2015_2020_IO/spr_2017/4.2_2017_Wystepowanie_Poster.pdf) [dostęp: 17.03.2024].
- Borański M., 2019. Wild bees of the proposed nature reserve „Skarpa Wiślana” in Męcierz (Kazimierski Landscape Park). *Act. Zool. Cracov.* 62(2), 21–39.
- Brischke C.G.A., 1888. Hymenoptera Aculeata der Provinzen West- und Ost-Preussen. *Schr. Naturf. Ges. Danzig, N. F.* 1, 85–107.
- Cierzniak T., 1991. Wstępna ocena zgrupowań pszczoł (Hymenoptera, Apoidea) w dwóch typach krajobrazu rolniczego. *Wiad. Entomol.* 10(3), 169–175.
- Cierzniak T., 1999. Zmiany w strukturze zgrupowań pszczoł (Apoidea) środowisk leśnych wywołane urbanizacją na przykładzie Wielkopolskiego Parku Narodowego. *Stud. Przyr.* 14(11), 87–106.
- Drogoszewski K., 1932. Wykaz żądłówek zebranych w Polsce Środkowej. *Pol. Pismo Entomol.* 11, 113–118.
- Dubicka A., Czechowski P., 2020. Trzmielowate (Hymenoptera: Apidae: Bombini) województwa Lubuskiego: wyniki obserwacji z lat 2016–2020. *Przeg. Przyr.* 31(4), 24–43.
- Dylewska M., Kozik B., 2007. Pszczoły (Anthophila, Apoidea) Dolin Dunajca i Popradu. XIV Symp. Sek. Hymen. Pol. Tow. Entom. Stresz. 6–8.
- Dylewska M., 1958. The *Bombus* Latr. And *Psithyrus* Lep. Fauna of the Polish part of Tatra Mountains. *Act. Zool. Cracov.* 3(5), 137–197.
- Dylewska M., 1962. The Apoidea of the Pieniny National Park. Part 1. Megachilidae and Apoidea. *Act. Zool. Cracov.* 7(14), 432–481.
- Dylewska M., 1965. Fauna kserotermiczna. Pienin. *Przeg. Zool.* 9(2), 160–168.
- Dylewska M., 1966. The Apoidea of the Babia Góra Mountains. *Act. Zool. Cracov.* 11(5), 111–175.
- Dylewska M., 1988. Apoidea of the Ojców National Park. Part 1. Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae, Anthophoridae. *Act. Zool. Cracov.* 30, 19–72.
- Dylewska M., 1990a. Badania nad zmianami fauny pszczoł (Apoidea) w Ojcowskim Parku Narodowym. *Prądnik: Prac. Muz. Szafera.* 2, 107–110.
- Dylewska M., 1990b. Pszczoły (Apoidea) Ojcowskiego Parku Narodowego. *Prądnik: Prac. Muz. Szafera.* 1, 101–104.
- Gabryś B., Celary W., Sobota G., 2003. Apoidea (Hymenoptera) caught in yellow traps during spring and summer in agricultural landscape near Wrocław (Lower Silesia, Poland). *Fragm. Faunist.* 46(2), 171–181.
- Honczarenko J., 1965. Trzmielie (*Bombus* Latr.) zapylające koniczynę czerwoną (*Trifolium pratense* L.) w okolicach Szczecina. *PWRiL, Warszawa.*



- Kosior A., Król W., Płonka P., 2001. Trzmielowate (Bombini, Apoidea) Magurskiego Parku Narodowego i jego otuliny. *Park. Nar. Rezer. Przynr.* 20(1), 39–54.
- Kowalczyk J.K., Kurzac T., 2008. Trzmielce i trzmielce (Hymenoptera, Apidae: *Bombus* Latr., *Psythirus* Lep.) Parku Krajobrazowego Wzniesień Łódzkich. *Chroń. Przynr. Ojcz.* 64(3), 43–56.
- Kruger R., Cierznia T., 2006. Zmiany sukcesyjne zgrupowań pszczół (Apiformes) w borach *Leucobryo-Pinetum* w Parku Narodowym Bory Tucholskie. W: J. Banaszak, K. Tobolski (red.), *Park Narodowy Bory Tucholskie u progu nowej dekady*. WUKW, Bydgoszcz, 246–267.
- Krzysztofiak A., 2001. Struktura zgrupowań pszczół (Apoidea, Hymenoptera) w różnowiekowych drzewostanach świerkowo-sosnowych Wigierskiego Parku Narodowego. *Stud. Przynr.* 15, 113–215.
- Majewski J., 2011. Wartość zapyłania roślin uprawnych w Polsce. *Prace Nauk. Uniwer. Ekonom. Wroc.* 166, 426–435.
- Michener C.D., 1965. A classification of the bees of the Australia and South Pacific Regions. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 130, 1–400.
- Michoła P., 2013. Ogród roślin leczniczych Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu jako siedlisko występowania pszczół (Apoidea) objętych ochroną prawną. W: A. Sikora, P. Michoła, M. Kadej, M. Sikora, D. Tarnawski, *Pszczoly w mieście. Trzmielce Wrocławia*. SniC, Wrocław, 51–56.
- Michoła P., 2016. Trzmielce (Hymenoptera: Apoidea: Bombini) i ich rośliny pokarmowe w Parku Narodowym Gór Stołowych. W: C. Kabała (red.), 2018. *Góry Stołowe: Przyroda i ludzie*. PNGS, Kudowa-Zdrój, 197–212.
- Noskiewicz J., 1920. Przyczynek do znajomości fauny żądłówek Tatr Polskich. *Kosmos* 45, 145–162.
- Noskiewicz J., 1959. Nowe dla fauny Polski gatunki błonkówek (Hymenoptera) i muchówek (Diptera) i nowe stanowiska gatunków rzadko obserwowanych. *Pol. Pismo Entomol.* 29(14), 201–214.
- Oleksi A., Oleksi A., Faleńczyk K., 2004. Wstępne wyniki badań nad pszczołami (Apoidea) Parku Krajobrazowego Pojezierza Iławskiego. *Wiad. Entomol.* 23 Supl. 2, 179–180.
- Pawlikowski T., Hirsch J., 2000. Struktura zespołów trzmieli (Apoidea: *Bombus* Latr.) środkowego obszaru wybrzeża Bałtyku w Polsce. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Ochr. Przynr. „Salamandra”* 4, 103–111.
- Pawlikowski T., Kowalewska B., 1998. Atrakcyjność środowisk krawędziowych dla pszczół (Hymenoptera: Apoidea) na Zboczach Płutowskich koło Chełmna. *Wiadom. Entomol.* 16(3–4), 165–176.
- Pawlikowski T., Kruszyński T., 1997. Aktywność pszczół (Hymenoptera, Apoidea) w odwiedzaniu kwiatów na obszarach leśnych w Kotlinie Toruńskiej. *Act. Univer. Nico. Coperni.* 53, 97–106.
- Pawlikowski T., Ołędzka I., 1996. Atrakcyjność środowisk miejskich dla trzmieli (Hymenoptera, Apoidea) na obszarze Torunia. *Wiadom. Entomol.* 15(2), 97–103.
- Pawlikowski T., 1991. Struktura zespołów trzmieli (Hymenoptera, Apoidea, *Bombus* Latr.) w środowiskach antropogenicznych różnych typów. *Wiadom. Entomol.* 10(2), 105–111.
- Pawlikowski T., 1992. Materiały do studiów nad strukturą zespołów żądłówek (Hymenoptera, Aculeata) Polski. 1. Trzmielce (Apoidea, *Bombus* Latr.) wschodnich Karkonoszy. *Wiadom. Entomol.* 11(4), 207–212.
- Ruszkowski A., Biliński M., Kaczmarska K., 1988. Występowanie trzmieli w chronionych i niechronionych środowiskach okolic Kazimierskiego Parku Krajobrazowego. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 32, 135–168.
- Ruszkowski A., Kosior A., Biliński M., Kaczmarska K., 1989a. Trzmielce Południowej Polski. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 33, 55–76.
- Ruszkowski A., Biliński M., Kosior A., Bąk J., Kaczmarska K., 1989b. Trzmielce Wyżyny Małopolskiej. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 33, 33–54.
- Ruszkowski A., Gosek J., Biliński M., Kaczmarska K., Wojdaszka J., 1993. Wpływ lasu i rzeki na zagęszczenie i skład gatunkowy trzmieli (*Bombus* Latr.). *Pszczel. Zesz. Nauk.* 3, 197–207.

- Ruszkowski A., Biliński M., Gosek J., Kosior A., Kaczmarska K., Kuna K., Wojdaszak J., 1997. Pszczoły (Hymenoptera, Apoidea) okolic Puław i niektórych innych rejonów. 1. Lepiarkowate (Colletidae). *Pszczel. Zesz. Nauk.* 41, 77–89.
- Ruszkowski A., Biliński M., Gosek J., Kaczmarska K., 1998. Ocena składu gatunkowego trzmieli (*Bombus* Latr.) w różnych miejscowościach metodą porównania ze składem wzorcowym. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 42, 355–369.
- Schilling S., 1849. Die einsam lebenden Bienen Schlesiens. *Ubers. Arb. Verand. Schles. Ges. Vaterld. Cult.* 1848, 99–104.
- Schummel T.E., 1830. Zwitter von *Coelioxys conica*, gefangen bei Breslau. *Ubers. Arb. Verand. Schles. Ges. Vaterld. Cult.* 1829, 54.
- Sikora A., Michołąp P., Kadej M., Sikora M., Tarnawski D., 2018. Pszczoły w mieście. Trzmielie Wrocławia. SniC, Wrocław.
- Sowa S., Ruszkowski A., Dylewska M., Kosior A., Biliński M., Zadura M., 1989. Trzmielie Mazowska. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 33, 19–31.
- Sowa S., Dylewska M., Ruszkowski A., Biliński M., 1990a. Trzmielie Podlasia i Kurpiów. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 34, 85–92.
- Sowa S., Dylewska M., Ruszkowski A., Biliński M., Kaczmarska K., Wojdaszak J., 1990b. Trzmielie Wschodniego Pomorza. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 34, 73–83.
- Sowa S., Dylewska M., Biliński M., Ruszkowski A., 1991a. Trzmielie Bydgoskiego, Pilskiego, Toruńskiego i Włocławskiego. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 35, 113–125.
- Sowa S., Dylewska M., Ruszkowski A., 1991b. Trzmielie Pojezierza Mazurskiego. *Pszczel. Zesz. Nauk.* 35, 103–111.
- Szczepko K., Pawlikowski T., Kowalczyk J.K., 2002. Apoidea (Hymenoptera) in habitats of former agriculture area in a renaturization stage of Kampinos National Park (Poland). *Fragm. Faunist.* 45(2), 121–122.
- Twerd L., Banaszak J., 2013. Problemy ochrony fauny termokserofilnej pszczół (Hymenoptera: Apoidea, Apiformes) na przykładzie rezerwatu „Góra Gipsowa”. *Inży. Ekol.* 33, 156–163.
- Werstak K., Dylewska M., 2005. Apiformes (Hymenoptera, Apoidea) zebrane w koronach drzew Pienińskiego Parku Narodowego. XII Symp. Sek. Hymen. Pol. Tow. Entom. Stresz. 17–18.
- Wierzejcki A., 1868. Przyczynek do fauny błonkówek (Hymenoptera). *Spraw. Kom. Fizjo.* 2, 108–120.
- Wiśniowski B., 2002. Błonkówki (Hymenoptera) Polskich Bieszczadów ze szczególnym uwzględnieniem Bieszczadzkiego Parku Narodowego. *Mono. Bieszcz.* 8, 145–187.

Nikola Zgierska<sup>1</sup>, Martyna Cenian<sup>1</sup>, Natalia Misiewicz<sup>1</sup>, Anna Pecyna<sup>1</sup>,  
Agnieszka Buczaj<sup>2</sup>, Agnieszka Lemke-Krasucka<sup>1</sup>

## Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku magazyniera w wybranym zakładzie produkcyjnym

Occupational risk assessment for the position of a warehouseman  
in a selected production plant

### Wstęp

W dzisiejszych czasach składowanie i magazynowanie to istotny aspekt dobrze funkcjonującej gospodarki. Niemal każda firma posiada zaplecze magazynowe, w którym przechowuje różnego rodzaju surowce, produkty i wyroby. Gwarancją sukcesu firmy jest dobrze funkcjonujący magazyn, a to jest niemożliwe bez zatrudniania w nim osób kompetentnych, sumiennych, posiadających niezbędne predyspozycje i umiejętności oraz znających i stosujących w praktyce zasady bezpieczeństwa i higieny pracy. Praca w magazynie jest odpowiedzialną funkcją zawodową, która swoim zakresem obejmuje przyjmowanie, przechowywanie, kompletowanie i wydawanie towarów (wyrobów, części, narzędzi, surowców, rekwizytów) oraz utrzymywanie porządku i czystości [Franczok i Rudnik 2014]. Niekiedy pracownik na stanowisku magazyniera nadzoruje cały magazyn pod kątem prowadzenia dokumentacji magazynowej, sporządzania bilansów miesięcznych oraz rocznych, prowadzenia obiegu dokumentów, co jest kluczowe dla zabezpieczenia ciągłości produkcyjnej i realizacji zleceń przez firmę.

Ciągły rozwój firm, w tym m.in. rozwój sprzedaży online, sprawia, że z każdym rokiem zapotrzebowanie na wykwalifikowanych pracowników na stanowisko magazyniera rośnie [Rydstrom i in. 2023].

Magazynier w celu realizacji powierzonych mu zadań powinien cechować się dobrą organizacją i planowaniem pracy, co zapewnia bezpieczeństwo i wysoką jakość składowanego towaru, ogranicza stres związany z zapewnieniem np. ciągłości produkcji. Stres w pracy magazyniera jest skutkiem szybkiego tempa pracy wynikającego ze ściśle określonych terminów, często zmieniającej się listy zadań i zapotrzebowania na dany produkt lub zbyt niskiego doświadczenia w pracy [Michalik 2019].

Praca w magazynie wiąże się z różnymi zagrożeniami, których skutkami mogą być m.in. urazy spowodowane upadkami z wysokości (podesty, półki, drabiny) lub pośliznięcia na śliskiej bądź nierównej nawierzchni. Pracownicy mogą być uderzeni przez przedmioty spadające z wysokości lub potrąceni przez wózki widłowe. Zagrożenia w pracy magazyniera związane są także z rodzajem przechowywanego towaru. Mogą to być substancje toksyczne, łatwopalne lub wybuchowe, istotnym czynnikiem jest także sposób

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe Ergonomii i BHP, nikola.weronika.zgierska@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

przechowywania takich materiałów [Międzynarodowa karta charakterystyki zagrożeń zawodowych – magazynier]. Dlatego też osoby pracujące na stanowisku magazyniera powinny posiadać wiedzę z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy w magazynie oraz znać obowiązujące przepisy i zasady ochrony przeciwpożarowej, ergonomii pracy, ochrony środowiska i przepisy sanitarno-epidemiologiczne [Informacje o zawodzie magazynier, 2018]. Priorytetowym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo wykonywanych działań pracowniczych jest ocena ryzyka zawodowego. Ma ona na celu zapewnienie pracownikom skutecznej ochrony przed zagrożeniami występującymi w środowisku pracy. Pracodawca, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi, ma obowiązek oceniać ryzyko zawodowe związane z wykonywaną pracą na poszczególnych stanowiskach, dokumentować wyniki tej oceny, a także stosować niezbędne środki profilaktyczne. Ponadto obowiązkiem pracodawcy jest informowanie pracowników o ryzyku zawodowym oraz o zasadach ochrony przed zagrożeniami na ich stanowiskach pracy. Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie ogólnych przepisów BHP ryzyko zawodowe to potencjalne zagrożenia, szkody lub niebezpieczeństwa, które mogą wystąpić w miejscu pracy, lub związane z wykonywaną pracą powodujące wypadki, choroby zawodowe czy stres. Pracodawcy powinni podejmować różne środki profilaktyczne, by minimalizować te zagrożenia i zapewnić bezpieczne warunki pracy dla pracowników [Dz. U. 1997 nr 169 poz. 1650 ze zm.].

Celem pracy jest ocena ryzyka zawodowego na stanowisku pracy magazyniera w wybranym zakładzie produkcyjnym.

### **Material i metody**

Ocenę ryzyka przeprowadzono na stanowisku magazyniera w jednej z największych w Polsce drukarni opakowań, produkującej jednocześnie tekturę falistą, mającej swoją siedzibę na terenie województwa lubelskiego.

Badania przeprowadzono na przełomie listopada i grudnia 2022 r. Ustalono, że w badanej firmie na stanowisku magazyniera zatrudnionych było 40 osób, w tym 30 mężczyzn i 10 kobiet, pracujących w systemie trzymianowym. Stwierdzono, że podstawowym narzędziem pracy magazyniera jest wózek widłowy. Tym urządzeniem magazynier zaopatruje dział produkcji, rozładowuje dostawy surowca i transportuje go do miejsca składowania. Na terenie każdego z obsługiwanych magazynów wyodrębniono specjalną strefę wymiany i ładowania baterii, którą wyposażono w specjalne wyciągi do usuwania toksyn wydzielanych z baterii podczas ładowania, dodatkowo wydzielona jest stacja do uzupełnienia płynów, wyposażona w niezbędne oprzyrządowanie.

Do obowiązków magazyniera w omawianej firmie należy m.in odbieranie telefonów od pozostałych pracowników i związana z tym realizacja zleceń wewnętrznych zgodnie z bieżącym zapotrzebowaniem produkcji oraz stały nadzór nad gospodarką magazynową i prowadzenie dokumentacji magazynowej w celu zapewnienia ciągłości zaopatrzenia w surowiec. Ponadto magazynier odpowiada za utrzymywanie porządku i czystości na terenie magazynu. W związku z realizacją powierzonych zadań magazynier ma do czynienia z pracą na wysokościach, co zalicza się do prac szczególnie niebezpiecznych. Stwierdzono ponadto, że każdy magazynier obowiązany jest do stosowania środków ochrony indywidualnej, takich jak: czepek ochronny (na głowę oraz na brodę), obuwie ochronne, rękawice oraz odzież robocza. A przed podjęciem pracy na danym

stanowisku magazynierzy odbywają obowiązkowe szkolenia z zakresu BHP, w tym instruktaż ogólny i stanowiskowy wraz ze szkoleniem przeciwpożarowym.

W celu przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego na badanym stanowisku pracy zastosowano metodę wg Polskiej Normy PN-N-18002:2011 w skali trójstopniowej. Jest to matrycowa metoda jakościowego sposobu przeprowadzania oceny ryzyka zawodowego. Jej celem jest oszacowanie parametrów ciężkości następstw oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia w miejscu pracy. Dla każdego występującego zagrożenia szacowanie ciężkości, jak i następstw określa się na trzech poziomach: małym, średnim, dużym.

Szacowanie ryzyka przeprowadza się za pomocą wzoru:

$$R = S \times P$$

gdzie:

$R$  – wartość ryzyka

$S$  – ciężkość następstw

$P$  – prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia

Charakterystyka powyższych parametrów została przedstawiona w tabelach 1–4 [PN-N-18002:2011]. Pierwszym etapem przy wykonywaniu oceny ryzyka zawodowego jest identyfikacja zagrożeń. Jeśli na stanowisku pracy zostaną rozpoznane zagrożenia, należy dokonać szacowania ciężkości ich następstw. Mając kontakt z danym zagrożeniem, można określić, jakie urazy lub choroby mogą wystąpić. Szacowane obejmuje zdarzenia od drobnych urazów do poważniejszych. Ciężkość następstw została zaprezentowana w tabeli 1.

Tabela 1. Szacowanie ciężkości następstw [PN-N-18002:2011]

Następstwa	Charakterystyka
O małej szkodliwości	urazy oraz choroby, które w pracy nie powodują długich dolegliwości: bóle głowy, chwilowe pogorszenie zdrowia, drobne stłuczenia
O średniej szkodliwości	urazy oraz choroby, powodują one niewielkie, ale za to długotrwałe bądź nawracające dolegliwości: alergię skórne, zranienia, nieskomplikowane złamania, oparzenia drugiego stopnia
O dużej szkodliwości	urazy oraz choroby, powodują ciężkie i stałe dolegliwości, a nawet śmierć: choroby nowotworowe, oparzenia drugiego oraz trzeciego stopnia na dużej powierzchni ciała, zaćma, zespół wibracyjny, zawodowe uszkodzenie słuchu, złamania z nietypową dysfunkcją

Następnie – po oszacowaniu ciężkości następstw – należy oszacować prawdopodobieństwo ich wystąpienia (tab. 2). Ważne jest, aby określić prawdopodobieństwo zagrożenia, które może wystąpić w ciągu całego okresu aktywności zawodowej.

Tabela 2. Szacowanie prawdopodobieństwa następstw [PN-N-18002:2011]

Prawdopodobieństwo	Charakterystyka
Mało prawdopodobne	następstwa zagrożeń, które podczas aktywności zawodowej pracownika nie powinny wystąpić
Prawdopodobne	następstwa zagrożeń, które podczas całego okresu aktywności zawodowej pracownika występują nie więcej niż kilkakrotnie
Wysoce prawdopodobne	następstwa zagrożeń, które podczas całego okresu aktywności zawodowej pracownika mogą wystąpić wielokrotnie

Po oszacowaniu parametrów ciężkości i prawdopodobieństwa następstw z matrycy ryzyka w skali trójstopniowej odczytywana jest wartość ryzyka (tab. 3). Na podstawie uzyskanej wartości ryzyka wybierane są działania profilaktyczne (tab. 4).

Tabela 3. Wartościowanie ryzyka w skali trójstopniowej [PN-N-18002:2011]

Prawdopodobieństwo	Ciężkość następstw		
	małe	średnie	duże
Mało prawdopodobne	małe 1	małe 1	średnie 2
Prawdopodobne	małe 1	średnie 2	duże 3
Wysoce prawdopodobne	średnie 2	duże 3	duże 3

Tabela 4. Działania profilaktyczne dla wartościowania ryzyka w skali trójstopniowej [PN-N-18002:2011]

Ryzyko	Wartościowanie ryzyka	Działania profilaktyczne
Duże	niedopuszczalne	Jeśli ryzyko występuje w wykonywanej pracy, to należy podjąć natychmiastowe działania. Rozpoczęcie pracy może nastąpić dopiero wtedy, kiedy ryzyko zawodowe zmniejszy się do poziomu dopuszczalnego
Średnie	dopuszczalne	Zaleca się podjęcie takich działań, które zmniejszą ryzyko zawodowe, ryzyko zawodowe musi być zapewnione co najmniej na tym samym poziomie
Małe		Ryzyko zawodowe musi być zapewnione co najmniej na tym samym poziomie

Ostatnim etapem jest analiza, która pozwala na znalezienie ograniczeń i wyeliminowanie zagrożeń dla danego stanowiska pracy. Bardzo istotnym elementem jest stworzenie dokumentów zawierających bazę danych na temat danego stanowiska oraz wyników przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego. Priorytetowa jest data przeprowadzenia badania, ze względu na ewentualne ponowne przeprowadzenie powyższych kroków, wynikające z wprowadzenia jakichkolwiek zmian organizacji pracy, pojawienia się dodatkowych obowiązków, funkcji na danym stanowisku bądź modernizacji stanowiska pracy i pojawienia się nowych narzędzi pracy.

## Wyniki badań

Wyniki przeprowadzonych badań obejmują identyfikację zagrożeń, szacowanie i wartościowanie ryzyka zawodowego występującego przy pracach na stanowisku magazyniera oraz propozycje działań profilaktycznych. Do identyfikacji zagrożeń zastosowano listę kontrolną opracowaną na podstawie obowiązujących przepisów w zakresie BHP, a także obserwację oraz wywiad z pracownikami.

Przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego w analizowanym przypadku pozwoliło na identyfikację czynników niebezpiecznych, do których można zaliczyć m.in. ostre narzędzia pracy, spadające towary oraz przemieszczanie się wózkiem widłowym. Ponadto wyodrębnione zostały czynniki uciążliwe, tj. praca przy komputerze, hałas, wibracje, a także obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego. Na badanym stanowisku

pracy zaobserwowano także czynniki szkodliwe, wśród których wymienić należy np. stres. W tabeli 5 zaprezentowano zidentyfikowane zagrożenia na badanym stanowisku pracy magazyniera.

Tabela 5. Identyfikacja zagrożeń na stanowisku magazyniera

Lp.	Zagrożenie	Źródło zagrożenia	Skutki
1	upadek z wysokości	wykładanie towarów na półki wymagające użycia drabiny	złamania, stłuczenia, urazy głowy
2	przeciążenie narządu wzroku	praca przy komputerze powyżej 4 godz.	podrażnienie, bóle głowy, zmęczenie wzroku, zaczerwienienie oczu, zamazywanie się obrazu, pogorszenie ostrości widzenia
3	uderzenie lub przygniecenie przez spadające przedmioty	wykładanie towaru na regały	stłuczenia, złamania, rany
4	pożar	materiały łatwopalne, przewody i instalacje elektryczne, wadliwie działający sprzęt elektryczny	oparzenia, ciężkie obrażenia zewnętrzne i wewnętrzne, śmierć
5	kontakt z ostrymi narzędziami/przedmiotami	taśmy, brzogi opakowań, narzędzia do cięcia tektury	skaleczenia, rany cięte dłoni i palców
6	przeciążenie układu ruchu	przenoszenie i układanie towarów, niestosowanie się do zasad ręcznego transportu przedmiotów, niekorzystanie ze sprzętu transportowego tj. paleciak, wózek, nadmierny wysiłek fizyczny podczas prowadzenia wózka, długotrwałe siedzenie w wymuszonej pozycji ciała	możliwość dolegliwości bólowych wynikających z przeciążenia układu mięśniowo-szkieletowego, zwłaszcza rąk, ramion i pleców, choroby układu mięśniowo-szkieletowego, urazy kręgosłupa
7	hałas	warkot maszyn, urządzeń oraz samochodów transportowych, nadmierny hałas podczas obsługi wózków spalinowych lub podczas pracy w zamkniętych pomieszczeniach	zaburzenia koncentracji, rozdrażnienie, opóźnienie reakcji na działające bodźce, możliwość uszkodzenia narządu słuchu
8	kolizje wózków widłowych	transport towarów wózkiem widłowym	stłuczenia, zranienia, złamania, przygniecenia
9	niewłaściwe oświetlenie	brak odpowiedniego oświetlenia na stanowisku pracy	przemęczenie narządu wzroku, rozkojarzenie, rozdrażnienie, zamazywanie obrazu, podwójne widzenie, łzawienie oczu
10	prąd elektryczny	zwarcie, przeciążona instalacja elektryczna	uszkodzenie ciała, podrażnienia skóry, porażenie prądem elektrycznym
11	uderzenie przez poruszające się pojazdy / maszyny	niestosowanie się do wewnętrznych przepisów ruchu magazynowego	stłuczenia, lekkie urazy i rany
12	zmienne warunki atmosferyczne podczas pracy na zewnątrz (niska lub wysoka temperatura, deszcz, wiatr) mikroklimat (zimny i gorący w zależności od pory roku)	wykonywanie załadunku i rozładunku towarów poza magazynem, na zewnątrz	w zależności od pory roku – przeziębienia, odmrożenia, ostre i przewlekłe choroby układu oddechowego, udar słoneczny

Do zidentyfikowanych zagrożeń na badanym stanowisku pracy przyporządkowano parametry niezbędne do przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego na podstawie PN-N-18002:2011, tj. ciężkość szkód oraz prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz oszacowano ryzyko (tab. 6).

Tabela 6. Podział zagrożeń oraz ich ocena ryzyka

Lp.	Zagrożenia	Ciężkość szkód	Prawdopodobieństwo wystąpienia szkód	Oszacowanie ryzyka
1	upadek z wysokości	Ś	Ś	Ś
2	przeciążenie narządu wzroku	M	M	M
3	uderzenie lub przygniecenie przez spadające przedmioty	Ś	Ś	Ś
4	pożar	D	M	Ś
5	kontakt z ostrymi narzędziami/przedmiotami	M	D	Ś
6	przeciążenie układu ruchu	Ś	Ś	Ś
7	hałas	M	D	Ś
8	kolizje wózków widłowych	Ś	M	M
9	niewłaściwe oświetlenie	M	Ś	M
10	prąd elektryczny	D	M	Ś
11	uderzenie przez poruszające się pojazdy / maszyny	Ś	Ś	Ś
12	zmienne warunki atmosferyczne podczas pracy na zewnątrz (niska lub wysoka temperatura, deszcz, wiatr) – mikroklimat (zimny i gorący w zależności od pory roku)	M	D	Ś

Skróty: M – małe, Ś – średnie, D – duże

W tabeli 7 przedstawiono poziom dopuszczalności ryzyka zawodowego, a także zaprezentowano propozycję działań profilaktycznych dla zidentyfikowanych zagrożeń.



Tabela 7. Akceptacja ryzyka i środki profilaktyczne

Lp.	Zagrożenie	Oszacowane ryzyko	Akceptacja ryzyka	Środki profilaktyczne
1	upadek z wysokości	Ś	dopuszczalne	zachowanie ostrości i uwagi podczas wykonywania czynności, stosowanie drabin zgodnie z instrukcją użytkowania, stosowanie sprzętu ochrony indywidualnej przeznaczonego do pracy na wysokości, szkolenia do pracy na wysokości
2	przeciążenie narządu wzroku	M	dopuszczalne	stosowanie okularów ochronnych, zachowanie ostrożności, badania lekarskie
3	uderzenie lub przygniecenie przez spadające przedmioty	Ś	dopuszczalne	szkolenia – kursy pracowników pracujących przy załadunku/rozładunku, przestrzeganie przepisów BHP, wzmożona ostrożność, uwaga
4	pożar	Ś	dopuszczalne	stosowanie się do zasad i przepisów BHP, przepisów ppoż., przeglądy instalacji elektrycznej, zakaz palenia tytoniu w miejscach do tego niewyznaczonych
5	kontakt z ostrymi narzędziami/ przedmiotami	Ś	dopuszczalne	rękawice ochronne, zachowanie ostrożności, utrzymanie porządku na stanowisku pracy, zabezpieczenie ostrych elementów
6	przeciążenie układu ruchu	Ś	dopuszczalne	mechanizacja prac, stosowanie środków ochrony indywidualnej, przyjmowanie prawidłowej pozycji ciała podczas pracy, przerwy w pracy
7	hałas	Ś	dopuszczalne	stosowanie ochronników słuchu, przerwy w pracy
8	kolizje wózków widłowych	M	dopuszczalne	poruszanie się wózkami po wyznaczonych drogach zgodnie z kierunkiem jazdy, zachowanie ostrożności
9	niewłaściwe oświetlenie	M	dopuszczalne	bieżąca kontrola oświetlenia sprzętu, dobór odpowiedniego
10	prąd elektryczny	Ś	dopuszczalne	stosowanie odzieży ochronnej i środków ochrony indywidualnej, przestrzeganie przepisów BHP, sprawdzanie stanu przewodów i instalacji elektrycznych
11	uderzenie przez poruszające się pojazdy/maszyny	Ś	dopuszczalne	przestrzeganie przepisów ruchu drogowego, stosowanie środków ochrony indywidualnej, zachowanie szczególnej ostrożności
12	zmiennie warunki atmosferyczne podczas pracy na zewnątrz (niska lub wysoka temperatura, deszcz, wiatr), mikroklimat (zimny i gorący w zależności od pory roku)	Ś	dopuszczalne	stosowanie odpowiedniej jakości odzieży i obuwia do panujących warunków atmosferycznych

Skróty: M – małe, Ś – średnie

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że ryzyko zawodowe na stanowisku magazyniera w badanej firmie jest na poziomie małym i średnim, co oznacza, że jest ono dopuszczalne, czyli niezagrażające życiu i zdrowiu osób pracujących na tym stanowisku.

Zauważyć jednak należy, że średni poziom ryzyka (pomimo tego, że jest dopuszczalny) wymaga podejmowania działań zmniejszających jego poziom. W analizowanym przypadku oszacowano go m.in. dla zagrożeń, takich jak: upadek z wysokości, uderzenie lub przygniecenie przez spadające przedmioty, przeciążenie układu ruchu oraz uderzenie przez poruszające się maszyny czy pojazdy. Mały poziom ryzyka oszacowano dla czynników, takich jak: przeciążenie narządu wzroku czy kolizje wózków widłowych.

Dopuszczalność ryzyka na średnim poziomie jest sygnałem alarmowym determinującym podjęcie działań dążących do jego zminimalizowania. Istotnym aspektem zapewnienia bezpieczeństwa, a więc ograniczenia wpływu czynników szkodliwych, niebezpiecznych czy uciążliwych związanych z wykonywaną pracą jest stosowanie niezbędnych środków profilaktycznych, które pozwalają minimalizować wystąpienie zagrożeń. Podczas pracy na wysokości pracownik zatrudniony na stanowisku magazyniera powinien być wyposażony w ubranie robocze, kask, obuwie i sprzęt, który zabezpiecza go przed upadkiem. W pozostałych czynnościach, takich jak np. praca z niebezpiecznymi narzędziami czy praca z urządzeniami elektrycznymi przy wymianie baterii, pracownik powinien stosować okulary ochronne, ochronniki słuchu oraz rękawice. Na podstawie analizy dokumentacji firmy stwierdzono, że pracownicy zatrudnieni na stanowisku magazyniera regularnie uczestniczą w szkoleniach z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy oraz licznych kursach zawodowych, dzięki czemu posiadają większą wiedzę na temat zagrożeń oraz niebezpiecznych zdarzeń, mogących wystąpić podczas wykonywania czynności roboczych.

## **Podsumowanie**

Osoby pracujące na stanowisku magazyniera narażone są na wiele zagrożeń zarówno fizycznych, jak i psychicznych. Dobrze opracowana i przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego pozwala ustalić rzeczywisty stan bezpieczeństwa na danym stanowisku pracy, a dzięki wprowadzeniu działań naprawczych można zmniejszyć, a czasami całkowicie wyeliminować szkodliwy wpływ czynników zagrażających zdrowiu pracownika. W analizowanym przypadku ryzyko zawodowe oszacowane zostało na poziom średni i niski. Jest to wynik dopuszczający wykonywanie pracy na danym stanowisku, ale wymaga poprawy w obszarach wskazanych w ocenie ryzyka, takich jak: upadek z wysokości, uderzenie lub przygniecenie przez spadające przedmioty, przeciążenie układu ruchu oraz uderzenie przez poruszające się maszyny czy pojazdy. Firma uzyskała zatem informację, co musi poprawić, aby praca magazyniera była bardziej bezpieczna. Bez wątpienia dotychczasowe działania podejmowane w ramach szkolenia BHP i przeciwpożarowego oraz sprawowanie kontroli nad warunkami pracy zapewne przyczyniły się do obniżenia poziomu ryzyka. Szkolenia z zakresu BHP stanowią jedno z podstawowych narzędzi zmiany świadomości pracowników w zakresie bezpieczeństwa pracy. Ich celem

jest podnoszenie poziomu wiedzy z zakresu identyfikacji zagrożeń, umiejętności unikania sytuacji niebezpiecznych, a także właściwego reagowania na niebezpieczne zachowania pracowników oraz otoczenia, w którym pracują.

### **Bibliografia**

- Franczok K., Rudnik K., 2014. Usprawnienie procesu sterowania przepływem materiałów w magazynie z wykorzystaniem sieci Petriego. *Logistyka* 280–288.
- Informacja o zawodzie magazynier. Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, Departament Rynku Pracy, Warszawa 2018.
- Michalik J., 2019. Wybrane aspekty bezpieczeństwa, higieny pracy i ergonomii na stanowisku pracy magazyniera w wybranym przedsiębiorstwie. *Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A. Gospodarka Materiałowa i Logistyka* 5, 440–453. <https://doi.org/10.33226/1231-2037.2019.5.32>
- Międzynarodowa karta charakterystyki zagrożeń zawodowych – magazynier, CIOP-PIB, <http://archiwum.ciop.pl/10921.html> [dostęp: 1.03.2024].
- Polska Norma PN-N-18002:2011. Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. 2003 nr 169 poz. 1650 ze zm.).
- Rydstrom J., Jognasson M., 2023. A systematic review of work organization, work environment, and employment conditions in warehousing in relation to gender and race/ ethnicity. *Ann. Work Expo. Health*, 67(4), 430–447.